

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

**MORERA (*Morus* sp) EN ASOCIO  
CON PORO (*Erythrina poeppigiana*)  
Y COMO SUPLEMENTO PARA VACAS  
LECHERAS EN PASTOREO.**

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

***MAGISTER SCIENTAE***

**POR**

**FRANCISCO JAVIER OVIEDO CASTILLO.**

**Turrialba, Costa Rica,  
1995**

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

MORERA (*Morus* sp) EN ASOCIO CON PORO  
(*Erythrina poeppigiana*) Y COMO  
SUPLEMENTO PARA VACAS LECHERAS  
EN PASTOREO.

POR

FRANCISCO JAVIER OVIEDO CASTILLO.

Turrialba, Costa Rica,  
1995

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

***MAGISTER SCIENTIAE***

**FIRMANTES:**

Jorge Benavides, M Sc.  
Profesor consejero

María Kass, Ph. D.  
Miembro Comité Asesor

Pedro Ferreira, Ph. D.  
Miembro Comité Asesor

Muhammad Ibrahim, Ph. D.  
Miembro Comité Asesor

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


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


Francisco Javier Oviedo Castillo  
Candidato

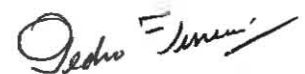
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma, por la jefatura del area de postgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del CATIE y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar al grado de:


**MAGISTER SCIENTIAE**

FIRMANTES:

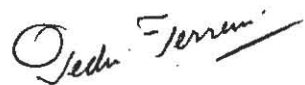
  
\_\_\_\_\_  
Jorge Benavides, M Sc.  
Profesor consejero

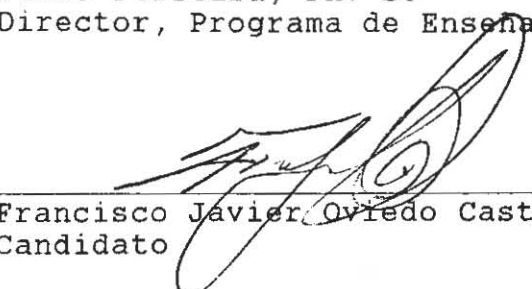
  
\_\_\_\_\_  
María Kass, Ph. D.  
Miembro Comité Asesor

  
\_\_\_\_\_  
Pedro Ferreira, Ph. D.  
Miembro Comité Asesor

  
\_\_\_\_\_  
Muhammad Ibrahim, Ph. D.  
Miembro Comité Asesor

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

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

  
\_\_\_\_\_  
Francisco Javier Oviedo Castillo  
Candidato



## DEDICATORIA

A mi esposa, Norma Elizabeth, por su amor y comprensión.

A nuestras hijas, Norma Suyapa, Diana Elizabeth, Tania María y Alba Regina, motivo de mi superación y esfuerzo, por toda la alegría y felicidad que me brindan.

A mis padres Augusto César y Dora Isabel, por su gran amor y dedicación, y por haberme inculcado el amor a la naturaleza.

A mi compadre y mejor amigo, Lic. Rubén Hernán Hernández, y a mi comadre Rosa Suyapa, padrinos de mis cuatro hijas, por esa gran amistad y lealtad, y por todo el tiempo compartido.

A mi profesor consejero, Don Jorge Benavides, por su gran amistad, apoyo, consejos oportunos y por contribuir a mi formación integral.

A mis 13 hermanos(as) por todo el tiempo compartido.

## AGRADECIMIENTOS

A Dios, Todopoderoso, por todas las bendiciones recibidas.

A la Dra. María Kass, miembro del comité asesor, por los conocimientos compartidos, por las sugerencias y apoyo en el proyecto de tesis y su gran amistad.

Al Dr. Pedro Ferreira, miembro del comité asesor, por su aporte y orientación en los análisis estadísticos de los experimentos y por ser un gran maestro.

Al Dr. Muhammad Ibrahim, por las sugerencias y comentarios y por su amistad.

Al Lic. Orlando Fúnez, por su amistad y apoyo desinteresado, mi gratitud.

A los compañeros Latinoamericanos de la promoción 93-94, por compartir experiencia y momentos inolvidables, y en especial a mis amigos, Miguel Vallejo y Jorge Fernando Navia y sus respectivas familias, por su gran amistad, sus consejos oportunos y por compartir con mi familia momentos tan especiales.

A mi amigo Frank López, por su valioso y desinteresado apoyo en los análisis de laboratorio.

A Macario Fuentes, Marvín, Don Manuel Brown, Paco Núñez y Minor Torres, por su valiosa colaboración en el trabajo de campo.

A los Paisanos Hondureños en el CATIE (Estudiantes y Técnicos), por estar siempre pendientes y compartir momentos inolvidables.

Al CATIE, en especial a su Director General Dr. Rubén Guevara M. y a los profesores que compartieron sus experiencias y conocimientos para mi formación.

Al Pueblo y Gobierno de Holanda, por haber costado mis estudios de Maestría, mi sincera gratitud.

## TABLA DE CONTENIDO

I.	INTRODUCCION	2
II.	REVISION DE LITERATURA	4
2.1	Los árboles forrajeros	4
2.2.	Producción de leche con forrajes arboreos	6
2.3.	El poró ( <i>Erythrina poeppigiana</i> ) en la agroforestería	8
2.3.1.	Origen y usos	8
2.3.2.	Producción de biomasa y nutrientes por el Poró	9
2.3.3.	Producción de biomasa por el cultivo asociado	10
2.3.4.	Respuesta fisiológica del Poró a la poda	11
2.3.5.	Respuesta del Poró a la fertilización nitrogenada	12
2.3.6.	Mineralización del nitrógeno del follaje del Poró	12
2.4.	La Morera ( <i>Morus sp</i> )	13
2.4.1.	Producción de biomasa de Morera	13
2.4.2.	La Morera en la alimentación de rumiantes	14
2.4.2.	La fertilización de la Morera	14
III.	MATERIALES Y METODOS	17
3.1.	Localización y caracterización del área experimental	17
3.2.	Metodología de los experimentos	17
3.2.1	Experimento 1: Productividad de la Morera ( <i>Morus sp.</i> ) asociada con Poró ( <i>Erythrina poeppigiana</i> )	17
3.2.1.1.	Antecedentes y descripción de la unidad experimental	17
3.2.1.2.	Diseño experimental y tratamientos evaluados	22
3.2.1.3.	Manejo del experimento	22
3.2.1.3.1.	Muestreo de suelo	22
3.2.1.3.2.	Muestreo de la biomasa de Poró y Morera	22
3.2.1.3.3.	Análisis químico	23
3.2.1.3.4.	VARIABLES evaluadas	24
3.2.1.3.5.	Análisis estadístico de los datos	25
3.2.2	Experimento 2: Producción de vacas lecheras en pastoreo suplementadas con follaje de Morera ( <i>Morus sp.</i> )	25
3.2.2.1.	Descripción y manejo de la unidad experimental	25
3.2.2.2.	Tratamientos evaluados	26
3.2.2.3.	Diseño experimental	27
3.2.2.4.	VARIABLES evaluadas	27
3.2.2.5.	Análisis estadístico de los datos	28
3.2.2.6.	Análisis económico	29

IV. RESULTADOS Y DISCUSION	30
4.1. Experimento 1: Productividad de la Morera ( <i>Morus sp</i> ) asociada con Poró ( <i>Erythrina poeppigiana</i> )	30
4.1.1. La Morera	30
4.1.1.1. Contenido de materia seca de la Morera	30
4.1.1.2. Proporción de componentes en la Morera	31
4.1.1.3. Contenido de proteína cruda de la Morera	32
4.1.1.4. Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca de la Morera	32
4.1.1.5. Contenido de minerales en la Morera	33
4.1.1.6. Producción de materia seca por la Morera	34
4.1.1.7. Producción de proteína cruda por la Morera	36
4.1.1.8. Exportación de nitrógeno y otros minerales por la Morera	36
4.1.1.9. Análisis de suelo del sistema	38
4.1.2. El Poró	38
4.1.2.1. Contenido de materia seca del Poró	38
4.1.2.2. Proporción de componentes en la materia seca del Poró	40
4.1.2.3. Contenido de proteína cruda del Poró	40
4.1.2.4. Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca del Poró	41
4.1.2.5. Producción de materia seca por el Poró	41
4.1.2.6. Contenido de minerales en la hoja de Poró	44
4.1.2.7. Extracción, exportación y depósito de minerales	44
4.1.3. El sistema Poró-Morera	47
4.1.3.1. Producción de materia seca por el sistema Poró-Morera	47
4.1.3.2. Producción de proteína cruda por el sistema Poró-Morera	49
4.1.4. Producción de Poró y Morera en el segundo año	50
4.2. Experimento 2: Producción de vacas lecheras en pastoreo, suplementadas con follaje de Morera ( <i>Morus sp.</i> )	53
4.2.1. Calidad nutricional de los alimentos consumidos	53
4.2.2. Disponibilidad del pasto y consumo de alimentos	54
4.2.3. Producción de leche	55
4.2.4. Composición química de la leche	56
4.2.6. Balance nutricional	57
4.2.7. Análisis económico	59
V. CONCLUSIONES	61
VI. RECOMENDACIONES	61
VII. LITERATURA CITADA	63
VIII. ANEXOS	72

OVIEDO C., F. J. 1995. Morera (*Morus* sp) en asocio con Poró (*Erythrina poeppigiana*) y como suplemento para vacas lecheras en pastoreo. Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc., CATIE. 127 p.

Palabras claves: *Morus* sp., *Erythrina poeppigiana*, agroforestería, sistema silvopastoril, sostenibilidad, vacas lecheras, producción de leche, suplementación, follaje de Morera, follaje de Poró, sustitución de concentrado, extracción de nutrientes.

## RESUMEN

Se realizaron dos ensayos en la Finca Experimental de Ganadería Tropical y en la Unidad de Árboles Forrajeros y Ruminantes Menores, del CATIE, en Turrialba, Costa Rica. El objetivo fué evaluar la productividad de la Morera asociada con Poró, bajo un sistema agroforestal con aplicación de niveles crecientes de follaje de Poró al suelo, y el efecto bioeconómico de la sustitución del concentrado comercial por follaje de Morera, en la suplementación de vacas lecheras en pastoreo,

En el primer ensayo el Poró y la Morera se cultivaron en asocio en un sistema agroforestal. La densidad de plantación fué de 500 árboles/ha (5 x 4 m) para el árbol y 20 000 plantas/ha (0,40 x 1,25 m) para la Morera. Ambos se establecieron 2,5 años antes del inicio del ensayo. Se practicaron tres podas al Poró y a la Morera, con intervalos de cuatro meses, iniciando en marzo de 1993. Se evaluaron 4 tratamientos, uno con Morera en monocultivo y sin fertilización y tres de Morera asociada con deposición del follaje de poda, correspondiente a 0, 50 y 100% de los árboles. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, y se analizó con la metodología de parcelas divididas en el tiempo, donde las parcelas grandes correspondieron a los tratamientos y las pequeñas a los cortes. Se evaluó la producción de MS total, MS comestible, MS digestible, PC total y extracción total de minerales por ambas especies.

La Morera produjo, 19677, 17591, 18720 y 19401 kg de MS/ha/año para el testigo y los niveles de 0, 50 y 100% del follaje de Poró depositado. Los resultados obtenidos indican que la Morera cultivada en asocio, no afectó significativamente su producción con respecto a la plantada en monocultivo, presentando valores similares para todas las variables. Se observó un incremento en la producción de Morera en todas las variables, al aumentar los niveles de follaje de Poró depositado. Solo la producción de MS total de Morera (Y), con respecto a los niveles de N(X) aportados por el Poró, presentó un efecto logarítmico significativo ( $p < 0,05$ );  $Y = 3657,9 - 755,9 \ln X$ .

Ambas especies disminuyeron significativamente la producción entre cortes sucesivos. La poca recuperación del Poró posiblemente fué debida a la corta edad de los árboles y a una disminución de la precipitación. La merma en la producción de la Morera se debió además de la precipitación, al bajo aporte de nutrientes, que osciló entre el 22 y 68% del total extraído, cuando se incorporó el 100% del follaje de Poró.

Se concluye que, bajo las condiciones de este experimento, la producción de la Morera no es sostenible; y que la presencia de árboles de Poró no afecta esa producción. Además, el depósito de follaje sólo la incrementa levemente, debido al escaso aporte de nutrientes. Se hace necesario aumentar la densidad de árboles para obtener una mayor producción e incorporación de follaje y nutrientes.

En el segundo ensayo se utilizaron 6 vacas Jersey y mestizas con Criollo lechero, en un diseño cuadrado latino, con dos grupos y tres tratamientos. Se suplementaron vacas en pastoreo con follaje fresco de Morera y concentrado comercial para vacas de alta producción, a razón del 1% del PV, en base seca. Se utilizó un testigo sin suplementación. Todas las vacas de los tres tratamientos recibieron melaza durante el ordeño a razón de 1 kg/día.

Los resultados muestran que no existe diferencias significativas entre el concentrado y la Morera para las variables estudiadas (producción de leche, % grasa, % PC, % sólidos totales, consumo de pasto, consumo MS total y cambio de peso). El tratamiento solo con pastoreo fué significativamente inferior a los otros dos. La producción de leche corregida por grasa, N° de parto y grupo racial fué de 11,3; 13,2 y 13,6 kg/vaca/día; y el consumo de MS total fué de 2,98; 3,76 y 3,76% del PV, para el pasto, Morera y concentrado, respectivamente. El balance de nutrientes mostró que no se presentaron diferencias en el aporte de energía y proteína entre el concentrado y la Morera, y que ambos superaron los requerimientos.

El análisis económico muestra que la suplementación con follaje de Morera fué la más eficiente, con un beneficio parcial neto de US\$ 3,29 contra US\$ 2,84/vaca/día del concentrado. El beneficio neto marginal fué de US\$ 0,45 y 0,35/vaca/día sobre el concentrado y el pasto, respectivamente. La suplementación con concentrado mostró un beneficio neto marginal negativo (US\$ -0,10) en relación al pasto solo.

Se concluye que bajo las condiciones del presente trabajo, se puede sustituir la suplementación de vacas lecheras con concentrado comercial, por el follaje de Morera, sin afectar la producción y composición de la leche y rendir mayor beneficio económico.

Se recomienda evaluar conjuntamente la producción de Morera en un sistema agroforestal con Poró con depósito del 100% del follaje, más la incorporación del estiércol producido por las vacas alimentadas con la Morera, por un período no menor de 5 años, para determinar la estabilidad y sostenibilidad del sistema. Se hace necesario investigar el comportamiento del levante de terneras y a la suplementación de vacas secas con Morera. Evaluar la Morera con vacas de mayor potencial genético y estudiar la racionalización nutricional del uso de Morera.

## LISTA DE CUADROS

Cuadro N°:	Página
1. Fechas e intervalo entre cortes, precipitación y temperatura durante el experimento.	19
2. Contenido de materia seca (%) de la hoja de Morera según cortes y nivel de follaje de Poró aplicado al suelo	30
3. Proporción (%) comestible de la materia seca de Morera según cortes y nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.	31
4. Proporción (%) de tallo leñoso en la materia seca de Morera según cortes y nivel de follaje de Poró aplicado al suelo	31
5. Contenido de proteína cruda (%) de la hoja de Morera según cortes y nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.	32
6. Contenido de proteína cruda (%) de la biomasa comestible de la Morera según cortes y nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.	32
7. Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca (%) de las fracciones comestibles de Morera por efecto del nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.	33
8. Digestibilidad <i>in vitro</i> (%) de la materia seca comestible de la Morera según cortes y nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.	33
9. Contenido de minerales (%) de la hoja de la Morera por efecto del nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.	34
10. Contenido de minerales (%) de la Morera por efecto del nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.	34
11. Producción de materia seca total de la Morera según cortes y nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.	35
12. Producción de materia seca de los componentes de la biomasa de Morera por efecto del nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.	36
13. Producción de materia seca digestible de los componentes de la Morera según nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.	36
14. Producción de proteína cruda de los componentes de la Morera según nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.	37
15. Nitrogeno exportado con la biomasa de Morera según cortes y nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.	37
16. Minerales exportados con la biomasa total de Morera por efecto del nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.	38
17. Características químicas del suelo en la asociación de Poró con Morera por efecto del nivel de follaje aplicado al suelo.	39
18. Contenido de materia seca de la hoja de Poró asociado con Morera por efecto del corte y el nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.	39
19. Proporción de biomasa comestible <sup>1</sup> del Poró asociado con Morera por efecto del corte y el nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.	40
20. Contenido de proteína cruda (%) de la hoja del Poró asociado con Morera por efecto del nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.	41
21. Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca comestible del Poró asociado con Morera por efecto del corte y el nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.	41



22. Materia seca total de Poró depositada, exportada y extraída según cortes y nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.	42
23. Materia seca de biomasa comestible de Poró depositada, exportada y extraída según cortes y nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.	42
24. Contenido de minerales (%) de la hoja del Poró plantado en asocio con Morera por efecto del nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.	44
25. Nitrogeno depositado, exportado y extraído por el Poró asociado con Morera según cortes nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.	45
26. Fósforo depositado, exportado y extraído por el Poró asociado con Morera según cortes y nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.	45
27. Potasio depositado, exportado y extraído por el Poró asociado con Morera según cortes y nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.	46
28. Calcio depositado, exportado y extraído por el Poró asociado con Morera según cortes y nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.	46
29. Magnesio depositado, exportado y extraído por el Poró asociado con Morera según cortes y nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.	47
30. Producción de materia seca total de la asociación Morera - Poró según cortes y nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.	47
31. Materia seca extraída, exportada y depositada de la asociación Poró - Morera por efecto del nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.	49
32. Producción de materia seca comestible de la asociación Poró - Morera por efecto del corte y el nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.	49
33. Producción de proteína cruda comestible de la asociación Poró - Morera por efecto del corte y el nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.	50
34. Minerales extraídos, exportados y depositados por la asociación Poró - Morera por efecto del corte y el nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.	50
35. Producción de materia seca total de la Morera por efecto del corte y el nivel de follaje de Poró aplicado al suelo en el segundo año.	51
36. Producción de proteína y materia seca de los componentes de la Morera según el nivel de follaje de Poró aplicado al suelo en el segundo año.	52
37. Producción de materia seca total del Poró asociado con Morera según cortes y nivel de follaje de Poró aplicado al suelo en el segundo año.	52
38. Contenido (%) de materia seca, proteína cruda y digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca del concentrado, la Morera y la melaza.	53
39. Composición promedio de la oferta y rechazo del pasto disponible y de muestras que simulan el pastoreo.	53
40. Disponibilidad, presión de pastoreo y porcentaje de aprovechamiento del pasto en vacas suplementadas con Morera y concentrado.	54
41. Consumo de materia seca de pasto y de suplemento por vacas lactantes suplementadas con Morera y concentrado.	55
42. Producción de leche corregida y sin corregir de vacas en pastoreo suplementadas con Morera y concentrado.	55
43. Contenido (%) de proteína, grasa y sólidos totales de la leche de vacas suplementadas con hojas de Morera y con concentrado.	56



44.	Balance energético para vacas lecheras en pastoreo suplementadas con follaje de Morera y con concentrado.	57
45.	Balance proteínico para vacas lecheras en pastoreo suplementadas con Morera y con concentrado.	58
46.	Consumo y eficiencia de utilización de energía digestible y proteína cruda en vacas lactantes suplementadas con Morera y con concentrado.	59
47.	Presupuesto parcial para la producción de leche de vacas en pastoreo suplementadas con follaje de Morera, concentrado y sin suplementar.	60
48.	Análisis de la tasa marginal de retorno (TRM) por animal/día de vacas lactantes en pastoreo y suplementadas con Morera y concentrado.	60

## I. INTRODUCCION.

La ganadería es un rubro importante en la economía de los países centroamericanos; sin embargo, generalmente se desarrolla en forma extensiva sobre terrenos pobres y de ladera, que muchas veces ya han sido utilizados en la agricultura migratoria. De esta forma la ganadería tradicional contribuye a acelerar problemas ecológicos como la deforestación, pérdida de suelo por erosión y pérdida de fuentes de agua, entre otros. Además, por su carácter extractivo, no permite niveles de producción y productividad sostenidos y adecuados.

En sistemas ganaderos más intensivos el uso de insumos externos a la finca, generalmente importados de países desarrollados, aumenta los costos de producción y el gasto de divisas, y hace poco viable su utilización por la mayoría de pequeños y medianos productores agropecuarios. Los sistemas agroforestales, y específicamente los sistemas silvopastoriles, pueden ser una alternativa eficiente para la producción de biomasa comestible, en forma sostenible, si se seleccionan las especies adecuadas para integrar el sistema, tanto por su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, como por su adecuado valor nutritivo (Preston y Leng, 1989).

Las consideraciones anteriores implican la necesidad de investigar alternativas de explotación, que permitan aumentar la producción y productividad de la finca a bajo costo y en forma sostenida, basándose en el uso de insumos locales disponibles y normalmente subutilizados. Ello permitiría mejorar el ambiente y reducir la presión sobre el bosque.

El CATIE desde inicios de la década de los años 80 ha venido identificando y evaluando numerosas especies de árboles y arbustos con potencial forrajero, en diferentes zonas ecológicas de América Central (Benavides, 1991). Estos trabajos han permitido encontrar numerosas especies leñosas con potencial forrajero y que pueden plantarse fácilmente en áreas marginales o en pequeñas propiedades. Así mismo se han evaluado técnicas sencillas que propician un mejor uso del suelo y que permiten la producción de biomasa en épocas críticas del año en forma sostenida (Benavides, 1993).

Varios forrajes arbóreos han sido evaluados satisfactoriamente para producción de leche y carne en bovinos, ovinos y caprinos, como suplemento

exclusivo o combinado con diversas fuentes de energía, tanto en animales en pastoreo como en confinamiento (Benavides, 1983; Esnaola y Benavides, 1986; Samur, 1984; Arguello *et al.*, 1986; Esnaola y Ríos, 1986; Pineda, 1986; Vargas, 1987; Tobón, 1988; Abarca, 1989; Alagón, 1990; Corado, 1991; Benavides, 1993; Zenón *et al.*, 1993). También en varios casos, tanto la producción como la rentabilidad aumentaron a medida que se incrementaron los niveles de follaje ofrecido.

Dentro de las especies evaluadas se destaca la Morera (*Morus sp*) que es un árbol cuyas hojas han sido tradicionalmente usadas para la alimentación del gusano de seda, pero que pueden ser empleadas con éxito en la alimentación de rumiantes. Su versatilidad agronómica permite integrarla en sistemas agroforestales en pequeñas propiedades y de esta forma contribuir al mejoramiento de la producción y manejo de los recursos naturales (Benavides, 1993; Oviedo *et al.*, 1993). A nivel nutricional es una especie con buen potencial, debido a que posee contenidos de proteína cruda superiores al 20%; una digestibilidad *in vitro* de la materia seca que varía entre el 75 y 90% y buena palatabilidad. Dependiendo de la densidad de siembra, puede producir entre cinco y catorce toneladas de materia seca comestible por hectárea por año (Benavides, 1986; Benavides *et al.*, 1986; Benavides, 1991; Benavides, 1993; Benavides *et al.*, 1994; Jegou *et al.*, 1991; Narimatsu y Kiyoshi, 1975; Oviedo, 1993; Oviedo, *et al.*, 1993).

A pesar de su potencial para la suplementación en rumiantes y a su buena producción de biomasa en monocultivo, no existen estudios sobre la productividad forrajera de la Morera bajo un sistema agroforestal asociada con leguminosas arbóreas; ni tampoco sobre su utilización como suplemento de vacas lecheras en pastoreo.

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la productividad de la Morera bajo un sistema agroforestal, asociada con Poró y la producción de leche de vacas en pastoreo suplementadas con el follaje de Morera, comparada con la suplementación tradicional con alimento balanceado (concentrado comercial), en los aspectos biológicos y económicos.

## II. REVISION DE LITERATURA.

### 2.1. Los árboles forrajeros.

Torres (1983) considera que un trabajo pionero sobre árboles y arbustos forrajeros fué el escrito por Everist en 1969. En el se incluyen más de 100 especies de Australia, y el mismo há escrito una revisión bibliográfica sobre el papel de las leñosas perennes en los sistemas silvopastoriles. En la revisión afirma que a pesar que el follaje de árboles y arbustos forrajeros contituyen un recurso alimenticio ampliamente disponible, la mayor parte de la información existente, se refiere a la composición química de estos forrajes, pués son pocas las especies que han sido evaluadas a nivel agrónomico y en términos de respuesta animal.

Por otro lado, Otsyna y Mc Kell (1985) afirman que el material de ramoneo representa una fuente cualitativa importante en la alimentación del ganado en los pastizales africanos, donde los árboles y arbustos estan presentes como un elemento normal.

Sobre el uso de los forrajes arbóreos y arbustivos, el Imperial Agricultural Bureaux (1947), publicó un trabajo titulado "The use and misuse of shrubs and trees as fodder" donde incluye especies de los cinco continentes, pero con pocas referencias de América. En este documento se presentan tablas con composición química y digestibilidad de los forrajes en sus diferentes componentes ( hojas, vainas, semillas), mencionando entre ellas a la (*Morus alba*).

En América los forrajes arbóreos y arbustivos han sido usados desde la época de la conquista, como ocurrió en el Perú, donde el ejercito español alimentaba los caballos con las vainas de *Prosopis juliflora* durante la época seca (Pimentel Gomes, sf).

Desde hace varios siglos, en la península de Yucatán en México, los caballos, mulas, vacas, cabras y otros animales son alimentados con follaje y semillas de Ramón (*Brosimum alicastrum*) durante la época seca (Pardo y Sánchez, 1980). Finegan (1993) considera que la alta proporción de Ramón dentro de la composición florística de las áreas Mayas, se debe a que estos lo cultivaban para alimento humano y de sus animales, como hasta ahora lo hacen sus descendientes.

Según Robinson citado por Beer (1989), la poda de árboles para producir forraje, es una de las prácticas agroculturales más antiguas, incluso mencionada en la literatura griega y romana. También Pimentel Gomes (sf.) considera que la alimentación del ganado con "pastos arbóreos", es una práctica multiseccular y cita a Herrera (1523) que sobre el mantenimiento del ganado vacuno con hojas de árboles dice: "Las mejores son las de olivo; también son buenas las de álamo negro, seguidas por las de álamo blanco y las de vid (uva)". El mismo autor cita a Stahl (1785) y Crot de Palleret (1793), recomendando ramos de árboles para alimentar el ganado, y asegura que las investigaciones realizadas por Praessler y Neumeister y vulgarizadas por Grandeau, contribuyeron a aliviar la crisis forrajera de Europa en 1893.

Citando a Girard y Rodoano sobre el uso de forraje arbóreo, Pimentel Gomes (sf.) dice: "A la luz de los análisis y de los experimentos, las hojas de los árboles son un alimento de primer orden, un suplemento forrajero que contiene principios azotados y carbohidratos, que permite mantener mayor cantidad de animales y producir mayor cantidad de leche, carne y lana, y aumentar los ingresos de la hacienda... Los árboles y arbustos son, de todos los vegetales cultivados, los que por su estructura explotan mejor el suelo y la atmósfera.... En condiciones adversas de clima, los árboles y arbustos tienen la ventaja de la rusticidad, la fortaleza de resistir las épocas de falta de humedad y exceso de luz y calor, siendo capaz de utilizar terrenos adversos e impropios para el cultivo de otras forrajeras herbáceas, debido a su sistema radicular profundo, que las hace menos sensibles a las sequías y a los desastres por falta de forraje".

FAO (1953) en su libro "El pastoreo en los montes" considera la bondad de los árboles y arbustos como fuente importante de forraje, para alimentar rumiantes (vacas, ovejas, cabras, camellos, búfalos) y otros animales en las regiones semiáridas, principalmente durante la época seca. Menciona las prácticas tradicionales de "pastoreo" en los montes en todos los continentes, y da los nombres de muchas especies forrajeras arbóreas y arbustivas. Para forraje, en Africa del Sur, por ejemplo, recomiendan la plantación de árboles como el Algarrobo (*Ceratonia siliqua*), *Crataegus pubescens*, *gleditchia triacanthos*, *Morus alba*, *Robinia pseudo acacia* y diversas especies del género *Prosopis*.

FAO (1953) reconoce la importancia estratégica de los árboles y arbustos en la alimentación animal y en la conservación del suelo y del ambiente en regiones

semiáridas y considera que se ha hecho muy poco para estudiarla. En tal sentido afirma: "Si estos árboles fueran considerados como productores de cosechas y se les dedicase una mínima parte de la atención que se presta a la producción, selección y mejoramiento de los cultivos forrajeros anuales, podría revolucionar toda la agricultura de las regiones semiáridas. Su importancia para la industria ganadera es indudable; pero no es menos importante, aunque resulte menos evidente, el valor que representan para la conservación del suelo".

Beer (1989) considera que los árboles forrajeros pueden ser una fuente importante de forraje durante la época seca, cuando la producción y calidad de los pastos tropicales disminuyen drásticamente, pero advierte que para tener forraje en el verano, es preciso efectuar podas estratégicas al final del período lluvioso para evitar la caída normal de las hojas en las especies decíduas. Él considera que los árboles forrajeros no son una alternativa viable para los trópicos húmedos, en lugar de los pastos, debido a su productividad total anual. Sin embargo, los resultados experimentales obtenidos en el CATIE muestran producciones hasta de 16 tm de MS comestible en Morera y mayores en Poró, además del excelente valor como suplemento en lugar de "concentrados comerciales", presentando valores de PC y DIVMS superiores al 20 y 75% respectivamente (Benavides *et al.*, 1986; 1993; Benavides, 1991; 1993).

Las especies arbóreas y arbustivas forrajeras más estudiadas en el mundo hasta ahora han sido: *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium* y en menor grado el *Cajanus cajan* (Alcántara y Bufarah, 1982; Budouwski, 1993; CATIE, 1991; Mitidieri, 1983; Wiersum y Dirdjosoemarto, 1987). No obstante, el CATIE ha profundizado en el estudio de *Erythrina* sp, *Morus* sp, *Malvaviscus arboreus* y otras como fuente de forraje para rumiantes menores (Benavides, 1993).

## 2.2. Producción de leche con forrajes arbóreos.

En América Central, más del 80% de las fincas productoras de leche son explotaciones de doble propósito (BCIE, 1990) y la mayoría está ubicada en regiones con estación seca definida y expuestas a las variaciones estacionales de producción de forrajes. Debido a ello, durante estos períodos la producción de leche se reduce drásticamente, los animales pierden peso, aumentan la mortalidad y los problemas reproductivos y el productor pierde dinero (CATIE, 1983).



Para superar los problemas de la época seca, se ha recomendado el uso de suplementos como heno, ensilaje, caña, pastos de corte, melazaurea, rastrojos de cultivos y alimentos balanceados. Sin embargo, por razones económicas y políticas el uso de estas tecnologías no ha logrado el impacto adecuado, y las que se han adoptado en mayor grado (caña, pastos de corte y rastrojos), no logran mantener la producción de los animales, debido a su baja calidad nutricional.

El uso de forrajes arbóreos y arbustivos se ha investigado por el CATIE y algunas Universidades e institutos de investigación agropecuaria de Centro América, a partir de 1980. El CATIE a identificado y evaluado en América Central un gran número de especies leñosas perennes con potencial forrajero. A pesar de ello, Arias (1991) considera que existe muy poca literatura científica e información técnica, sobre el uso de árboles y arbustos en la alimentación animal.

En Honduras, el Centro Universitario Regional del Litoral Atlántico (CURLA) y el Departamento de Investigación Pecuaria del Ministerio de Recursos Naturales, realizaron varias investigaciones sobre el uso del follaje del Madreado (*Gliricidia sepium*) y melaza para suplementar vacas lecheras en pastoreo. Los resultados obtenidos son alentadores, y se reportan producciones hasta de 16 lts/vaca/día, cuando se suplementa con 15 kg de hojas de madreado y 3 kg de melaza/vaca/día. Bajo estas condiciones se recomienda suplementar las vacas de acuerdo al peso vivo, de esta forma: vacas de 320, 430 y 545 kg de PV, reciben 7 y 2, 11 y 3, 14 y 3,6 kg de madreado y melaza respectivamente (DRRNC, 1991).

Tobón (1988) estudiando, en el trópico húmedo el efecto de la suplementación a vacas lecheras en pastoreo con cuatro niveles de follaje de *Erythrina poeppigiana* (0, 0,18, 0,36 y 0,54% del PV), concluyó que dentro de los niveles estudiados la producción de leche aumentó en forma lineal (pasando de 8,7 a 9,5 kg/vaca/día), sin modificar las proporciones de los constituyentes de la leche; pero que no existieron beneficios económicos significativos por el aumento del Poró en la dieta.

Abarca (1989) en un experimento también realizado en el trópico húmedo, para comparar la producción de leche de vacas en pastoreo suplementadas con harina de pescado y follaje de Poró, ambos con dos niveles de melaza, encontró que el porcentaje de sólidos totales y la producción de leche (kg/vaca/día) con harina de pescado fué significativamente mayor (9,0) que con Poró (8,2). Sin embargo, el

uso de este último resultó ser más económico para producir leche. Los niveles de melaza usados (1,5 y 3 kg/vaca/día) no presentaron diferencias significativas para producción y calidad de la leche.

Corado (1991), al suplementar vacas lecheras en pastoreo con Poró (0,5% del PV) y cuatro niveles de pulidura de arroz (0, 0,2, 0,4 y 0,6% del PV), encontró un efecto lineal significativo del nivel de pulidura, sobre la producción de leche (8,8, 9,7, 9,9 y 10,5 kg /vaca/día). El porcentaje de proteína en la leche también aumentó en forma significativa al aumentar los niveles de pulidura de arroz. A pesar del aumento lineal en la producción de leche el nivel de 0,2% del PV, fué el más eficiente económicamente, con una tasa marginal de retorno del 276%.

Jiménez (1992), estudió el efecto de cuatro fuentes energéticas (pulidura de arroz, grano de sorgo, banano verde de desecho y melaza), sobre la producción de leche de vacas en pastoreo suplementadas con Poró (0,5% del PV). Los resultados obtenidos muestran que no existió diferencia estadística significativa por efecto de los tratamientos (sorgo, banano, pulidura de arroz y melaza) sobre la producción de leche (9,0, 8,9, 8,8 y 8,6 kg/vaca/día). No existieron diferencias económicas entre los tratamientos.

## 2.3. El Poró (*Erythrina poeppigiana*) en la agroforestería

### 2.3.1. Origen y usos

El Poró es un árbol perteneciente al género *Erythrina*, subfamilia Papilionoideae de la familia de las Leguminosas (también conocida como familia Fabaceae), y nativo de las estribaciones andinas, desde Venezuela hasta Bolivia. En el siglo XIX fué introducida en América Central y el Caribe como árbol de sombra para las plantaciones de café y cacao (Neill, 1995). En la actualidad está ampliamente distribuido en América Tropical y se sigue utilizando como árbol de sombra en plantaciones de café y cacao, donde se maneja con podas periódicas para permitir el paso de luz o mantener la sombra regulada y aportar nitrógeno por la deposición del material de poda (Mulch). También se cultiva en callejones asociado con maíz y frijol; en sistemas silvopastoriles asociado con pastos de piso y de corte como el King-grass (*Pennisetum purpureum* x *P. typhoides*); y como forraje para bovinos y caprinos (Benavides, 1983; Geilfus, 1989; Russo, 1983).



La versatilidad de esta especie, ha permitido que se utilice en un sin número de combinaciones agroforestales con cultivos perenes, anuales, pastos de piso y de corte, cercas vivas, recuperación y mejoramiento de suelos, soportes vivos, árbol nodriza para maderables, cortinas rompevientos, banco forrajero y sombra para ganado entre otros (Budowski, 1980; 1993).

### 2.3.2. Producción de biomasa y nutrientes por el Poró

En Turrialba, Costa Rica, Alpizar *et al.* (1983) informan que la producción de residuos vegetales del Poró plantado a 6 x 6m., en un sistema Café - Poró, alcanzó 7598 kg de MS/ha/año, mientras que un sistema Cacao - Poró alcanzó 6435 kg de MS/ha/año.

Budowski (1980) reporta que en un sistema agroforestal Poró - Cacao, la cantidad de nitrógeno aportado por los nódulos en descomposición fué de 57 kg/ha/año en una parcela no fertilizada.

Russo (1983) estudiando un sistema agroforestal Café - Poró, en Turrialba, Costa Rica, en el cual el Poró (8 años) estaba plantado a una densidad de 280 árboles/ha (6 x 6 m), y era podado dos veces por año, encontró que la cantidad de biomasa incorporada al suelo fué de 13,75 tm de MS/ha/año, reciclando 269,3; 20,9; 150,5; 126,1 y 51,4 kg/ha/año de N, P, K, Ca y Mg respectivamente.

Sánchez (1989) al estudiar en CATIE un sistema de cultivo de maíz en callejones con *E. poeppigiana* de 5 años de edad a cuatro espaciamientos diferentes (en metros, 6 x 1 (1667 árb/ha); 6 x 2 (833 árb/ha); 6 x 3 (555 árb/ha) y 6 x 4 (417 árb/ha)), encontró que la producción de biomasa del Poró en dos cortes anuales (cada seis meses) fué de 9,9; 6,67; 5,43 y 3,91 tm de MS/ha/año, y equivalentes a 274, 174, 151 y 102 kg de N/ha/año, respectivamente. Para todos los tratamientos la cantidad de N recirculado por el Poró fué más del doble del extraído por el maíz, pero no se acumuló en el suelo. El P, K, Ca y Mg fueron reciclados para cada espaciamiento, en: 27,2, 18,3, 16,9 y 12,3; 210,6, 143,7, 125,3 y 90,3; 62,5, 42,3, 36,4 y 24,7; y 40,2, 23,7, 19,9 y 17,1 kg/ha/año respectivamente. Se determinó que la lluvia fué el factor que más influyó en la producción de biomasa del Poró, mermando con la reducción de la precipitación.

En un cultivo de pasto King-grass asociado con Poró plantado a una densidad de 1667 árboles/ha (3 x 2 m) y podado cada cuatro meses, Libreros (1990) encontró que este último produjo 9,2 tm de MS/ha/año al incorporar el 100% de su biomasa producida y devolvía al suelo 266; 24,5; 144,5; 91,3 y 68,6 kg/ha/año de N, P, K, Ca y Mg, respectivamente. Por su parte Rodríguez (1985) encontró que el Poró produjo 165 kg de N/ha/año en un sistema de asocio similar.

### 2.3.3. Producción de biomasa por el cultivo asociado

En Turrialba, Costa Rica, Kass (1989) observó que la aplicación de 20 TM de materia fresca/ha/año de mulch de *E. poeppigiana* afectó positivamente el rendimiento del maíz y del frijol, que pasó de 2242 a 3227 kg/ha en el maíz y de 740 a 1387 kg/ha en el frijol para los tratamientos sin y con mulch, respectivamente.

Kass y Araya (1987) no encontraron diferencias significativas al comparar la producción de maíz y frijol en cultivos en callejones de *G. sepium* plantando a 6 x 1 m y 9 x 1 m, con la del sistema tradicional, y con la del sistema tradicional más la aplicación de mulch de *G. sepium* a razón de 2 kg de materia fresca (MF) por m<sup>2</sup> (20 TM de MF/ha/año), no obstante, la producción de grano fue ligeramente superior en este último tratamiento. Sin embargo, Atta-Krah y Sumberg (1987) al estudiar el efecto del mulch de *G. sepium* y *L. leucocephala* sobre la producción de maíz en un sistema de cultivo en callejones (4 x 1) donde aplicaron 0, 25, 50, 75 y 100% del material podado, encontraron un aumento lineal en la producción del grano.

Nygren (1990) encontró que la producción total de biomasa del frijol incluyendo los granos, no presentó diferencias significativas al comparar orientaciones diferentes sobre la producción de este grano en un sistema de cultivo en callejones de *E. poeppigiana* plantada a 6 x 4 metros, para determinar la competencia por luz.

Libreros (1990) encontró que en un sistema de King-grass asociado con Poró plantado a una densidad de 1666 árboles/ha, la producción del pasto pasó de 12,4 TM de MS/ha/año para el pasto en monocultivo sin fertilización, hasta 30,3 TM de MS/ha/año cuando se incorporó el 100% de la biomasa del Poró al suelo. En este experimento, el King-grass aumentó de manera significativa, además de la

producción de MS total, la MS digestible y el porcentaje de proteína cruda con respecto al pasto sin adición de follaje. Se observó una respuesta lineal en todas estas variables, cuando la adición del mulch equivalió al 0, 33, 66 y 100% de la biomasa del Poró. El autor no encontró efectos de competencia entre el árbol y el King-grass, pero observó el doble de producción (20 tm de MS) en la parcela asociada, comparada con el pasto en monocultivo. Por su parte Rodríguez (1985) encontró un incremento en la producción de biomasa y de proteína cruda (PC) del King-grass como monocultivo al compararlo con el asociado con Poró podado cada 3 ó 4 meses y con densidades de 1667 y 3333 árboles/ha.

Al estudiar un sistema silvopastoril, de pastos naturales degradados asociado con 550 árboles/ha de Poró (*E. berteriana*), durante 3 años en la zona Atlántica de Costa Rica, no se encontró competencia entre los árboles y el pasto. Por su parte en el sistema se produjo más biomasa total, al sumarse la de Poró. Sin embargo, no se presentó aumento en la producción del pasto, por efecto del mulch de Poró incorporado, esto debido principalmente a la escasa producción de biomasa por árbol (4 kg de materia verde por corte), equivalente a 40 kg/ha/año de N. En este experimento el Poró se plantó por estacas, se podó a los siete meses después, con cortes posteriores cada 5 meses (CATIE, 1991).

Oviedo (1994) al revisar literatura sobre el efecto del mulch de leguminosas sobre los cultivos, concluyó: "El mulch de las especies fijadoras de nitrógeno cuando se usan densidades y podas adecuadas a las condiciones de suelo y clima, aportan nitrógeno y otros nutrientes en cantidad suficiente para mantener producciones razonables de granos y pastos, observándose una tendencia lineal en la producción al aumentar los niveles de mulch aplicados. Sin embargo, en períodos cortos es difícil observar cambios significativos en las propiedades físicas y químicas del suelo, pero en períodos superiores a cuatro años se observan diferencias, las cuales dependen también de la fertilidad inicial del suelo, de la biomasa aportada y del nivel de extracción por los cultivos."

#### 2.3.4. Respuesta fisiológica del Poró a la poda

Nygren y Ramírez (1993) evaluando el desarrollo de la biomasa de nódulos fijadores de nitrógeno (BNFN), durante los seis meses después de la poda de *E. poeppigiana*, encontraron que la BNFN pasó de 102 g/árbol, antes de la poda a la total desintegración después de esta. A las 9 semanas después de la poda (SDP) la

BNFN era nula, recuperandose y alcanzando un pico de 138 g hasta las 17 SDP (4 meses) y al nivel normal antes de la poda, a las 24 SDP.

Nygren (1995), estudiando la dinámica del carbono y nitrógeno en árboles de *E. poeppigiana* podados cada 6 meses, encontró que después de una poda completa, la mayor parte del carbono (C) se destinó a la producción de follaje; y que los árboles dependieron parcialmente de los carbohidratos de reserva hasta 15 semanas después de la poda, mostrando que la reserva de C es grande, pero su recuperación es baja. Encontró además, que todos los nódulos desaparecieron después de la poda y la renodulación solo comenzó 10 semanas después aumentando en función de los requerimientos de N por el follaje y concluyó que *E. poeppigiana* no debe ser podada con una frecuencia mayor a 4 meses para permitir una recuperación de las reservas de C y producción adecuada de follaje.

#### 2.3.5. Respuesta del Poró a la fertilización nitrogenada

Muthuchelian (1993), estudiando por un período de 12 meses la asimilación de nitratos por leguminosas del género *Erythrina*, encontró que, de varios factores ambientales estudiados, solo la precipitación mostró una correlación positiva con la asimilación de  $\text{NO}_3$ . La menor asimilación ocurrió durante los meses de menor precipitación y humedad del suelo (febrero, marzo, abril y mayo).

#### 2.3.6. Mineralización del nitrógeno del follaje del Poró.

Trabajando en Yurimaguas, Amazonia Peruana, Salazar y Palm (1987) encontraron que, después de 20 semanas de aplicado el mulch, quedaba un remanente de materia seca en el suelo de 68% en el caso de biomasa de *Inga edulis* y 27% para la de *Erythrina sp.*

La lenta liberación de nutrientes al suelo por el mulch del Poró en comparación al fertilizante químico, sugiere que los pastos y cultivos perennes (como la Morera) pueden aprovechar eficientemente esos nutrientes porque su sistema radicular está formado y activo durante todo el transcurso en que se liberan. Esto es más relevante en el caso del nitrógeno, como lo demuestran los resultados obtenidos por Rodríguez (1985) y Libreros (1990) en la producción del pasto King-grass asociado con Poró.

El Poró por ser leguminosa, por su buena respuesta a la poda, y por el reciclaje de altas cantidades de N, P, K, Ca y Mg (Russo, 1983; Libreros, 1990) puede ser una buena alternativa, como abono verde, para la producción de Morera bajo un sistema agroforestal.

#### 2.4. La Morera (*Morus sp.*).

La Morera pertenece a la familia *Moraceae*, subfamilia *Moroide*, grupo *Morae* y género *Morus*. La familia *Moraceae* posee cuatro sub-familias que corresponden a 55 géneros y un total de 950 especies. De estas, 35 pertenecen al género *Morus*, clasificadas por el tamaño del estilo, y la amplia distribución geográfica. Como lugar de origen se reporta el Sureste del continente asiático y Japón; las Islas de Java y Sumatra; Omán y el sureste de Arabia; el Cáucaso, Pérsia y Asia Oriental; Africa Oriental y América (Fonseca y Vencovsky, 1981).

Las tres especies de mayor interés y que representan la gran mayoría de las variedades utilizadas para forraje del gusano de seda, son: *Morus alba* L., *M. lhou* Koidz. y *M. bombycis* Koidz. (Fonseca y Vencovsky, 1981). De todas las especies, la más cultivada en el mundo entero y por tanto considerada cosmopolita, es la *Morus alba* L.. Esta se caracteriza porque el estilo es muy corto o inexistente, hojas alternas, verde claro, brillosas, con venas prominentes, blancuscas por abajo, la base de la hoja es asimétrica y las ramas grises a amarillentas (Geilfus, 1989).

##### 2.4.1. Producción de biomasa de Morera

Tikader *et al.* (1993) estudiando 3 variedades y 2 espaciamientos de siembra (60 x 60 cm y 60 x 30 cm), encontraron rendimientos de 18,5 y 20,0 tm de hojas (MV)/ha/año, para los distanciamientos 60 x 60 y 60 x 30, respectivamente como promedio de las 3 variedades y cuatro años de cosecha.

Kuswiar (1989) al estudiar el efecto del cultivo de soya y cacahuate entre surcos de Morera plantada a 2,0 x 0,5 m encontró que la soya incrementó significativamente la producción de Morera en un 30,5%, mientras que el cacahuate no afectó significativamente su crecimiento ni su producción..

#### 2.4.2. La Morera en la alimentación de rumiantes.

Existen reportes en la literatura sobre el uso de la Morera en la alimentación de rumiantes y monogástricos desde hace varios siglos, en fincas aledañas a las explotaciones del gusano de seda durante las épocas críticas del año (Pimentel Gómez, sf). Sin embargo, muy pocos trabajos se han realizado para determinar el verdadero valor de la Morera en la nutrición y alimentación de rumiantes; y no existen estudios de su utilización como suplemento de vacas lecheras en pastoreo.

Jegou *et al.* (1991) alimentando cabras mestizas con Morera encontraron una digestibilidad *in vivo* de la materia seca de 79%, superior a la encontrada en el forraje de Amapola (*Malvaviscus arboreus*) con 64%. Este valor es similar al encontrado para la digestibilidad *in vitro* por otros autores, que oscilan entre el 80 y 90% (Araya, 1991; Benavides, 1986; Oviedo, 1993; Rojas, 1992; Rojas y Benavides, 1993).

La Morera ha presentado los mejores resultados en relación a otros forrajes arbóreos para la producción de leche con cabras. Jegou *et al.* (1991) encontraron producciones de 1,3 y 1,1 kg/cabra/día para Morera y Amapola respectivamente; mientras que Rojas y Benavides (1993) reportan un nivel de producción de 2,5 kg/cabra/día cuando estas consumieron King-grass *ad libitum* y Morera a razón de 3,5% del peso vivo.

Alimentando las cabras solo con King-grass y Morera, en un módulo caprino (dos cabras), situado en Turrialba, Costa Rica, la producción promedio de leche obtenida al tercer año de funcionamiento fue de 2,5 lts/cabra/día, y en el pico de lactación se han alcanzado producciones de 5 lts/cabra/día (Oviedo *et al.*, 1993).

En la alimentación de bovinos, la Morera se ha usado como suplemento al ensilaje de sorgo durante el verano, en novillos de engorde con encaste lechero, en la zona seca de Guatemala. En este experimento, el lote suplementado con Morera ganó 0,335 kg/ animal/día, mientras el lote testigo, alimentado solo con ensilaje de sorgo, perdió 0,128 kg/animal/día (Velásquez *et al.*, 1994).

#### 2.4.3. La fertilización de la Morera.

La Morera es una planta exigente y altamente extractora de nutrientes del suelo (Dechen *et al.*, 1973; Benavides *et al.*, 1993). Sin embargo, tiene gran



capacidad de transferir los nutrientes del suelo al follaje y muestra altos porcentajes de recuperación del nitrógeno aplicado, superiores al 45% en el segundo año de cultivo. Así mismo, la calidad de las hojas depende en gran medida de la fertilidad del suelo y de la fertilización realizada (Rivaben, 1959; Piccini, 1959; Abramides, 1960/61; Paolieri, 1965; Dechen *et al.*, 1973; Takahashi y Kronka, 1989; Benavides, 1993).

La fertilización orgánica juega un papel importante en el cultivo de la Morera, porque además de mejorar las características físicas y biológicas del suelo, aporta macro y micronutrientes necesarios para mantener y/o aumentar la producción y calidad del forraje (Abreu y Abramides, 1974; Rivaben, 1959; Piccini, 1959; Abramides, 1960/61; Pedro, 1964; Paolieri, 1965; Dechen *et al.*, 1973; Takahashi y Kronka, 1989; Benavides *et al.*, 1994). Los abonos orgánicos de mayor importancia son: el estiércol de corral, la gallinaza, el abono verde de leguminosas, las tortas de oleaginosas y el compost (Abreu y Abramides, 1974; Rivaben, 1959; Piccini, 1959; Abramides, 1960/61; Pedro, 1964; Paolieri, 1965; Dechen *et al.*, 1973; Takahashi y Kronka, 1989).

Ahmad (1986), estudiando el efecto de la fertilización nitrogenada sobre la producción de hojas de Morera, encontró incrementos del 78,8, 119,5 y 175,0% sobre el testigo no fertilizado, cuando aplicó respectivamente 100, 200 y 300 kg N/ha/año durante el primer año. En el segundo año los incrementos fueron de 55, 100 y 120%, respectivamente. En el primer año la producción pasó de 6,36 a 17,5 tm de MV/ha/año para el testigo y 300 kg de N/ha/año, respectivamente; mientras que en el segundo año pasó de 10,4 a 22,9 tm de MV/ha/año.

Benavides *et al.* (1994), estudiando durante 3 años el efecto del estiércol de cabra sobre la producción de la Morera cortada cada 3 meses, encontraron que el contenido de materia seca (MS) fué de 25,6, 27,2 y 42,4% respectivamente, para las hojas, tallo tierno y tallo leñoso; la proteína cruda fué 19,2 y 8,1% y la DIVMS de 77,2 y 56,9% para hoja y tallo tierno, respectivamente. Con niveles de 0, 240, 360 y 480 kg/ha/año de nitrógeno aportado por estiércol de cabra y un testigo con 480 kg/ha/año de nitrógeno mineral, bajo la forma de nitrato de amonio, la proporción de biomasa comestible fué de 48,8; 48,3; 48,1; 47,9 y 47,4% para cada nivel de nitrógeno, respectivamente. Para estos mismos tratamientos la producción de biomasa comestible fué de 9,6, 11,6, 12,3, 14,1 y 11,4 tm MS/ha/año; y la biomasa total de 19,9, 24,3, 26,1, 30,1 y 24,5, respectivamente.

Estos resultados comprueban lo manifestado por Ting-Zing *et al.* (1988) al recomendar la fertilización orgánica en lugar de la química.

Rodríguez *et al.* (1990), encontraron que en el trópico seco de Guatemala, la Morera fertilizada con 80 kg/ha/año de nitrógeno bajo la forma de urea, y cortada cada 12 semanas, produjo 6,5 tm MS/ha/corte durante el segundo año, y contenidos de 15,8% de PC y 93,5% de DIVMS para las hojas.



### III. MATERIALES Y METODOS.

#### 3.1. Localización y caracterización del área experimental.

El presente estudio hace parte de las investigaciones realizadas por la Sub-Unidad de Arboles Forrajeros y Rumiantes Menores del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) y consta de dos experimentos que se llevaron a cabo en la finca experimental de ganadería y los laboratorios de Suelos y Nutrición Animal del CATIE.

El CATIE se localiza a 9°53' de latitud norte y 83°38' de longitud oeste a una altitud de 602 msnm. La temperatura media es de 21,7°C, con una precipitación de 2616 mm, distribuida más o menos uniformemente a lo largo del año, y una humedad relativa de 87,8% (CATIE, 1994). De acuerdo a la clasificación de Holdridge (1987), el CATIE se encuentra en la zona de vida denominada "Bosque Muy Húmedo Premontano". En la Figura 1 se muestran la precipitación y temperatura media mensual del período de estudio y promedio acumuladas.

Según Aguirre (1971), los suelos son de origen aluvial, pertenecientes a la serie "Juray", orden Inceptisol, suborden Tropepts, grupo Dystropepts, subgrupo Typic Humitropepts, familia Fine mixed hysohyperthermic. La topografía del área experimental es relativamente plana variando entre 0 y 1%. La textura es franco arcillosa presentando algunos fragmentos rocosos, eliminandose una parcela (perdida) por afloramiento excesivo de roca.

#### 3.2 Metodología de los experimentos.

##### 3.2.1 Experimento 1: Productividad de la Morera (*Morus* sp.) asociada con Poró (*Erythrina poeppigiana*).

###### 3.2.1.1 Antecedentes y descripción de la unidad experimental.

El Poró y la Morera fueron plantados en julio de 1990, con 2,5 años de edad al inicio del estudio. El Poró se sembró por semilla a una densidad de 500 árb/ha (5 x 4 m). La Morera se plantó por estacas, de 25 a 30 cm de longitud, a 1,25 m entre hileras y 0,4 m entre plantas, equivalente a una densidad de 20 000 plantas/ha.

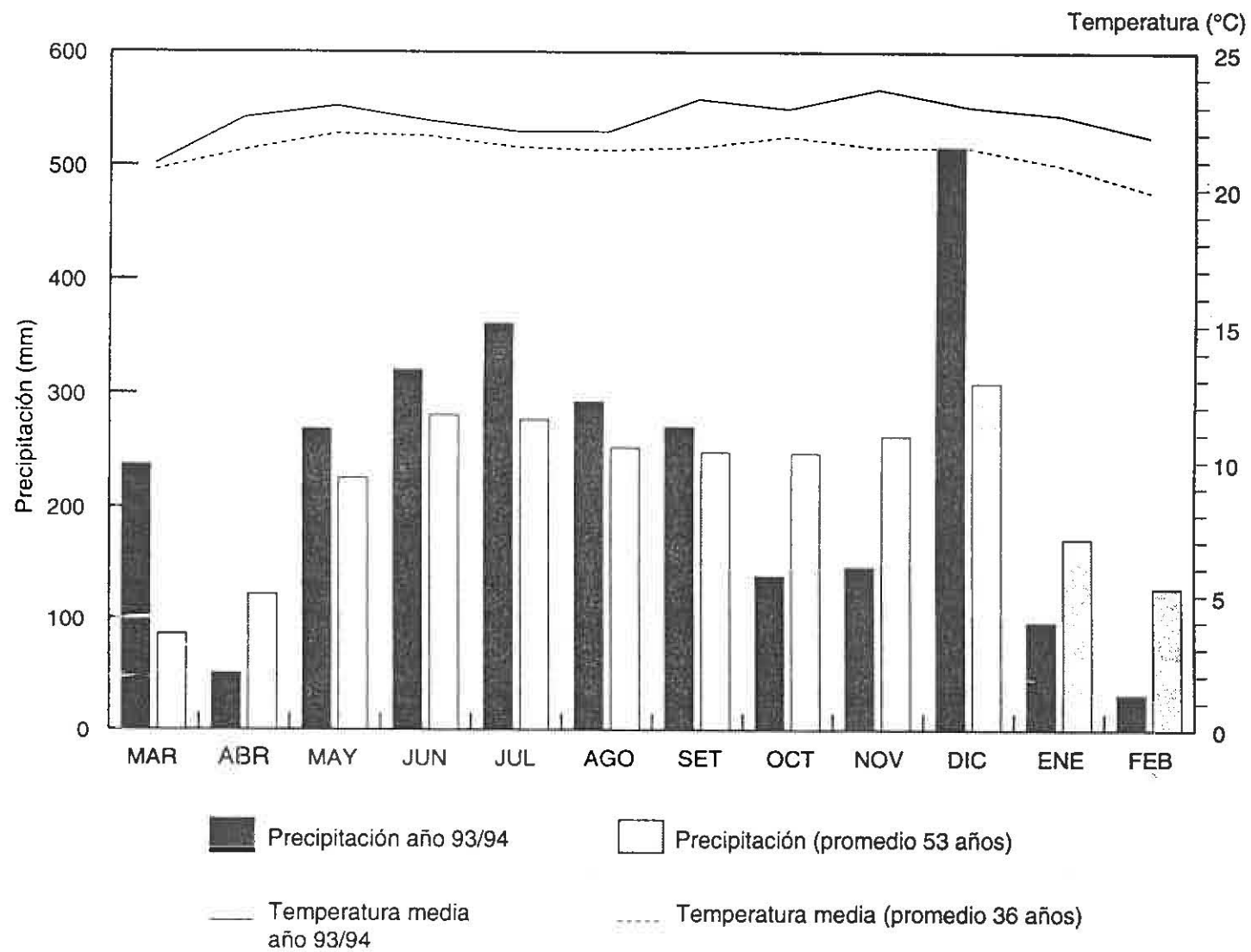


Figura 1. Temperatura media y precipitación mensual en el CATIE, Turrialba, Costa Rica. (Fuente: Estación CATIE, 1994)

Figura 1

Ambas especies se podaron por primera vez, un año y 8 meses después de la siembra y plantación respectiva. Posteriormente se podaron cada 4 meses. El último corte se realizó 5,5 meses antes de la poda de uniformización. Las plantas perdidas de Poró fueron repuestas con estacas de 2,0 a 2,5 metros de largo y 15 a 20 centímetros de diámetro. También las estacas de Morera perdidas fueron reemplazadas.

Se realizó una fertilización completa (18-5-15-6-2) a la plantación a razón de 24 gramos/estaca de Morera y nitrogenadas después de cada corte, en forma de nitrato de amonio (Nutrán) equivalentes a 475 kg de N/ha/año. La última aplicación se hizo 3 meses antes del corte de estandarización.

El área total del experimento fue de 2880 m<sup>2</sup> (60 x 48 m), dividida en 4 bloques de 720 m<sup>2</sup> (15 x 48) y 16 parcelas de 180 m<sup>2</sup> (15 x 12 m) cada una; sin embargo, la parcela 4 del bloque 4 que correspondía al testigo, fue eliminada por exceso de rocas. Cada parcela estaba constituida por 9 árboles de Poró y 12 hileras de Morera. En cada bloque existe una parcela sin árboles, como testigo; los árboles de Poró de estas parcelas fueron cortados durante el corte de estandarización. La Figura 2 muestra la distribución de los tratamientos en cada bloque y parcela. En la Figura 3 se muestra el detalle de la distribución de los árboles de Poró y de la Morera dentro de cada parcela.

La Morera se podó entre 25 y 40 cm de altura y el Poró entre 2 y 2,5 m de altura. Los cortes se realizaron cada 4 meses (122 días) de acuerdo al Cuadro 1:

Cuadro 1. Fechas e intervalo entre cortes, precipitación y temperatura durante el experimento.

Corte	Fecha <sup>1</sup>	Días/cortes	Precip. <sup>2</sup> mm	Temper. <sup>2</sup> °C
Uniformización	05-03-93			
Corte 1	06-07-93	123	879	22,7
Corte 2	03-11-93	120	1064	23,4
Corte 3	07-03-94	124	791	22,2
Total/prom.		122	2734	22,8

1/ Inicio del corte; cada uno duró 5 días.

2/ Acumulada y promedio por período de 4 meses.

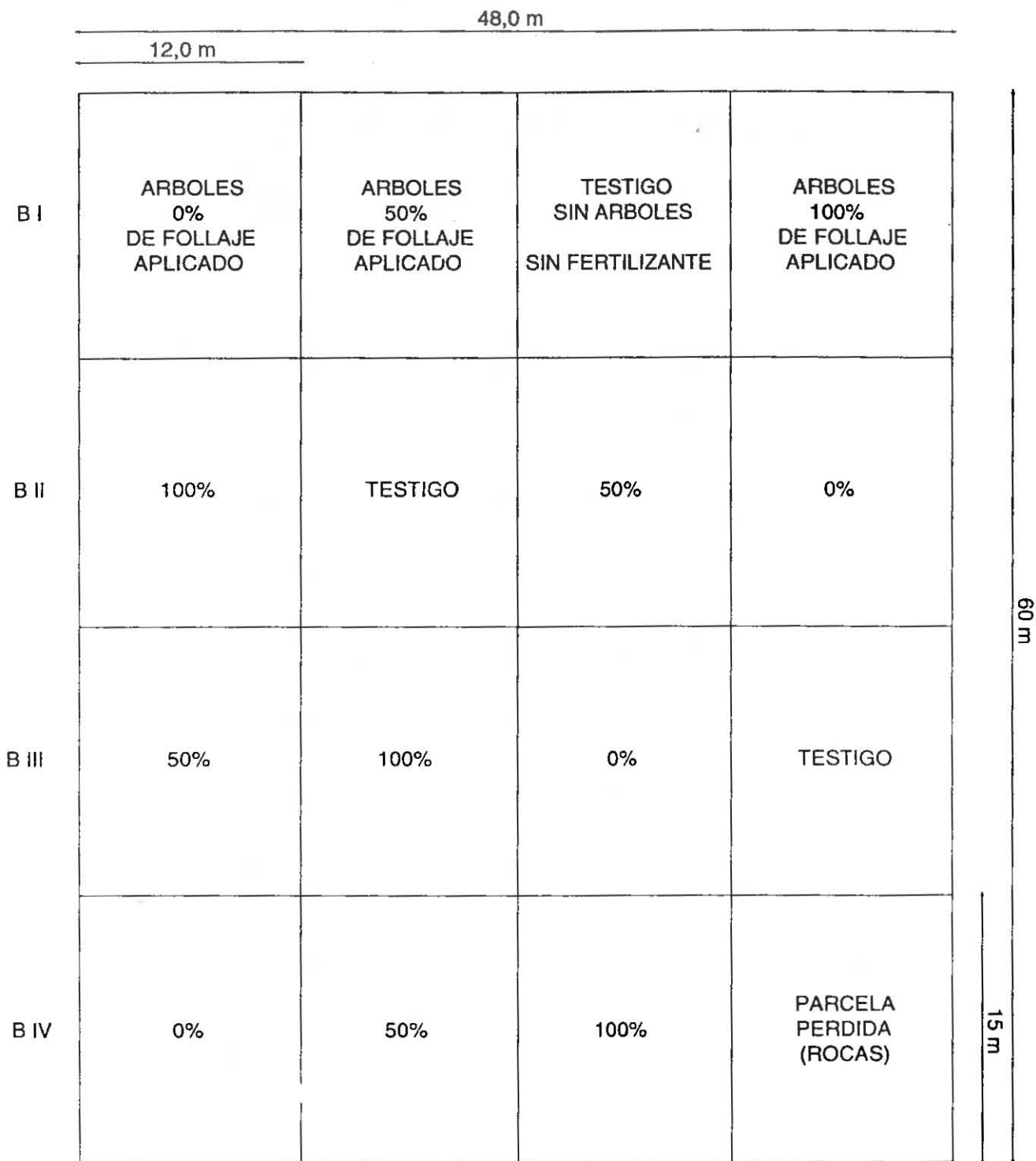


Figura 2. Croquis de campo del experimento.

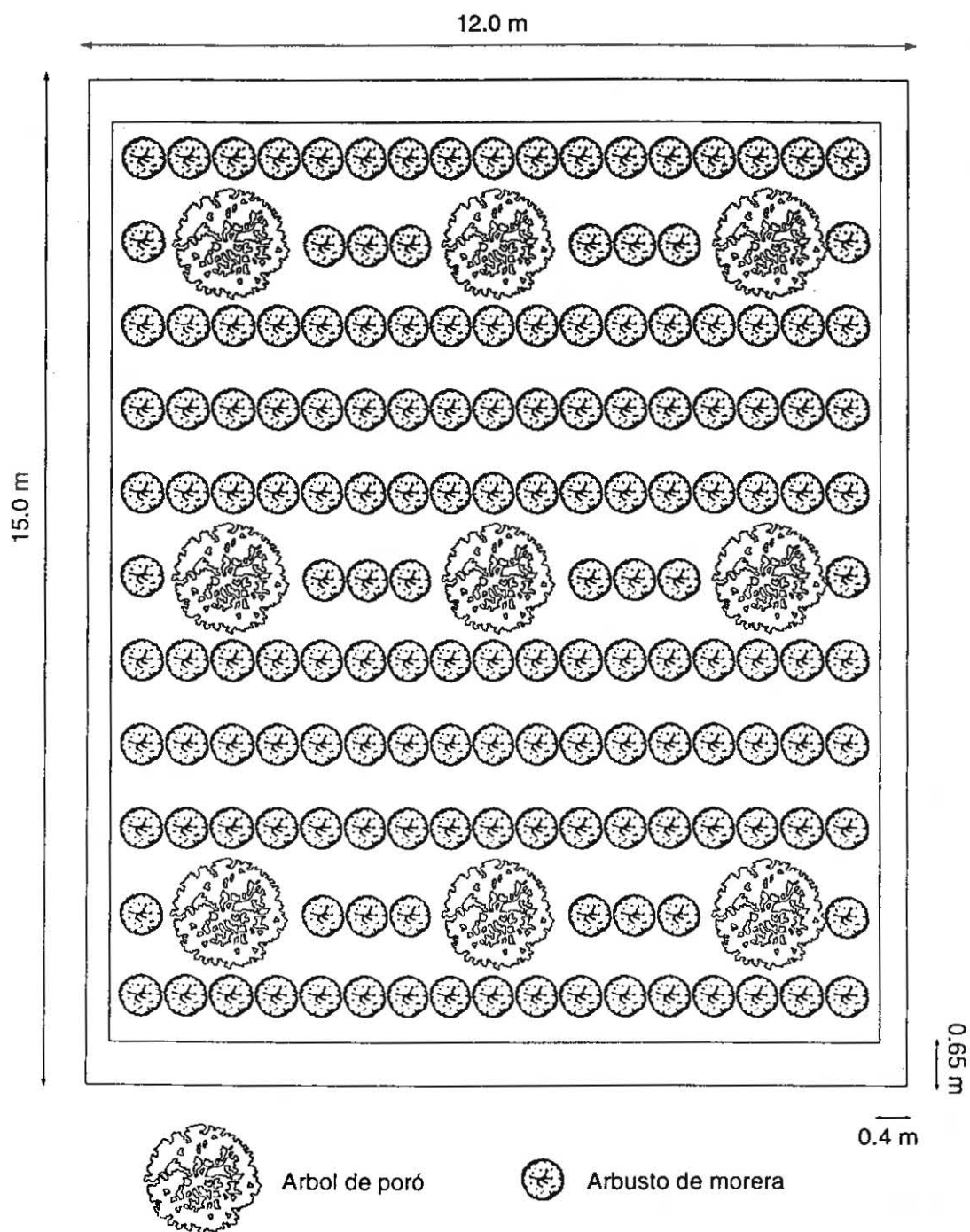


Figura 3. Area bruta y neta por parcela; distribución de árboles de poró dentro de la parcela

### 3.2.1.2. Diseño experimental y tratamientos evaluados

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar y se analizó con la metodología de parcelas divididas en el tiempo, donde las parcelas grandes correspondieron a los tratamientos y las pequeñas a los cortes. Los tratamientos fueron 4, siendo el primero la Morera en monocultivo, actuando como testigo, y tres tratamientos asociados con Poró, con tres niveles de depósito al suelo del material de poda del Poró, de la siguiente manera:

- a) Tratamiento. 1. Testigo. Parcela plantada con Morera sin árboles de Poró, y sin fertilización.
- b) Tratamiento. 2. 0%. Parcela plantada con Morera asociada con Poró, en la cual no se depositó nada en el suelo. Se exportó todo el material podado.
- c) Tratamiento. 3. 50%. Parcela plantada con Morera asociada con Poró, en la cual se depositó el follaje podado del 50% de los árboles de la parcela.
- d) Tratamiento. 4. 100%. En esta parcela se depositó el 100% del material podado del Poró asociado con la Morera.

### 3.2.1.3 Manejo del experimento

#### 3.2.1.3.1 Muestreo de suelo

Se tomaron muestras de suelo antes de iniciar el experimento el 26 de febrero de 1993; y después el 14 de marzo de 1994. Para las muestras se tomaron 6 submuestras por parcela utilizando un barreno saca bocado, a una profundidad de 0 a 10 cm. Las submuestras se mezclaron y se homogenizaron para sacar una muestra compuesta por parcela. Se hizo una combinación de muestreo aleatorio simple y un muestreo sistemático, escogiendo el callejón y el punto inicial de muestreo al azar, y las submuestras sistemáticamente a 60, 180 y 300 cm de los árboles de Poró y entre los surcos de Morera (Fassbender, 1987; Imbach, 1987; Jiménez, 1986). Las muestras se analizaron en el laboratorio de suelos de CATIE.

#### 3.2.1.3.2 Muestreo de la biomasa de Poró y Morera.

Para la biomasa total de Poró y Morera la unidad de muestreo fué la parcela neta. En el Poró no se usó borde y la parcela consistió en 9 árboles (180 m<sup>2</sup>). En

la Morera se tomó un borde de 125 cm (1 hilera) entre bloques y 80 cm entre parcelas del mismo bloque, quedando 62,5 y 40 cm de borde por parcela, que tuvo 154 m<sup>2</sup> de parcela neta.

De cada parcela se seleccionaron al azar 3 árboles de Poró para separar la biomasa en sus tres componentes: hojas, tallo tierno y tallo leñoso, y determinar la proporción de cada uno en la biomasa. Para la Morera se tomó una muestra sistemática de 12 a 15 plantas dentro de la parcela neta, a 1, 2 y 3 metros de los árboles de Poró en los 2 surcos centrales entre los árboles (Jiménez, 1990). Al igual que en el Poró se pesó la muestra y se separó en hojas, tallo tierno y tallo leñoso, para determinar la proporción de cada componente. Posteriormente se homogenizó la muestra por componente y se tomó una submuestra para determinar el contenido de materia seca (MS) en un horno de ventilación forzada a 65°C hasta alcanzar peso constante. Se tomó la hoja con pecíolo como hoja, el tallo tierno aquel con consistencia suave y color verde y el tallo leñoso la parte más lignificada.

Para ambas especies se realizó la poda el mismo día y se obtuvo el peso fresco *in situ*, con una balanza de reloj de 50 g de precisión. La biomasa del Poró se distribuyó y/o exportó de las parcelas de acuerdo al tratamiento correspondiente. Se realizaron tres (3) cortes experimentales para la Morera. Para el Poró se utilizó el corte de estandarización (marzo/93) como primer corte de aplicación de biomasa a las parcelas según tratamientos; realizándose dos (2) cortes más en julio y noviembre/93.

### 3.2.1.3.3 Análisis químico.

Las muestras de Poró y Morera se analizaron en los laboratorios de suelo y nutrición animal del CATIE. Las muestras secas se molieron en un molino Willey, utilizando una criba de 1,0 mm y se guardaron en frascos de vidrio debidamente sellados y rotulados en un cuarto seco. De las muestras guardadas se tomaron submuestras simples para hacer una muestra compuesta por tratamiento para los análisis correspondientes, a saber:

Proteína cruda (PC = N\*6,25) por el método de Micro Kjendahl (Bateman, 1970).



Digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) según la técnica de Tilley y Terry, modificado por Kass y Rodríguez (1993).

El contenido de minerales se hizo por digestión de cenizas con HCl al 50 y 10% y su lectura por el método colorimétrico y de espectrofotometría de absorción atómica.

#### 3.2.1.3.4. Variables evaluadas.

##### Para el Poró y Morera:

- a) Producción de materia seca (MS) (kg/ha/corte y año).
- b) Producción de MS comestible (kg/ha/corte y año).
- c) Producción de materia seca digestible (MSD) (kg/ha/corte y año).
- d) Producción de proteína cruda (PC) (kg/ha/corte y año).
- f) % de materia seca (MS).

##### Para el asocio Poró-Morera:

- a) Producción total de MS (kg/ha/corte y año).
- b) Producción de MS comestible (kg/ha/corte y año).
- c) Producción de PC comestible (kg/ha/corte y año).
- d) Producción total de MSD (kg/ha/corte y año).

##### Además se realizaron las siguientes mediciones sin comparación estadística:

- a) Porcentaje de MSD, PC comestible y minerales (N, P, K, Ca, Mg) en la biomasa de Poró y Morera, por tratamiento, corte y año.
- b) Extracción de minerales (N, P, K, Ca y Mg en kg/ha) por la biomasa de Poró y Morera, por tratamiento, corte y año.

##### Para el suelo:

Análisis químico del suelo: Se hicieron dos análisis, uno al inicio y otro al final del experimento y se determinó:

- Materia orgánica.
- pH.
- Nitrogeno total.
- P, K, Ca y Mg.

### 3.2.1.3.5. Análisis estadístico de los datos.

Las variables de respuesta se sometieron a un análisis de varianza en un diseño en bloques completos al azar con arreglo de parcelas divididas en el tiempo, según el modelo:

$$Y_{ijk} = m + B_i + T_j + e_{ij} + dk + \pi_{jk} + E_{ijk}.$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Variable de respuesta del i-ésimo bloque, del j-ésimo tratamiento y del k-ésimo corte.

$m$  = Media general.

$B_i$  = Efecto del i-ésimo bloque.

$T_j$  = Efecto del j-ésimo tratamiento.

$e_{ij}$  = Error A, a nivel de parcela grande

$dk$  = Efecto del k-ésimo corte.

$\pi_{jk}$  = Efecto de la interacción del j-ésimo tratamiento por el k-ésimo corte.

$E_{ijk}$  = Error experimental b, a nivel de parcela pequeña o corte.

Se consideró la posibilidad de utilizar el peso seco de la biomasa de la Morera del corte de nivelación como covariable, para la producción de MS; sin embargo, no se utilizó en el modelo al no resultar significativa. También para la interpretación de los resultados se consideró utilizar contrastes ortogonales, pero tampoco se encontraron diferencias entre los tratamientos.

### 3.2.2. Experimento 2: Producción de vacas lecheras en pastoreo suplementadas con follaje de Morera (*Morus sp.*).

#### 3.2.2.1. Descripción y manejo de la unidad experimental.

Este estudio se llevó a cabo en la lechería de la finca experimental y en el laboratorio de Nutrición Animal del CATIE y tuvo una duración de 63 días (mayo a julio/94).

Se utilizaron 6 vacas puras y cruzadas de las razas Jersey y Criollo Lechero Centroamericano, con dos o más lactancias, y pesos vivos entre 290 y 440 kg por vaca. Se hicieron dos grupos de 3 vacas cada uno, de acuerdo a los niveles de producción (alta y media). Las vacas se escogieron después que alcanzaron el

pico de lactación a los 30, 45 y 50 días post parto, para Criollo, cruces y Jersey respectivamente (Campos, 1989).

Inicialmente se escogieron 10 vacas que cumplieran los requisitos y a estas se les mantuvo durante 15 días suministrándoles Morera hasta que se adaptaran y alcanzaran un consumo igual o superior al 1% del peso vivo en base seca, de estas se seleccionaron 6 para ser utilizadas en el experimento.

Los animales pastorearon juntos con el grupo 1 de la lechería, en potreros en los que predomina el pasto estrella africana (*Cynodon nlemfluensis*). La carga animal se mantuvo alrededor de 2,5 UA/ha durante todo el período experimental. El manejo del pastoreo fué rotacional con 3 días de ocupación y 22 a 25 días de descanso.

Todas las vacas tuvieron libre suministro de agua y sal mineralizada. Durante el ordeño cada una recibió 0,5 kg de melaza en base fresca (1,0 kg/vaca/día).

Las vacas del experimento se ordeñaban de primero. La suplementación con los tratamientos se hizo después de cada ordeño, separando las vacas del grupo en un corral, donde cada una recibió su ración (follaje de Morera, "concentrado" comercial y cero suplementación) en comederos de corrales construidos para este estudio. En el corral permanecieron dos horas por día y el resto del tiempo en los potreros. La cantidad de Morera y concentrado se ajustó en base al peso de las vacas al inicio de cada período experimental. La Morera se cortaba entre las 10:00 y 12:00 hs.

Todos los tratamientos tuvieron un período de adaptación de 9 días y 7 para toma de datos. Se pesaron los animales al inicio y final de cada período experimental.

### 3.2.2.2. Tratamientos evaluados.

- a) Tratamiento 1. Pastoreo más suplementación con concentrado comercial a razón de 1% del peso vivo (PV) en base seca (Concentrado).
- b) Tratamiento 2. Pastoreo más suplementación con Morera fresca a razón del 1% del PV en base seca (Morera).
- c) Tratamiento 3. Sólo pastoreo, sin suplementación (Pasto).

### 3.2.2.3. Diseño experimental.

Se utilizó un diseño experimental de sobrecambio en cuadrado latino repetido sin período extra (Lucas, 1957), con dos cuadrados 3 x 3 en los cuales las vacas constituyeron las columnas y los períodos las hileras. Cada período experimental tuvo una duración de 16 días, de los cuales los primeros 9 fueron de adaptación a la dieta y durante los últimos 7 días para medir las variables bajo estudio (período de evaluación). Cada vaca se sometió a todos los tratamientos de acuerdo al esquema mostrado a continuación:

Período	Cuadrados					
	Baja 1			Alta 2		
	Vacas					
	1	2	3	4	5	6
I	A	C	B	A	C	B
II	C	B	A	B	A	C
III	B	A	C	C	B	A

Los números dentro de los cuadrados corresponden a los tratamientos así: A = concentrado, B = Morera, C = pastoreo.

### 3.2.2.4. Variables evaluadas.

- Producción de leche, kg/vaca/día.
- Sólidos totales de la leche, %.
- Proteína de la leche, %.
- Grasa de la leche, %.
- Consumo de pasto, kg/vaca/día y % PV.
- Consumo total de MS, kg/vaca/día y % PV.

Los valores de campo de las variables, producción de leche, % de grasa y % de proteína se transformaron multiplicándolos por los factores de corrección para grasa, número de lactancias y grupo racial encontrados por Salgado (1988) (Cuadro 26A).

Durante cada período de observación se pesó la producción individual de leche en cada ordeño. Se tomaron muestras individuales de leche, proporcionales a la producción de cada ordeño, durante los últimos tres días de cada período de evaluación. Posteriormente se determinó el porcentaje de grasa, mediante el método de Babcock (Bateman, 1970); el porcentaje de proteína cruda por el método de titulación con formol (Bateman, 1970) y el porcentaje de sólidos totales por el método gravimétrico (Leslie y Johnstone, 1982). El consumo de pasto se estimó individualmente en cada período, utilizando el óxido crómico ( $Cr_2O_3$ ) como marcador externo, por el método descrito por Iturbide (1967). También se determinó la calidad y cantidad del pasto antes y después del pastoreo (Haydock y Shaw, 1975).

### 3.2.2.5. Análisis estadístico de los datos.

Todas las variables se sometieron a un análisis de varianza según el modelo:

$$Y_{ijkl} = m + C_i + V(C)_{ij} + P_k + T_l + E_{ijkl} \text{ Donde:}$$

- $Y_{ijkl}$  = Variable de respuesta observada en el i-ésimo cuadrado, del j-ésimo animal, sometido al l-ésimo tratamiento, durante el k-ésimo período.  
 $m$  = Media general del experimento.  
 $C_i$  = Efecto asociado al i-ésimo cuadrado ( $i = 1, 2, \dots$ ).  
 $V(C)_{ij}$  = Efecto de la j-ésima vaca anidada en el i-ésimo cuadrado.  
 $P_k$  = Efecto del k-ésimo período.  
 $T_l$  = Efecto del l-ésimo tratamiento.  
 $E_{ijkl}$  = Efecto del error experimental.

El análisis de varianza se desglosa así:

Fuente de variación		GL
Cuadrado	C-1	1
Vaca(Cuadrado)	V(C-1)	4
Período	P-1	2
Tratamiento	T-1	2
Error	diferencia	8
Total	CxTxP-1	17

### 3.2.2.6. Análisis económico.

Se realizó un análisis económico comparativo para los tratamientos utilizando la metodología de presupuesto parcial (Dillon y Hardaker, 1980), con el fin de determinar la rentabilidad de la suplementación con Morera y concentrado. Los presupuestos parciales para cada suplemento, se basaron en el promedio de los costos variables por vaca por día que se afectaron como producto del suplemento ofrecido y su relación con el ingreso bruto. Todos los valores se transformaron a US\$ para una mejor comparación con otros resultados.

El costo de un kilogramo de MS de Morera puesto en el comedero se estimó adaptando los resultados de un análisis económico anterior (Rojas, 1992). En este análisis se toman en cuenta todos los costos de producción de la Morera (establecimiento, mantenimiento de la plantación y la picadora, fertilización, depreciación de la plantación de Morera y de la picadora, y la corta, picado y acarreo del follaje de la plantación a la picadora y de esta al comedero. Se incluye además el costo de oportunidad de la tierra). El costo del concentrado y de la melaza fué el de compra, más el transporte y suministro; el del pasto se adaptó del resultado obtenido por Corado (1991).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1 Experimento 1: Productividad de la Morera (*Morus* sp.) asociada con Poró (*Erythrina poeppigiana*).

#### 4.1.1. La Morera

En el Cuadro 21A se presentan los grados de libertad, cuadrados medios y significancia de las variables evaluadas, y en el 34A, los intervalos de confianza, respectivos.

##### 4.1.1.1. Contenido de materia seca de la Morera

El contenido de MS de los componentes de la Morera, no presentó diferencias significativas por efecto de los tratamientos, aunque sí las hubo entre cortes, debido a las variaciones de precipitación entre períodos y sobre todo, por la poca lluvia caída en los dos últimos meses del tercer período.

La hoja presentó en promedio 28,7% MS, superior al valor encontrado por Benavides *et al.* (1994) de 25,6%, pero similar al encontrado por Rodríguez *et al.* (1990) de 27,3%, aunque los valores para los dos primeros cortes fueron inferiores (Cuadro 2). El tallo tierno y leñoso presentaron igual tendencia que la hoja, con promedios de 30,9 y 46,9%, respectivamente; superiores al 27,2 y 39,6% encontrado por Benavides *et al.* (1994). En los Cuadros 1A y 2A se presentan los resultados para tallo tierno y leñoso, respectivamente.

Cuadro 2. Contenido de materia seca (%) de la hoja de Morera según cortes y nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.

Cortes	Testigo sin árboles	Nivel de follaje en el suelo			Promedio Corte
		0%	50%	100%	
1	21,6	23,8	25,0	25,9	24,2 <sup>b</sup>
2	27,6	25,0	24,9	23,7	25,3 <sup>b</sup>
3	37,5	37,6	36,9	35,2	36,7 <sup>a</sup>
Promedio	28,9	28,8	28,9	28,2	28,7

Valores con igual letra vertical no difieren significativamente según la prueba de Duncan ( $p < 0,05$ ).



#### 4.1.1.2. Proporción de componentes en la Morera

La proporción de biomasa comestible en la MS fué 37,8%, inferior a la encontrada por Benavides *et al.* (1994), quienes reportan valores entre 47,4 y 48,8%. Sin embargo, es mayor al 28,6% encontrado por Rodríguez *et al.* (1990), para Morera con 12 semanas de edad y fertilizada con 80 kg/ha/año de N en forma de urea (Cuadro 3). La proporción aumentó con los cortes sucesivos, con diferencias significativas entre ellos, posiblemente debido a la variación en la precipitación.

El comportamiento de la proporción del tallo leñoso fué inverso al de la biomasa comestible, pasando de 67,9 a 57,3% entre el primero el tercer corte (Cuadro 4). En el Cuadro 3A se muestra la proporción de hojas por efecto de los tratamientos.

Cuadro 3. Proporción (%) comestible de la materia seca de Morera según cortes y nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.

Cortes	Testigo sin árboles	Nivel de follaje en el suelo			Promedio Corte
		0%	50%	100%	
1	30,7	32,4	31,3	33,6	32,1 <sup>c</sup>
2	39,3	39,5	38,0	38,4	38,7 <sup>b</sup>
3	42,4	44,4	41,8	42,0	42,7 <sup>a</sup>
Promedio	37,5	38,7	37,0	38,0	37,8

Valores con igual letra vertical no difieren significativamente según la prueba de Duncan ( $p < 0,05$ ).

Cuadro 4. Proporción (%) de tallo leñoso en la materia seca de Morera según cortes y nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.

Cortes	Testigo sin árboles	Nivel de follaje en el suelo			Promedio corte
		0%	50%	100%	
1	69,3	67,6	68,7	66,4	67,9 <sup>a</sup>
2	60,7	60,6	62,0	61,6	61,3 <sup>b</sup>
3	57,6	55,6	58,2	58,0	57,3 <sup>c</sup>
Promedio	62,5	61,3	63,0	62,0	62,2

Valores con igual letra vertical no difieren significativamente según la prueba de Duncan ( $p < 0,05$ ).

#### 4.1.1.3. Contenido de proteína cruda de la Morera

Los valores de PC observados en hojas y biomasa comestible (Cuadros 5 y 6) son similares a los encontrados por Benavides *et al.* (1994), con 480 kg de N/ha/año y mayores al 15,8% encontrado por Rodríguez *et al.* (1990), en hojas de Morera de 12 semanas, fertilizada con 80 kg N/ha/año. La PC en la biomasa comestible presentó valores similares a los de un buen concentrado comercial. El contenido de PC en el tallo tierno y tallo leñoso se presentan en los Cuadros 4A y 5A, respectivamente.

Cuadro 5. Contenido de proteína cruda (%) de la hoja de Morera según cortes y nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.

Cortes	Testigo sin árboles	Nivel de follaje en el suelo			Promedio corte
		0%	50%	100%	
1	18,3	21,4	20,4	20,9	20,3
2	18,9	20,1	20,3	19,3	19,7
3	17,2	17,7	17,4	17,8	17,5
Promedio	18,1	19,7	19,4	19,3	19,1

Cuadro 6. Contenido de proteína cruda (%) de la biomasa comestible de la Morera según cortes y nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.

Cortes	Testigo sin árboles	Nivel de follaje en el suelo			Promedio corte
		0%	50%	100%	
1	17,9	20,9	19,9	20,4	19,8
2	18,4	19,2	19,5	18,4	18,8
3	17,0	17,5	17,2	17,5	17,3
Promedio	17,7	19,2	18,9	18,7	18,6

#### 4.1.1.4. Digestibilidad *in vitro* de la materia seca de la Morera

La DIVMS de la hoja, tallo tierno y biomasa comestible fué prácticamente constante entre cortes y tratamientos (Cuadros 7 y 8). La hoja mostró valores superiores al 70,0 y 77,1% encontrado por Rojas y Benavides (1994) y Benavides *et al.* (1994), respectivamente y menores que los 91,3 y 93,0% reportados por

Velásquez *et al.* (1994), y Rodríguez *et al.* (1990), con Morera de 10 y 12 semanas de edad, respectivamente.

La DIVMS del tallo tierno fué superior al 50,9 y 55,8% encontrado por Rodríguez *et al.* (1990) y Benavides *et al.* (1994) respectivamente; mientras que la DIVMS de la biomasa comestible varió entre 79,5 y 82,2%.

Cuadro 7. Digestibilidad *in vitro* de la materia seca (%) de las fracciones comestibles de Morera por efecto del nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.

Fracción	Testigo sin árboles	Nivel de follaje en el suelo			Promedio corte
		0%	50%	100%	
Hoja	82,3	81,7	81,6	81,4	81,8
Tallo tierno	60,6	60,6	60,7	60,6	60,6
Comestible	81,5	80,8	80,8	80,8	81,0

Cuadro 8. Digestibilidad *in vitro* (%) de la materia seca comestible de la Morera según cortes y nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.

Cortes	Testigo sin árboles	Nivel de follaje en el suelo			Promedio corte
		0%	50%	100%	
1	82,2	80,7	80,7	81,6	81,3
2	81,0	78,0	80,6	79,5	80,3
3	81,3	81,6	81,0	81,2	81,3
Promedio	81,5	80,8	80,8	80,8	81,0

#### 4.1.1.5. Contenido de minerales en la Morera

El contenido de minerales que presenta la hoja de Morera (Cuadro 9) es similar al de la Alfalfa (*Medicago sativa*) que presenta 3,1; 0,24; 2,48; 1,37 y 0,31% de N, P, K, Ca y Mg, respectivamente (NRC, 1988); y superior al de las gramíneas tropicales más productivas, como el pasto Napier (*Pennisetum purpureum*), Pangola (*Digitaria decumbens*) y Estrella o Bermuda (*Cynodon dactylon*) que presentan 1,14; 0,30; 1,31; 0,35; 0,26%; 1,14; 0,23; 1,40; 0,46 y 0,15% y 1,92; 0,20; 1,70; 0,32 y 0,16, respectivamente (NRC, 1988).

El Cuadro 10 muestra el contenido de minerales de la biomasa total de Morera, donde se puede observar que el N, Ca y K alcanzan altos niveles y por ende están sujetos a ser los más extraídos.

Cuadro 9. Contenido de minerales (%) de la hoja de la Morera por efecto del nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.

Mineral	Testigo sin árboles	Nivel de follaje en el suelo			Promedio
		0%	50%	100%	
N	2,90	3,16	3,10	3,09	3,06
P	0,22	0,22	0,22	0,23	0,22
K	1,51	1,37	1,35	1,71	1,49
Ca	1,64	1,82	1,74	1,77	1,74
Mg	0,42	0,44	0,41	0,38	0,41

Cuadro 10. Contenido de minerales (%) de la Morera por efecto del nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.

Mineral	Testigo sin árboles	Nivel de follaje en el suelo			Promedio
		0%	50%	100%	
N	1,42	1,55	1,51	1,50	1,49
P	0,14	0,13	0,13	0,14	0,13
K	0,81	0,74	0,71	0,93	0,80
Ca	0,89	0,96	0,94	0,95	0,94
Mg	0,21	0,23	0,22	0,20	0,22

#### 4.1.1.6. Producción de materia seca de Morera

El Cuadro 11 muestra la producción total de MS según tratamiento y corte, presentándose solo diferencias significativas entre los cortes ( $p < 0,01$ ). La producción promedio fue de 18,9 tm/ha/año, similar a las 19,9 tm/ha/año encontrado por Benavides *et al.* (1994), pero en Morera en monocultivo y sin fertilización. La reducción del rendimiento en el tercer corte se debió principalmente a la poca precipitación en los meses de enero (96 mm) y febrero (32 mm) de 1994, y al exceso de lluvia durante el mes de diciembre de 1993 (517 mm), al compararlo con el promedio acumulado (310 mm) de 53 años (Figura 1A).

Aunque no hubo diferencias significativas entre tratamientos, se observó un aumento de la producción de biomasa a medida que se depositó más follaje de Poró en el suelo. Sólo la producción de MS total de Morera (Y), con respecto a los niveles de N (X) aportados por el Poró, presentó un efecto logarítmico significativo:  $Y = 3657,9 - 755,9 \ln X$ ;  $r^2 = 0,999$ ; ( $p < 0,05$ ). La producción del testigo sin árboles fué mayor que la de los tratamientos asociados con 0 y 50% de depósito de follaje de Poró y similar al del 100% (Cuadro 11).

Cuadro 11. Producción de materia seca total de la Morera según cortes y nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.

Cortes kg/ha	Testigo sin árboles	Nivel de follaje en el suelo			Promedio corte
		0%	50%	100%	
1	8606	7705	8208	8132	8133 <sup>a</sup>
2	6754	6158	6390	6681	6478 <sup>b</sup>
3	4317	3728	4122	4588	4180 <sup>c</sup>
Promedio	6559	5864	6240	6467	6283
Total	19677	17591	18720	19401	18848

Valores con igual letra vertical no difieren significativamente según la prueba de Duncan ( $p < 0,05$ ).

Posibles explicaciones al resultado obtenido son: el corto período de evaluación (1 año), que no fué suficiente para modificar la fertilidad inicial del suelo y el aporte de nitrógeno contenido en los nódulos del Poró eliminado en el testigo durante el corte de estandarización, que permitió a la Morera crecer sin competencia y con mayor disponibilidad relativa de este elemento. Señala Budowski (1980) que los nódulos aportan buena cantidad de nitrógeno, encontrando en un sistema agroforestal Poró-cacao con 280 árboles/ha estos aportaron 57 kg de N/ha. De todas formas, el factor más determinante fué la poca cantidad de nitrógeno aportado por el Poró (0, 42 y 97 kg/ha/año), para los tratamientos con 0, 50 y 100% de follaje depositado, respectivamente.

La tendencia en los rendimientos de MS de hoja, tallo tierno, tallo leñoso y biomasa comestible fué similar al de la MS total, no observandose diferencias significativas entre tratamientos. No se presentó interacción tratamiento x corte para ninguna de las variables. En el Cuadro 12 se presentan los resultados de la producción anual por tratamiento y por componente. La producción promedio de

MS comestible fué de 6,9 tm/ha/año, inferior a las 9,6 tm/ha/año obtenidas por Benavides *et al.* (1994), para Morera en monocultivo no fertilizada. La producción de hojas sin embargo, fué superior a la reportada por Tikader *et al.* (1993), quién obtuvo 4,6 y 5,0 tm MS/ha/año de hojas, distanciamientos de 60 x 60 cm y 60 x 40 cm, respectivamente. También fué superior a las 22,9 tm de materia verde de hojas (5,7 tm MS), obtenidas por Ahmad (1986), con Morera fertilizada con 300 kg/ha/año de N en forma de urea y a la reportada por Rodríguez *et al.* (1990), de 5,6 tm MS/ha/año, con cortes cada 12 semanas y fertilizada con 80 kg N/ha/año.

Cuadro 12. Producción de materia seca de los componentes de la biomasa de Morera por efecto del nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.

Fracción kg/ha/año	Testigo sin árboles	Nivel de follaje en el suelo			Promedio
		0%	50%	100%	
Hoja	6837	6291	6429	6834	6596
Tallo tierno	285	285	291	396	314
Tallo leñoso	12555	11016	12003	12174	11937
Comestible	7119	6576	6720	7227	6911
Total	19674	17592	18723	19401	18848

El Cuadro 13 resume la producción de MS digestible por componente, tratamiento y año, cuyo comportamiento está relacionado con la MS total de cada componente y sus respectivos niveles de DIVMS. No hubo diferencias significativas entre los tratamientos para estas variables, aunque se observó un incremento en la producción, al aumentar el nivel de Poró en el suelo.

Cuadro 13. Producción de materia seca digestible de los componentes de la Morera según nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.

Fracción kg/ha/año	Testigo sin árboles	Nivel de follaje en el suelo			Promedio
		0%	50%	100%	
Hoja	5633	5134	5246	5595	5402
Tallo tierno	171	171	178	240	190
Comestible	5804	5305	5424	5835	5592

#### 4.1.1.7. Producción de proteína cruda por la Morera

La producción promedio de PC fué de 1,3 tm/ha/año (Cuadro 14), inferior a las 1,8 tm/ha/año obtenidas por Benavides *et al.* (1994). No hubo diferencias significativas entre tratamientos para esta variable y aunque el efecto lineal del depósito de Poró en el suelo, no resultó significativo, se observó un incremento en la producción al aumentar el follaje de Poró en el suelo.

#### 4.1.1.8. Exportación de nitrógeno y otros minerales por la Morera

No hubo diferencias significativas entre tratamientos, para la extracción y exportación de minerales por la Morera, aunque sí se presentaron diferencias entre cortes, siguiendo el mismo comportamiento de la producción de MS.

Cuadro 14. Producción de proteína cruda de los componentes de la Morera según nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.

Fracción kg/ha/año	Testigo sin árboles	Nivel de follaje en el suelo			Promedio
		0%	50%	100%	
Hoja	1246	1256	1258	1333	1273
Tallo tierno	23	22	24	31	25
Comestible	1269	1278	1282	1364	1298

La exportación de N en todos los tratamientos fué superior a la cantidad incorporada al sistema por la biomasa de Poró (Cuadro 15), como se discute más adelante (Cuadros 31 y 34). Esto también contribuye a explicar los menores rendimientos de MS con respecto a los reportados por Benavides *et al.* (1994). En los tratamientos con 0, 50 y 100% de depósito de Poró, el déficit de N fué de 252, 179 y 92 kg/ha/año, respectivamente, equivalentes al 68,2 y 33,9% del N exportado en los dos últimos tratamientos. En promedio, el N exportado por la Morera fué similar al exportado por el King-grass y reportado por Libreros (1990). La exportación disminuyó entre cortes, lógicamente debido a la reducción de MS.

El Ca y el K fueron los minerales más exportados después del N (Cuadro 16). En ningún caso hubo suficiente aporte de nutrientes para cubrir las exportaciones y solamente se cubrió el 26 y 51% de P; 21,3 y 33,4% de K; 11,4 y 22,4% de Ca;



16,4 y 36,2% de Mg, para el 50 y 100% de depósito de Poró, respectivamente. La exportación de P y K presentó diferencias significativas entre los tratamientos al aumentar el follaje depositado, debido al mayor contenido de estos nutrientes y a la mayor producción de MS del tratamiento con 100% de depósito de follaje. Igual sucedió con el testigo por su mayor producción de MS.

**Cuadro 15.** Nitrogeno exportado con la biomasa de Morera según cortes y nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.

Cortes kg/ha/año	Testigo sin árboles	Nivel de follaje en el suelo			Promedio corte
		0%	50%	100%	
1	102	108	111	114	109 <sup>a</sup>
2	93	88	93	92	92 <sup>b</sup>
3	61	56	59	66	60 <sup>c</sup>
Total	255	252	263	271	261

Valores con igual letra vertical no difieren significativamente según la prueba de Duncan ( $p < 0,05$ ).

**Cuadro 16.** Minerales exportados con la biomasa total de Morera por efecto del nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.

Mineral kg/ha/año	Testigo sin árboles	Nivel de follaje en el suelo			Promedio
		0%	50%	100%	
N	255	252	263	271	261
P	25 <sup>ab</sup>	21 <sup>b</sup>	23 <sup>ab</sup>	25 <sup>a</sup>	24
K	154 <sup>a</sup>	122 <sup>b</sup>	127 <sup>b</sup>	171 <sup>a</sup>	143
Ca	156	149	158	170	158
Mg	38	36	37	36	37

Valores con igual letra vertical no difieren significativamente según la prueba de Duncan ( $p < 0,05$ ).

#### 4.1.1.9. Análisis de suelo del sistema

El Cuadro 17 muestra las características químicas del suelo, antes y después del experimento. No se presentaron diferencias significativas entre variables por efecto de los tratamientos después de un año de instalado el experimento. Este resultado es similar al encontrado en cultivos en callejones y asociaciones de Poró con pasto King-grass, en los que se concluyó que un año es un período de tiempo

muy corto para observar cambios significativos en la composición del suelo (Kass, 1989; Libreros, 1990; Oviedo, 1994; Rodríguez, 1985; Sánchez, 1989)

Cuadro 17. Características químicas del suelo en la asociación de Poró con Morera por efecto del nivel de follaje aplicado al suelo.

Variable <sup>1</sup>	Testigo sin árboles	Nivel de follaje en el suelo			Promedio
		0%	50%	100%	
<b>pH agua</b>					
Antes	4,60	4,50	4,50	4,70	4,60
Después	5,10	5,10	5,08	5,18	5,11
<b>MO (%)</b>					
Antes	7,12	7,12	7,76	7,58	7,39
Después	6,82	7,00	7,86	7,45	7,28
<b>N (%)</b>					
Antes	0,34	0,34	0,37	0,36	0,35
Después	0,33	0,34	0,37	0,36	0,35
<b>P (g/kg)</b>					
Antes	9,00	8,78	8,65	8,58	8,75
Después	11,47	8,60	9,88	9,33	9,82
<b>K (cmol/kg)</b>					
Antes	0,17	0,14	0,13	0,14	0,15
Después	0,13	0,10	0,11	0,17	0,13
<b>Ca (cmol/kg)</b>					
Antes	4,66	3,46	3,91	5,19	4,30
Después	4,38	4,02	3,98	4,48	4,22
<b>Mg (cmol/kg)</b>					
Antes	1,53	1,11	1,22	1,77	1,41
Después	1,41	1,21	1,15	1,51	1,32

1/ Datos de suelo entre 0 y 10 cm de profundidad.

El pH se encuentra dentro del rango de suelos ácidos presentando valores promedios entre 4,6 y 5,1, antes y después, respectivamente. El contenido de materia orgánica es alto, con valores promedio de 7,4 antes y 7,3% después. El N, en promedio, se mantuvo sin variación con 0,35%.

#### 4.1.2. El Poró

##### 4.1.2.1. Contenido de materia seca del Poró

El contenido de MS de la hoja del Poró se encuentra dentro de los rangos normales para la especie, presentando incrementos significativos entre tratamientos posiblemente por la mayor cantidad de N disponible al aumentar el follaje depositado (Cuadro 18). Al igual que la Morera, se presentaron diferencias entre cortes, aunque en este análisis se incluyó como primer corte del Poró, al corte de nivelación o uniformización. Las diferencias encontradas entre cortes se deben principalmente a que el Poró cortado en marzo tenía 5,5 meses de rebrote y los otros dos cortes solo cuatro meses.

Cuadro 18. Contenido de materia seca de la hoja de Poró asociado con Morera por efecto del corte y el nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.

Corte	Nivel de follaje en el suelo			Promedio <sup>1</sup> corte
	0%	50%	100%	
Nivelación	24,9	26,2	28,3	26,5 <sup>a</sup>
1	20,9	22,6	20,8	21,4 <sup>b</sup>
2	22,3	21,0	24,8	22,7 <sup>b</sup>
Promedio <sup>2</sup>	22,7 <sup>b</sup>	23,3 <sup>ab</sup>	24,6 <sup>a</sup>	23,5

1/ Valores con igual letra vertical no difieren significativamente según prueba de Duncan ( $p < 0,05$ ).

2/ Valores con igual letra horizontal no difieren significativamente según Duncan ( $p < 0,05$ ).

En los Cuadros 6A y 7A se muestra el contenido de MS para el tallo tierno y tallo leñoso, respectivamente; no observándose diferencias significativas entre tratamientos y manteniéndose la diferencia entre cortes.

##### 4.1.2.2. Proporción de componentes en la materia seca del Poró

No hubo diferencias entre tratamientos para la proporción de biomasa comestible, pero entre cortes esta proporción aumentó significativamente pasando de 40,8% en el primer corte a 69,4% en el tercero (Cuadro 19). Esto posiblemente está relacionado con una reducción del crecimiento del Poró, lo cual implica tallos leñosos más pequeños y por ende menos proporción en la biomasa.

**Cuadro 19.** Proporción de biomasa comestible<sup>1</sup> del Poró asociado con Morera por efecto del corte y el nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.

Corte	Nivel de follaje en el suelo			Promedio <sup>2</sup> corte
	0%	50%	100%	
Nivelación	42,4	40,0	39,9	40,8 <sup>c</sup>
1	60,7	59,7	62,7	61,0 <sup>b</sup>
2	71,6	68,7	68,1	69,4 <sup>a</sup>
Promedio	58,2	56,1	56,9	57,0

1/ Como porcentaje de la materia seca

2/ Valores con igual letra vertical no difieren significativamente según prueba de Duncan ( $p < 0,05$ ).

En los Cuadros 8A, 9A y 10A se presenta las proporción de hojas, tallo tierno y tallo leñoso en la MS, respectivamente, y en ningún componente hubo diferencias significativas entre tratamientos. Las proporciones encontradas están dentro del rango normal para la especie y confirma lo señalado por Benavides (1983; 1991) de que en el Poró y otros árboles forrajeros a medida que aumenta la edad del rebrote, baja la proporción de biomasa comestible (hojas y tallo tierno) en la materia seca y aumenta la proporción de tallo leñoso.

#### 4.1.2.3. Contenido de proteína cruda del Poró

El contenido de PC encontrada para los diferentes componentes, esta dentro dentro del rango normal para la especie, reportada por varios autores (Abarca, 1989; Alagón, 1990; Benavides, 1983; 1991; 1993; Kass, 1989; Libreros, 1990; Rodríguez, 1985; Russo, 1983), siendo mínima la variación entre tratamientos y cortes. En el Cuadro 20 se presentan los resultados para la hoja y en el Cuadro 11A para el tallo tierno. No hubo diferencias significativas entre tratamientos para esta variable.

#### 4.1.2.4. Digestibilidad *in vitro* de la materia seca del Poró

No hubo diferencias significativas entre tratamientos para la DIVMS de la biomasa comestible de Poró (Cuadro 21) y los valores están dentro del rango normal para la especie (Abarca, 1989; Alagón, 1990; Benavides, 1983; 1991; 1993; Kass, 1989; Libreros, 1990; Rodríguez, 1985; Russo, 1983). En los Cuadros 12A y 13A se presentan los resultados para el tallo tierno y la hoja, respectivamente.L

Cuadro 20. Contenido de proteína cruda (%) de la hoja del Poró asociado con Morera por efecto del nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.

Corte	Nivel de follaje en el suelo			Promedio corte
	0%	50%	100%	
Nivelación	28,9	30,7	31,4	30,3
1	31,6	30,5	29,3	30,5
2	32,7	32,3	31,0	32,0
Promedio	31,1	31,2	30,6	30,9

Cuadro 21. Digestibilidad *in vitro* de la materia seca (%) comestible del Poró asociado con Morera por efecto del corte y el nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.

Corte	Nivel de follaje en el suelo			Promedio Corte
	0%	50%	100%	
Nivelación	55,3	55,5	51,6	54,1
1	53,9	56,2	56,0	55,4
2	57,8	60,6	59,8	59,4
Promedio	55,7	57,4	55,8	56,3

#### 4.1.2.5. Producción de materia seca por el Poró

La MS producida por el Poró no presentó diferencias significativas entre tratamientos, para ninguno de los componentes (hoja, tallo tierno y tallo leñoso), ni para la biomasa total. Las diferencias estadísticas se presentaron solo entre los cortes, tal como fué observado por Libreros (1990) y Rodríguez (1985) (Cuadro 22 y 23). La baja producción total del Poró se debió en parte a la baja densidad de árboles usada (Libreros, 1990; Nygren, 1990; Rodríguez, 1985; Sánchez, 1989).

La diferencia observada entre el segundo y el tercer corte puede explicarse en parte por el patrón de las lluvias; sin embargo, la principal causa de la reducción pudo ser el debilitamiento del sistema radicular del Poró, que al no estar totalmente desarrollados no cuentan con suficientes reservas para un rebrote vigoroso.

Cuadro 22. Materia seca total de Poró depositada, exportada y extraída según cortes y nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.

Corte kg/ha		Nivel de follaje en el suelo			Promedio corte
		0%	50%	100%	
Nivelación	Depositada	0	1600	3561	3014 <sup>a</sup>
	Exportada	2281	1600	0	
	Extraída	2281	3201	3561	
1	Depositada	0	831	1559	1578 <sup>b</sup>
	Exportada	1511	831	0	
	Extraída	1511	1663	1559	
2	Depositada	0	427	923	862 <sup>c</sup>
	Exportada	807	427	0	
	Extraída	807	854	923	
Por año	Depositada	0	2859	6043	5453
	Exportada	4599	2859	0	
	Extraída	4599	5718	6043	

Valores con igual letra vertical no difieren significativamente según prueba de Duncan ( $p < 0,05$ ).

Cuadro 23. Materia seca de biomasa comestible de Poró depositada, exportada y extraída según cortes y nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.

Corte kg/ha		Nivel de follaje en el suelo			Promedio corte
		0%	50%	100%	
Nivelación	Depositada	0	649	1426	1229 <sup>a</sup>
	Exportada	961	649	0	
	Extraída	961	1299	1426	
1	Depositada	0	495	968	957 <sup>b</sup>
	Exportada	915	495	0	
	Extraída	915	990	968	
2	Depositada	0	296	633	602 <sup>c</sup>
	Exportada	580	296	0	
	Extraída	580	591	633	
Por año	Depositada	0	1440	3027	2788
	Exportada	2456	1440	0	
	Extraída	2456	2880	3027	

Valores con igual letra vertical no difieren significativamente según prueba de Duncan ( $p < 0,05$ ).

Es importante resaltar que la producción del corte de uniformización fué la mayor en todos los componentes y por ende aportó la mayor cantidad de nutrientes. Este corte significó el 55,3% de la producción y aporte total de biomasa y está relacionado con el hecho de que el Poró contaba con más de cinco meses de recuperación, mientras que en los otros cortes solo tenían 4 meses de rebrote.

La explicación técnica al comportamiento anterior la dan las investigaciones de Muthuchelian (1993); Nygren (1995); Nygren y Ramírez (1993), quienes encontraron que la asimilación de nitratos por árboles del género *Erythrina* esta correlacionado positivamente con la precipitación y humedad del suelo. Estos autores también señalan que los nódulos de las raíces de *Erythrina poeppigiana* desaparecen totalmente después de la poda y solo 10 semanas después comienza la renodulación, alcanzando el pico a los 4 meses o 17 semanas, para estabilizarse al valor normal a las 24 semanas. Encontraron además que la recuperación depende, hasta las 15 semanas, de las reservas de carbono y que estas se recuperan lentamente, ya que la energía fotosintetizada después de las 15 semanas es utilizada para la producción de follaje al igual que el nitrógeno fijado.

Por lo expuesto en el párrafo anterior, para que en cortes sucesivos se de una recuperación normal de las reservas de carbono que permita un rebrote vigoroso, serían necesarios intervalos de corte de cuatro meses o más. Este período es el mínimo para evitar la mortalidad, pero no para obtener la máxima producción, la que sería posible con podas cada cinco a siete meses (para sistemas agroforestales). Russo (1983), en un sistema asociado Café-Poró, encontró mayor producción de biomasa total y nutrientes por año por el Poró, con podas anuales cuando comparó podas semestrales con anuales. Sin embargo, en sistemas agroforestales se dificulta el uso de podas anuales porque aumentaría la competencia por luz con los cultivos asociados, afectando negativamente su producción.

En este estudio el Poró presentó una reducción altamente significativa entre el corte de estandarización (5,5 meses de rebrote) y los cortes experimentales, pasando de 3014 kg/ha en el corte de nivelación, a 1578 y 862 kg/ha, en los cortes 1 y 2. El segundo corte solo representó el 28,6% de la producción del corte de nivelación. Para evitar la mortalidad de los árboles por debilitamiento se decidió no realizar el corte de Marzo de 1994, y permitirles recuperar las reservas.



En los Cuadros 14A y 15A, se presentan los resultados para MS de hojas y tallo leñoso, respectivamente, por tratamiento y corte. En los Cuadros 16A y 17A se muestran los resultados de MS digestible de hoja y biomasa comestible respectivamente; cuyo comportamiento fué similar al de MS total. Los valores que aparecen para la MS y nutrientes depositados y exportados por el tratamiento con 50% de nivel de follaje en el suelo, son la mitad de la producción total, aunque la aplicación real fué del 50% del follaje de los árboles de Poró.

#### 4.1.2.6. Contenido de minerales de la hoja del Poró

El contenido de minerales de la hoja del Poró (Cuadro 24) es normal para la especie según lo reportado en otros sistemas agroforestales (Libreros, 1990; Sánchez, 1989). En los Cuadros 18A y 20A se presentan los resultados para el tallo tierno y tallo leñoso respectivamente.

El nivel de minerales de la hoja del Poró es similar al de la Alfalfa, pero con las excepciones de un mayor contenido de N y un menor de Ca. Con relación a las gramíneas tropicales, el contenido de K es menor y el de N de cuatro a seis veces mayor (NRC, 1988).

Cuadro 24. Contenido de minerales (%) de la hoja del Poró plantado en asocio con Morera por efecto del nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.

Mineral	Nivel de follaje en el suelo			Promedio
	0%	50%	100%	
N	4,97	4,99	4,89	4,95
P	0,30	0,31	0,29	0,30
K	1,37	1,38	1,38	1,38
Ca	0,95	1,00	0,97	0,97
Mg	0,29	0,28	0,26	0,28

#### 4.1.2.7. Extracción, exportación y depósito de minerales.

En los Cuadros 25, 26, 27, 28 y 29 se presentan los resultados sobre la extracción, depósito y exportación de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio por el Poró, respectivamente.

Cuadro 25. Nitrógeno depositado, exportado y extraído por el Poró asociado con Morera según cortes y nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.

Corte kg/ha		Nivel de follaje en el suelo			Promedio corte
		0%	50%	100%	
Nivelación	Depositado	0,0	41,7	97,1	
	Exportado	57,0	41,7	0,0	
	Extraído	57,0	83,3	97,1	79,2 <sup>a</sup>
1	Depositado	0,0	26,9	50,8	
	Exportado	49,3	26,9	0,0	
	Extraído	49,3	53,7	50,8	51,3 <sup>b</sup>
2	Depositado	0,0	15,2	31,3	
	Exportado	29,7	15,2	0,0	
	Extraído	29,7	30,3	31,3	30,4 <sup>c</sup>
Por año	Depositado	0,0	83,7	179,2	
	Exportado	136,0	83,7	0,0	
	Extraído	136,0	167,3	179,2	160,8

Valores con igual letra vertical no difieren significativamente según prueba de Duncan ( $p < 0,05$ ).

Cuadro 26. Fósforo depositado, exportado y extraído por el Poró asociado con Morera según cortes y nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.

Corte kg/ha		Nivel de follaje en el suelo			Promedio corte
		0%	50%	100%	
Nivelación	Depositado	0,0	3,2	7,0	
	Exportado	4,6	3,2	0,0	
	Extraído	4,6	6,3	7,0	6,0 <sup>a</sup>
1	Depositado	0,0	1,8	3,4	
	Exportado	3,1	1,8	0,0	
	Extraído	3,1	3,6	3,4	3,4 <sup>b</sup>
2	Depositado	0,0	1,1	2,2	
	Exportado	2,2	1,1	0,0	
	Extraído	2,2	2,3	2,2	2,2 <sup>c</sup>
Por año	Depositado	0,0	6,1	12,6	
	Exportado	9,9	6,1	0,0	
	Extraído	9,9	12,2	12,6	11,6

/ Valores con igual letra vertical no difieren significativamente según prueba de Duncan ( $P < 0,05$ ).

Cuadro 27. Potasio depositado, exportado y extraído por el Poró asociado con Morera según cortes y nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.

Corte kg/ha		Nivel de follaje en el suelo			Promedio corte
		0%	50%	100%	
Nivelación	Depositado	0,0	11,8	27,8	
	Exportado	18,4	11,8	0,0	
	Extraído	18,4	23,5	27,8	23,2 <sup>a</sup>
1	Depositado	0,0	10,2	17,7	
	Exportado	15,2	10,2	0,0	
	Extraído	15,2	20,3	17,7	17,8 <sup>b</sup>
2	Depositado	0,0	5,1	11,5	
	Exportado	9,8	5,1	0,0	
	Extraído	9,8	10,1	11,5	10,5 <sup>c</sup>
Por año	Depositado	0,0	27,0	57,0	
	Exportado	43,4	27,0	0,0	
	Extraído	43,4	53,9	57,0	51,4

Valores con igual letra vertical no difieren significativamente según prueba de Duncan ( $p < 0,05$ ).

Cuadro 28. Calcio depositado, exportado y extraído por el Poró asociado con Morera según cortes y nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.

Corte kg/ha		Nivel de follaje en el suelo			Promedio corte
		0%	50%	100%	
Nivelación	Depositado	0,0	9,6	21,4	
	Exportado	12,8	9,6	0,0	
	Extraído	12,8	19,3	21,4	17,8 <sup>a</sup>
1	Depositado	0,0	6,1	11,9	
	Exportado	12,1	6,1	0,0	
	Extraído	12,1	12,2	11,9	12,1 <sup>b</sup>
2	Depositado	0,0	2,4	5,0	
	Exportado	4,4	2,4	0,0	
	Extraído	4,4	4,8	5,0	4,7 <sup>c</sup>
Por año	Depositado	0,0	18,2	38,3	
	Exportado	29,3	18,2	0,0	
	Extraído	29,3	36,3	38,3	34,6

Valores con igual letra vertical no difieren significativamente según prueba de Duncan ( $p < 0,05$ ).

Cuadro 29. Magnesio depositado, exportado y extraído por el Poró asociado con Morera según cortes y nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.

Corte kg/ha		Nivel de follaje en el suelo			Promedio corte
		0%	50%	100%	
Nivelación	Depositado	0,0	3,6	7,4	6,7 <sup>a</sup>
	Exportado	5,4	3,6	0,0	
	Extraído	5,4	7,2	7,4	
1	Depositado	0,0	1,6	3,4	3,3 <sup>b</sup>
	Exportado	3,3	1,6	0,0	
	Extraído	3,3	3,2	3,4	
2	Depositado	0,0	1,0	1,8	1,8 <sup>c</sup>
	Exportado	1,7	1,0	0,0	
	Extraído	1,7	1,9	1,8	
Por año	Depositado	0,0	6,2	12,6	11,8
	Exportado	10,4	6,2	0,0	
	Extraído	10,4	12,3	12,6	

Valores con igual letra vertical no difieren significativamente según prueba de Duncan ( $p < 0,05$ ).

Se observa que el nitrógeno extraído en el corte de nivelación, representa el 49,3% de la producción total, y que la de P, K, Ca y Mg representaron el 51,7; 45,1; 51,4 y 56,8%, respectivamente. La extracción de minerales fué baja en relación a otros experimentos (Libreros, 1990; Rodríguez, 1985), por la menor producción de MS observada en este trabajo.

#### 4.1.3. El sistema Poró-Morera

##### 4.1.3.1. Producción de materia seca por el sistema Poró-Morera

La producción total de MS por la asociación, no presentó diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 30), aunque se observó un leve aumento en la producción a medida que se depositó más biomasa de Poró. Como ya se dijo anteriormente en el acápite del Poró, la producción de este fué muy baja, aún para la densidad usada, lo que influyó en los resultados obtenidos.

**Cuadro 30. Producción de materia seca total de la asociación Morera - Poró según cortes y nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.**

Cortes kg/ha	Testigo sin árboles	Nivel de follaje en el suelo			Promedio corte
		0%	50%	100%	
1	8722	9215	9871	9691	9375 <sup>a</sup>
2	6704	6966	7244	7604	7129 <sup>b</sup>
3	4386	3728	4222	4588	4206 <sup>c</sup>
Total	19812	19812	21237	21882	20709

Valores con igual letra vertical no difieren significativamente según la prueba de Duncan ( $p < 0,05$ ).

Si bien es cierto que no se mejoró la producción de la Morera y del sistema por la adición de follaje al suelo, también es cierto que no se presentó competencia entre los árboles de Poró y la Morera, según los resultados obtenidos. Lo anterior indica que podría mejorarse la producción del Poró aumentando la densidad y efectuando podas más espaciadas (cada 6 meses) al inicio del establecimiento, y con ello obtener una mejor respuesta de la Morera y mayor productividad del sistema.

El Cuadro 23A presenta los cuadrados medios y sus significancias, así como los coeficientes de variación para las variables evaluadas. Existe una pequeña diferencia entre los valores de los Cuadros de la Morera y del Poró, con la suma en el sistema asociado, debidas a que en este último se realizó el análisis estadístico con los valores predichos para la parcela perdida, lo que no influyó en la significancia de los tratamientos.

La producción del sistema, resulta de la suma de los valores del Poró y la Morera del primer y segundo corte, más la producción de la Morera del tercer corte, debido a que el Poró no se podó por su baja productividad.

La producción, exportación y depósito de materia seca total por corte y tratamiento, se presenta en el Cuadro 31. No se consideró la MS extraída por el Poró en el primer corte, pues como se explicó, esta no dependió de los tratamientos. Sí se consideró en la materia seca depositada. Se observa que solo se presentaron diferencias significativas entre cortes; y aunque la producción aumentó a medida que se incrementó el nivel de Poró en el suelo, no existió efecto lineal significativo.



**Cuadro 31. Materia seca extraída, exportada y depositada de la asociación Poró - Morera por efecto del nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.**

Cortes kg/ha/año		Testigo sin árboles	Nivel de follaje en el suelo			Prom. corte
			0%	50%	100%	
1	Extraída	8722	9215	9871	9691	9375 <sup>a</sup>
	Exportada	8722	9215	9040	8132	
	Depositada	0	0	831	1559	
2	Extraída	6704	6966	6390	6681	7129 <sup>b</sup>
	Exportada	6704	6966	6390	6681	
	Depositada	0	0	854	923	
3	Extraída	4386	3728	4222	4588	4206 <sup>c</sup>
	Exportada	4386	3728	4222	4588	
	Depositada	0	0	0	0	
Por año	Extraída	19830	19909	21337	21883	20740
	Exportada	19830	19909	19652	19401	
	Depositada	0	0	1685	2482	

Valores con igual letra vertical no difieren significativamente según la prueba de Duncan ( $p < 0,05$ ).

La producción de materia seca comestible del sistema Poró-Morera presentó diferencias significativas entre el testigo sin árboles y los tratamientos con 50 y 100% de depósito del follaje del Poró podado. Estas diferencias se debieron a la suma de la producción del árbol en las parcelas asociadas. Sin embargo, la materia seca comestible exportada no presentó diferencias porque la producción fué depositada en los tratamientos 50 y 100%. Los resultados se muestran en el Cuadro 32. En el Cuadro 19A se presentan los resultados para la producción de MS digestible total, que mostró un comportamiento similar al de la MS comestible, con diferencias entre cortes y entre el testigo y los tratamientos 50 y 100%.

#### 4.1.3.2. Producción de proteína cruda por el sistema Poró-Morera

El Cuadro 33 presenta la producción de proteína cruda en el sistema Poró-Morera, mostrando diferencias entre tratamientos, similares a las de la materia seca comestible por la relación que existe entre ambas variables.

El Cuadro 34 muestra el resultado de la extracción, exportación y depósito de minerales por el sistema Poró-Morera. Se nota que el déficit para todos los minerales es grande, al comparar lo adicionado con lo exportado del sistema. Lo

anterior indica que en el largo plazo y bajo estas condiciones, este sistema no es sostenible, porque corte tras corte disminuyen las reservas de nutrientes del suelo. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Libreros (1990) y Rodríguez (1985), en un sistema agroforestal King-grass-Poró. Por lo tanto para lograr una producción sostenible en el largo plazo, sería necesario devolver al sistema los minerales retirados, ya sea bajo la forma de estiércol o como fertilizante inorgánico. Otra alternativa es aumentar la cantidad de follaje de Poró en el suelo por dos vías: permitiendo un mayor período de establecimiento del Poró o incrementando la densidad de árboles por unidad de área.

Cuadro 32. Producción de materia seca comestible de la asociación Morera - Poró por efecto del corte y el nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.

Cortes kg/ha	Testigo sin árboles	Nivel de follaje en el suelo			Promedio corte <sup>1</sup>
		0%	50%	100%	
1	2679	3402	3562	3707	3337 <sup>a</sup>
2	2664	3007	3012	3204	2972 <sup>b</sup>
3	1831	1662	1725	1919	1784 <sup>c</sup>
Total <sup>2</sup>	7173 <sup>b</sup>	8070 <sup>ab</sup>	8301 <sup>a</sup>	8829 <sup>a</sup>	8094

1/ Valores con igual letra vertical no difieren significativamente según Duncan ( $p < 0,05$ ).

2/ Valores con igual letra horizontal no difieren significativamente según Duncan ( $p < 0,05$ ).

Cuadro 33. Producción de proteína cruda comestible de la asociación Morera - Poró por efecto del corte y el nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.

Cortes kg/ha	Testigo sin árboles	Nivel de follaje en el suelo			Promedio corte <sup>1</sup>
		0%	50%	100%	
1	485	804	810	836	734 <sup>a</sup>
2	486	640	648	653	607 <sup>b</sup>
3	311	291	297	335	309 <sup>c</sup>
Total <sup>2</sup>	1281 <sup>b</sup>	1734 <sup>a</sup>	1755 <sup>a</sup>	1824 <sup>a</sup>	1650

1/ Valores con igual letra vertical no difieren significativamente según Duncan ( $p < 0,05$ ).

2/ Valores con igual letra horizontal no difieren significativamente según Duncan ( $p < 0,05$ ).



**Cuadro 34. Minerales extraídos, exportados y depositados por la asociación Poró-Morera por efecto del corte y el nivel de follaje de Poró aplicado al suelo.**

Mineral kg/ha/año		Testigo sin árboles	Nivel de follaje en el suelo			Promedio
			0%	50%	100%	
N	Extraído	258	330	348	354	381
	Exportado	358	330	306	271	315
	Depositado	0	0	84	179	
P	Extraído	25	27	29	31	28
	Exportado	25	27	26	25	26
	Depositado	0	0	6	13	
K	Extraído	156	147	156	201	165
	Exportado	156	147	141	172	154
	Depositado	0	0	27	57	
Ca	Extraído	156	165	174	186	171
	Exportado	156	165	165	169	164
	Depositado	0	0	18	38	
Mg	Extraído	38	41	41	42	41
	Exportado	38	41	38	37	39
	Depositado	0	0	6	13	

#### 4.1.4. Producción de Morera y Poró en el segundo año

Con motivo de la reducción en la producción de MS total por la Morera y Poró en los cortes sucesivos durante el primer año, se decidió cambiar los tratamientos evaluados a partir del segundo año, aumentando a dos mil árboles/ha (2,5 x 2,0 m) la densidad del Poró en el sistema; y la cantidad de follaje depositado en el suelo de las parcelas asociadas equivalentes a 0, 150 y 300 kg de N/ha/año. En marzo de 1994 después del último corte, se plantaron las estacas de Poró y se aplicó el follaje en la cantidad correspondiente, a las parcelas que antes recibieron el 0, 50 y 100% del Poró producido. El follaje se importó de una parcela cercana al experimento. La frecuencia de poda se mantuvo en cuatro meses, pero sin podar los árboles plantados en marzo, para permitirles un buen establecimiento.

En los Cuadros 35 y 36 se presentan los resultados preliminares de la producción de MS de la Morera para los primeros ocho meses, correspondientes a

julio y noviembre de 1994, solo con fines ilustrativos. Se observa que la producción de Morera del primer corte fué superior al del último del primer año (Cuadro 11), aunque este aumento se debe también a un incremento en la precipitación. En el segundo corte la producción aumentó en los tratamientos asociados con aplicación de 150 y 300 kg N y disminuyó en el que no se aplicó follaje y en el testigo, lo que indica que se está presentando una respuesta favorable al aumentar la cantidad de follaje depositado, provocando una interacción corte x tratamiento altamente significativa ( $p < 0,004$ ) (Cuadro 33A). Se observó un incremento en la producción, con el aumento en la cantidad de N depositado como follaje de Poró, con un efecto lineal significativo ( $p < 0,013$ ), por contrastes ortogonales.

Cuadro 35. Producción de materia seca total de la Morera por efecto del corte y el nivel de follaje de Poró aplicado al suelo en el segundo año.

Cortes kg/ha	Testigo sin árboles	Nitrógeno depositado, kg/ha/año			Promedio corte
		0	150	300	
1	5779	4530	4638	4948	4920
2	4165	3484	4771	5658	4543
Total	9944 <sup>ab</sup>	8014 <sup>b</sup>	9409 <sup>b</sup>	10606 <sup>a</sup>	9463

Valores con igual letra horizontal no difieren significativamente según prueba de Duncan ( $p < 0,05$ ).

Cuadro 36. Producción de proteína y materia seca de los componentes de la Morera por efecto del nivel de follaje de Poró aplicado al suelo en el segundo año.

Fracción kg/ha	Testigo sin árboles	Nitrógeno depositado, kg/ha/año			Promedio
		0	150	300	
Hoja	1867 <sup>ab</sup>	1529 <sup>b</sup>	1797 <sup>ab</sup>	1999 <sup>a</sup>	1793
Comestible	1963 <sup>ab</sup>	1620 <sup>b</sup>	1925 <sup>ab</sup>	2191 <sup>a</sup>	1922
Digestible	1593 <sup>ab</sup>	1323 <sup>b</sup>	1555 <sup>ab</sup>	1726 <sup>a</sup>	1546
PC	344 <sup>ab</sup>	287 <sup>b</sup>	341 <sup>ab</sup>	393 <sup>a</sup>	341

Valores con igual letra horizontal no difieren significativamente según prueba de Duncan ( $p < 0,05$ ).

La producción de Poró (Cuadro 37) no mostró diferencias significativas entre tratamientos, pero mantuvo el comportamiento del primer año, con reducción significativa entre cortes. En este año los rebrotes del Poró en el primer corte tenían ocho meses y en el segundo solo cuatro.

Cuadro 37. Producción de materia seca total del Poró asociado con Morera por efecto del corte y el nivel de follaje de Poró aplicado al suelo en el segundo año.

Cortes kg/ha	N depositado, kg/ha/año			Promedio
	0	150	300	
1	2268	2625	2638	2510 <sup>a</sup>
2	844	975	1049	956 <sup>b</sup>
Promedio	1556	1880	1843	1733
Total	3112	3600	3687	3466

Valores con igual letra vertical no difieren significativamente según la prueba de Duncan ( $p < 0,05$ ).

Aunque los resultados preliminares del segundo año no muestran diferencias significativas entre el testigo y el asociado con depósito de follaje equivalente a 300 kg N/ha/año, se espera una mejor respuesta en los siguientes cortes, con el aumento en la producción del Poró al podar los árboles nuevos.

## 4.2. Experimento 2: Producción de vacas lecheras en pastoreo suplementadas con follaje de Morera (*Morus* sp.).

### 4.2.1. Calidad nutricional de los alimentos consumidos.

En el Cuadro 38 se muestran los contenidos de MS, DIVMS y la PC de los suplementos consumidos. La calidad del concentrado usado es buena y los fabricantes la recomiendan para "vacas lecheras de muy alta producción" a razón de 1 kg por cada 2,5 a 3,0 kg de leche producido. Se observa que el follaje de Morera presenta una composición similar a la del concentrado y a la reportada por otros autores (Rojas y Benavides, 1994; Velásquez *et al.*; 1994). El nivel de PC de la Morera es similar al de la Alfalfa (*Medicago sativa*) (19,4%). Sin embargo, la DIVMS es mayor que el 61% que presenta la Alfalfa (NRC, 1988).

La composición del pasto se muestra en el Cuadro 39, en el cual vemos que la calidad de la oferta total y de la simulación del pastoreo, para PC y DIVMS, está dentro de los valores reportados para esta especie por otros autores (González, 1992; Gutiérrez, 1974; Tobón, 1988). El pasto estrella representó en promedio el 63% de la MS disponible en los potreros.

Cuadro 38. Contenido (%) de materia seca, proteína cruda y digestibilidad *in vitro* de la materia seca del concentrado, la Morera y la melaza.

Alimento	MS <sup>1</sup> , %	DIVMS, %	PC, %
Concentrado	87,4	83,9	17,6
Morera	25,8	82,2	18,0
Melaza <sup>2</sup>	75,0	96,0	3,5

1/ MS a 105°C

2/ NRC (1978)

Cuadro 39. Composición promedio de la oferta y rechazo del pasto disponible y de muestras que simulan el pastoreo.

Componente	MS <sup>1</sup> , %	DIVMS, %	PC, %
Simulación de pastoreo	23,3	62,5	16,2
Oferta real de pasto	23,3	53,4	8,3
Rechazo real de pasto	29,1	48,4	6,3

1/ MS a 105°C

#### 4.2.2. Disponibilidad del pasto y consumo de alimentos

La disponibilidad de pasto en los potreros fué alta, con un promedio de 52,8 kg de MS/vaca/día (Cuadro 40), similar a la encontrada por Corado (1991) y debido a la baja carga animal (2,5 vacas de 340 kg/ha) usada. Lo anterior favoreció la selección de forraje y el consumo de MS de pasto (2,98% del PV), que fue mayor que el encontrado por otros autores (Corado, 1991; González, 1992). La mayor oferta de MS por vaca/día (menor presión de pastoreo), contribuyó a un bajo porcentaje de aprovechamiento del pasto disponible, que fué de solo el 10%.

Cuadro 40. Disponibilidad, presión de pastoreo y porcentaje de aprovechamiento del pasto en vacas suplementadas con Morera y concentrado.

Período	Disponibilidad de pasto kg MS/ha		Presión de pastoreo <sup>1</sup> kg MS/vaca/día	% de aprovechamiento
	Antes	Después		
2	12219	10590	50,9	13,3
3	7122	6644	59,4	6,7
Promedio	9671	8617	52,8	10,0

1/ En promedio pastorearon 61 vacas durante 3 días (183 vacas)

En el Cuadro 41 se muestra el consumo de MS como porcentaje del peso vivo, y en kg/vaca/día, para el pasto, el concentrado, la Morera y el total. Se encontraron diferencias significativas para el consumo de pasto y MS total, entre los tratamientos con suplemento y el pastoreo solo. En el tratamiento sin suplementación el consumo de MS de pasto fué superior al de los otros tratamientos, pero fue inferior en términos de consumo de MS total. Se observó un efecto sustitutivo del suplemento en el consumo de pasto y un efecto aditivo en el consumo de MS total.

No se presentaron diferencias significativas en el consumo de MS de pasto y MS total entre el concentrado y la Morera, a pesar que ésta última se ofreció en fresco. Esto indica que el consumo de Morera no afecta el consumo total de MS al compararlo con el concentrado bajo las condiciones del presente experimento. El consumo de MS total fué superior al encontrado por Corado, (1991), en vacas en pastoreo suplementadas con follaje de Poró y cuatro niveles de pulidura de arroz,



bajo las mismas condiciones; así como al reportado por González, (1992), para pasto Estrella solo y asociado con leguminosas.

Cuadro 41. Consumo de materia seca de pasto y de suplemento por vacas lactantes suplementadas con Morera y concentrado.

Tratamiento	Consumo de materia seca			Total
	Pasto	Morera	Concentrado	
	————— % del PV —————			
Pastoreo	2,98 <sup>a</sup>			2,98 <sup>b</sup>
Morera	2,75 <sup>b</sup>	1,01		3,76 <sup>a</sup>
Concentrado	2,73 <sup>b</sup>		1,03	3,76 <sup>a</sup>
	————— kg MS/vaca/día —————			
Pastoreo	10,10			10,10
Morera	9,46	3,47		12,93
Concentrado	9,31		3,51	12,82

Valores con igual letra vertical no difieren significativamente según la prueba de Duncan ( $p < 0,05$ ).

#### 4.2.3. Producción de leche

La producción de leche (corregida y sin corregir) no presentó diferencias significativas entre las suplementaciones con Morera y concentrado; pero estos tuvieron una producción significativamente más alta que la del pastoreo sin suplementación (Cuadro 42). Estos resultados superan los 8,4 y 10,5 kg/vaca/día encontrada por otros autores (Abarca, 1989; Alagón, 1990; Corado, 1991; González, 1992; Tobón, 1988), trabajando con animales y condiciones similares, pero utilizando otros suplementos (follaje de Poró) y/o asociaciones con leguminosas. La producción y composición de la leche por vaca y período, ajustada y sin ajustar se muestran en los Cuadros 27A y 28A, respectivamente.

#### 4.2.4. Composición química de la leche

No se presentaron diferencias significativas en el contenido de PC y sólidos totales entre tratamientos (Cuadro 43). El porcentaje de grasa fue significativamente menor en el tratamiento sin suplementación, en relación a los otros tratamientos que no presentaron diferencias entre si (Cuadro 43). Este

resultado puede ser debido a la mayor cantidad de energía disponible al suplementarse, pues el contenido de grasa pasó de 3,6 a 3,8 y 4,0 para el pasto, la Morera y el concentrado, respectivamente. Se podría pensar que la leche del pasto solo, debería tener mayor cantidad de grasa por un contenido mayor de fibra, pero en este caso el consumo de pasto representó el 73% del consumo de MS total en los tratamientos suplementados.

Cuadro 42. Producción de leche corregida y sin corregir de vacas en pastoreo suplementadas con Morera y concentrado.

Suplemento	Producción sin corregir	Producción corregida
	kg/vaca/día	
Sólo pastoreo	10,3 <sup>b</sup>	11,3 <sup>b</sup>
Morera <sup>1</sup>	12,1 <sup>a</sup>	13,2 <sup>a</sup>
Concentrado*	12,4 <sup>a</sup>	13,6 <sup>a</sup>

Valores con igual letra vertical no difieren significativamente según la prueba de Duncan ( $p < 0,05$ ).

1/ Equivalente a 1,0 kg de MS/100 kg de PV

Cuadro 43. Contenido (%) de proteína, grasa y sólidos totales de la leche de vacas suplementadas con hojas de Morera y con concentrado.

Suplemento	Proteína	Grasa	Sólidos totales
Valores corregidos			
Sólo pastoreo	3,3 <sup>a</sup>	3,6 <sup>b</sup>	12,3 <sup>a</sup>
Morera	3,5 <sup>a</sup>	3,8 <sup>ab</sup>	12,4 <sup>a</sup>
Concentrado	3,5 <sup>a</sup>	4,0 <sup>a</sup>	12,5 <sup>a</sup>
Valores sin corregir			
Pastoreo	3,2 <sup>a</sup>	3,6 <sup>b</sup>	12,3 <sup>a</sup>
Morera	3,4 <sup>a</sup>	3,7 <sup>ab</sup>	12,4 <sup>a</sup>
Concentrado	3,4 <sup>a</sup>	4,0 <sup>a</sup>	12,5 <sup>a</sup>

Valores con igual letra vertical no difieren significativamente según la prueba de Duncan ( $p < 0,05$ ).

La composición de la leche es similar a la reportada por otros autores (Abarca, 1989; Alagón, 1990; Corado, 1991; González, 1992), con valores de 3,4; 3,7 y 12,4% para proteína, grasa y sólidos totales, respectivamente.



En el Cuadro 24A se presenta los grados de libertad, cuadrados medios y coeficientes de variación del análisis de varianza para producción y composición de la leche.

#### 4.2.5. Balance nutricional

En los Cuadros 44 y 45 se muestra el balance energético y de proteína para cada tratamiento, usando el valor de DIVMS del pasto de pastoreo simulado. No se observaron diferencias importantes entre los balances de la Morera y el concentrado, en cuanto a energía y proteína. Esto confirma la hipótesis de que, bajo estas condiciones, la Morera puede sustituir al concentrado en la suplementación de vacas lecheras en pastoreo, sin afectar la producción y la composición de la leche, ni el consumo de MS, energía y PC.

Cuadro 44. Balance energético para vacas lecheras en pastoreo suplementadas con follaje de Morera y con concentrado.

Mcal ED <sup>2</sup> /vaca/día	Tratamientos <sup>1</sup>		
	Sólo pastoreo	Morera	Concentrado
<b>Requerimientos (R)<sup>3</sup></b>			
Mantenimiento	12,25	12,38	12,30
Pastoreo (+ 30%)	3,68	3,71	3,69
Producción	15,23	18,27	19,07
Ganancia de peso	-2,09	-0,19	-1,69
<b>Total</b>	<b>29,07</b>	<b>34,17</b>	<b>33,37</b>
<b>Aportes (A)</b>			
Pasto	27,83	26,07	25,65
Morera		12,59	
Concentrado			12,99
Melaza	3,17	3,17	3,17
<b>Total</b>	<b>31,00</b>	<b>41,83</b>	<b>41,81</b>
<b>Balance (A-R)</b>	<b>1,93</b>	<b>7,66</b>	<b>8,44</b>

1/ Se utilizó la DIVMS del pasto con simulación de pastoreo.

2/ ED = DIVMS x 4,409/100    3/ NRC (1978; 1988)

Cuadro 45. Balance proteínico para vacas lecheras en pastoreo suplementadas con Morera y con concentrado.

g PC/vaca/día <sup>1</sup>	Tratamientos		
	Sólo pastoreo	Morera	Concentrado
<b>Requerimientos<sup>2</sup></b>			
Mantenimiento	290,0	292,0	291,0
Producción	949,2	1108,8	1142,4
Pérdida de peso	-70,1	-6,7	-56,6
<b>Total</b>	<b>1169,1</b>	<b>1394,1</b>	<b>1376,8</b>
<b>Aportes</b>			
Pasto	1636,2	1532,5	1508,2
Morera		623,2	
Concentrado			616,4
Melaza	26,3	26,3	26,3
<b>Total</b>	<b>1662,5</b>	<b>2182,0</b>	<b>2150,9</b>
<b>Balance (A-R)</b>	<b>493,4</b>	<b>787,9</b>	<b>774,1</b>

1/ Se utilizó el % PC del pasto con simulación de pastoreo.

2/ NRC (1978; 1988).

No obstante lo anterior, el suministro de energía y proteína brindado por el pasto, satisface los requerimientos de estos nutrientes, brindando un pequeño exceso en relación a los requerimientos calculados en base a las tablas del NRC (1978, 1988). Este exceso puede deberse a una subestimación del gasto de energía en el pastoreo (se asumió 30%), o a una superestimación de la calidad del pasto, mediante la técnica de simulación usada. En tal sentido González (1992) encontró valores reales de PC y DIVMS menores en el pasto consumido (fístula esofágica) que en las muestras que simularon el pastoreo.

En los Cuadros 30A y 31A se presenta el balance para energía y proteína utilizando los valores de PC y DIVMS de la oferta total de pasto, que muestran un déficit en el balance para el pastoreo sin suplementación, y permite suponer que el valor real de PC y DIVMS del pasto consumido está entre los dos valores, pero más próximo a la muestra simulada.

El exceso en el suministro de energía y PC observado al suplementar con Morera y concentrado, puede estar indicando que el tipo de vacas usadas alcanzaron su potencial de producción (Campos, 1989) y no son capaces de aprovechar esa mayor disponibilidad.

En el Cuadro 46 se muestra el consumo de ED y PC por vaca por día y la relación entre el consumo de nutrientes y la producción de leche. Se observa que la leche producida solo con pasto fué más "eficiente" en el aprovechamiento de la proteína y la energía que el concentrado y la Morera, ya que estos brindaron un exceso que no fué transformado en leche. El valor de energía para pasto (2,74) es similar al obtenido por Corado (1991), pero los valores para la Morera y el concentrado son mayores que los obtenidos por ese autor al suplementar con Poró y diferentes niveles de pulidura de arroz. La eficiencia de la proteína fué menor en este experimento al compararlo con el de Corado (1991), que obtuvo valores oscilando entre 0,111 y 0,120; y 2,49 y 2,75% para proteína y energía, respectivamente, pero este resultado es debido a que el balance energético dió negativo para todos los tratamientos en el estudio de este autor, y la proteína apenas alcanzó para llenar los requisitos. Además, la producción y los niveles de suplementación fueron menores en aquel estudio.

Cuadro 46. Consumo y eficiencia de utilización de energía digestible y proteína cruda en vacas lactantes suplementadas con Morera y con concentrado.

Tratamiento <sup>1</sup>	ED, Mcal		PC, g		kg leche/ <sup>2</sup>
	vaca/día	kg leche	vaca/día	kg leche	kg suplemento
Morera	41,8	3,17	2182	165	0,55
Concentrado	41,8	3,07	2151	158	0,68

1/ Se utilizaron valores de DIVMS y PC del pasto con simulación de pastoreo.

2/ kg de leche adicional por cada kg de suplemento.

La eficiencia en la producción adicional de leche por unidad de suplemento utilizado fué superior en este estudio que los valores reportados por Combellas *et al.* (1979), para Australia, Brasil, Cuba y Venezuela, con uso de concentrado que osciló entre 3,6 y 3,8 kg/vaca/día y una relación kg leche/kg de suplemento de 0,21 a 0,48. El Cuadro 32A muestra el consumo de energía y PC utilizando los valores del pasto ofrecido.

#### 4.2.7. Análisis económico

En el Cuadro 47 se muestra el análisis de presupuesto parcial para los tres tratamientos evaluados. Se observa que el beneficio neto parcial para la Morera es de US\$ 3,29 por vaca/día, superior en US\$ 0,35 al del pasto solo, y US\$ 0,45 al del concentrado. Suplementando con concentrado se obtuvo un beneficio neto parcial de US\$ 2,84, inferior en US\$ 0,10 al del pasto solo.

Cuadro 47. Presupuesto parcial para la producción de leche de vacas en pastoreo suplementadas con follaje de Morera, concentrado y sin suplementar.

Rubros	Tratamientos		
	Sólo pastoreo	Morera	Concentrado
<b>Ingresos<sup>1</sup></b>			
Leche vendida, kg	11,30	13,20	13,60
Precio, US\$/kg	0,30	0,30	0,30
Ingreso bruto, US\$	3,39	3,96	4,08
<b>Costos<sup>1</sup></b>			
Melaza, kg MS	0,75	0,75	0,75
US\$/Kg MS <sup>2</sup>	0,07	0,07	0,07
US\$/vaca/día	0,05	0,05	0,05
Pasto kg, MS	10,10	9,46	9,31
US\$/Kg MS <sup>3</sup>	0,04	0,04	0,04
US\$/vaca/día	0,40	0,38	0,38
Morera, kg MS		3,47	
US\$/KG MS <sup>4</sup>		0,07	
US\$/vaca/día		0,24	
Concentrado, kg MS			3,51
US\$/Kg MS <sup>2</sup>			0,23
US\$/vaca/día			0,81
Total costos variables	0,45	0,67	1,24
Beneficios netos, US\$	2,94	3,29	2,84

1/ US\$ = 155,2 colones. 2/ Cálculos del autor (junio/94). 3/ Actualizados de Corado (1991).

4/ Actualizados de Rojas (1992).

Lo anterior demuestra que suplementando con concentrado se pierde diariamente US\$ 0,10/vaca/día en relación al pasto solo. La suplementación con Morera en cambio tiene una Tasa de Retorno Marginal (TRM) de 159.1% (Cuadro 48), que indica que por cada dolar extra invertido en relación al pasto solo, se obtienen US\$ 1,59 de beneficio adicional, mientras que con el concentrado se pierden US\$ 0,12.

Los resultados muestran que para aumentar la ganancia en la producción de leche es recomendable suplementar con Morera y no con concentrado. Al suplementar con Morera se tendrían beneficios adicionales, como disponer de más dinero en efectivo por ahorro en la compra del concentrado y aumentos de los ingresos. Se tendría por otro lado, un aumento en los requerimientos de mano de obra.

Cuadro 48. Análisis de la tasa marginal de retorno (TRM) por animal/día de vacas lactantes en pastoreo y suplementadas con Morera y concentrado.

Tratamiento	Costo variable	Costo marginal	Beneficio neto	Ben. Neto marginal	TRM %
	----- US\$/vaca/día -----				
Sólo pastoreo	0,45	0,22	2,94	0,35	159,1
Morera	0,67	-0,57	3,29	0,45	
Concentrado	1,24	0,79	2,84	-0,10	-12,7

## V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en las cuales se desarrollaron estos trabajos y con base en los resultados obtenidos, se pueden formular las siguientes conclusiones:

### A. Para el experimento de la asociación Poró - Morera

1. La presencia de árboles de Poró en asocio con Morera no afectó la producción de biomasa de ésta última.
2. En el primer año, la adición de follaje de Poró al suelo estimula la producción de biomasa total de la Morera asociada, pero no las otras variables de producción.
3. El aporte de nutrimentos al suelo, especialmente nitrógeno, provenientes del Poró, durante el primer año no es suficiente para provocar rendimientos sostenibles de Morera, debido a la poca productividad de los árboles (edad, densidad y período de recuperación del Poró).
4. Al incrementar la adición de follaje de Poró al suelo, en el segundo año, aumentó significativamente la producción de biomasa de la Morera.

### B. Para la suplementación con Morera a vacas lecheras

1. En vacas de mediano potencial se puede reemplazar el concentrado por follaje de Morera sin que se afecte la producción de leche ni su composición química.
2. En vacas de mediano potencial, el uso de Morera como suplemento es económicamente más rentable que el uso de concentrado y la no suplementación.

## VI. RECOMENDACIONES

### A. Para el experimento de la asociación Poró Morera

1. Continuar con la evaluación de la asociación, buscando alternativas para incrementar el aporte de nutrimentos del Poró en la asociación. Las siguientes vías serían recomendables:
  - a. Aumentar la densidad de siembra del Poró,
  - b. Aumentar el tiempo de establecimiento del Poró,
  - c. Evaluar otras frecuencias de poda del Poró.

2. Evaluar el efecto de la adición conjunta de follaje de Poró y estiércol, para mejorar la sostenibilidad de la producción del sistema suelo forraje - árbol - animal.
3. Evaluar el efecto de la inclusión de otros estratos, como leguminosas de piso y árboles maderables, sobre la sostenibilidad de la producción del sistema.

**B. Para la suplementación con Morera a vacas lecheras**

1. Evaluar el uso de la Morera como suplemento en vacas con mayor potencial lechero, en el levante de terneras y en vacas al final de la gestación.
2. Evaluar las implicaciones técnicas y económicas del uso de la Morera en pastoreo.
3. Estudiar nutricionalmente la optimización de dietas en las que se utilice Morera como suplemento.



## VII. LITERATURA CITADA.

- ABARCA, S. 1989. Efecto de la suplementación con Poró (*Erythrina poeppigiana*) y melaza sobre la producción de leche de vacas pastoreando estrella africana (*Cynodon nlefluensis*). Tesis Mag. Sc., Turrialba C.R., CATIE. 68 p.
- ABRAMIDES, P. 1960/61. Aduacao do amoreira. Boletim Informativo de Sericicultura (Bra.). 6(17):30-32.
- ABREU, O.C.; ABRAMIDES, P. 1974. Técnica da cultura da amoreira *Morus alba* L.. Sao paulo, Brasil, Instituto de Zootecnia. (Boletim Técnico No. 2. 24 p., 2a. ed.).
- AGUIRRE, A.V. 1971. Estudio de los suelos del área del Centro Tropical de Enseñansa e Investigación, IICA-Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sci. Turrialba, C.R., IICA. 138 p.
- AHMAD, M.I. 1986. Effect of nitrogen fertilizer (urea) on *Morus alba* leaf yield. The Pakistan Journal of Forestry 36 (1): 19-21
- ALAGON, G. 1990. Comparación del Poró (*Erythrina poeppigiana*) con otras fuentes nitrogenadas de diferente potencial de escape a la fermentación ruminal como suplemento a vacas lecheras alimentadas con caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). Tesis Mag. Sc., Turrialba , C.R. CATIE. 145 p.
- ALCANTARA, P.; BUFARAH, G. 1982. Plantas forrageiras gramíneas e leguminosas. Nobel. Sao Paulo, Brasil. 150 p.
- ALPIZAR, L.; FASSBENDER, H.W.; HEUVELDOP, J. 1983. Estudio de sistemas agroforestales en el experimento central del CATIE, Turrialba. III. Producción de residuos vegetales. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 14 p. (Mimeografiado).
- ARAYA, J. 1991. Identificación y caracterización de especies de árboles y arbustos con potencial forrajero en la región de Puriscal, Costa Rica. *In* Seminario Internacional de Investigación en Cabras (1.,1991, El Zamorano, Honduras). Memorias. El Zamorano, Honduras. v.1 p. irr.
- ARGUELLO, R.; BENAVIDES, J.E.; ESNAOLA, M. 1986. Evaluación de las ganancias de peso y consumo de alimentos de cabritos alimentados con distintos follajes de árboles, suplementados con banano verde de desecho. *In* Resumen de las investigaciones realizadas con rumiantes menores, cabras y ovejas, en el Proyecto de Sistemas de Producción Animal. CATIE (C.R.). Serie técnica. Informe técnico No. 67 p. 28-32.
- ATTA-KRAH, A.N.; SUMBERG, J.E. 1987. Studies with *Gliricidia sepium* for crop/livestock production systems in west Africa. *In* *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp.: Management and imprivement (1987, Turrialba, C.R.) Procedings. Eds. D. Withington; N. Glover; J.L. Brewbaker. Honolulu, Hawaii, NFTA-CATIE. p. 31-43. Special Publication 87-01.

- BATEMAN, J.V. 1970. Nutrición animal. Manual de métodos analíticos. Ed. Herrero, México. 468 p.
- BANCO CENTROAMERICANO DE INTEGRACION ECONOMICA. 1990. Situación actual de la producción, industrialización y comercialización de la leche en Centroamérica. San José, C.R., BCIE/CATIE. 472 p.
- BEER, J. 1989. Experiencias con cercas de árboles forrajeros en Costa Rica y Nicaragua. *In* Avances en la Investigación Agroforestal (1985, Turrialba, C.R.). Memoria del Seminario. Eds. J.W. Beer; H.W. Fassbender; J. Heuvelodp. Turrialba, C.R., CATIE. p. 244-252
- BENAVIDES, J.E. 1993. Árboles forrajeros en América Central. *In* Seminario Centroamericano y del Caribe sobre Agroforestería con Rumiantes Menores (2, 1993, San José, C.R.). Memorias. Conferencias magistrales agroforestería y árboles forrajeros, Tomo 3. San José, Costa Rica. Comisión Nacional para el Desarrollo de la Actividad Caprina. p. irr.
- BENAVIDES, J.E.; BOREL, R.; ESNAOLA, M.A. 1986. Evaluación de la producción de forraje del árbol de Morera (*Morus s.p*) sometido a diferentes frecuencias y alturas de corte. *In* Resumen de las investigaciones realizadas con rumiantes menores, cabras y ovejas, en el Proyecto de Sistemas de Producción Animal, CATIE. Serie técnica. Informe técnico No. 67. p 74-76.
- BENAVIDES, J.E. 1986. Efecto de diferentes niveles de suplementación con follaje de Morera (*Morus sp.*) sobre el crecimiento y consumo de corderos alimentados con pasto (*Pennisetum purpureum*). *In* Resumen de las investigaciones realizadas con rumiantes menores, cabras y ovejas, en el Proyecto de Sistemas de Producción Animal, CATIE (CR). Serie técnica, Informe técnico No. 67 p. 40-42.
- BENAVIDES, J.E. 1991. Integración de árboles y arbustos en los sistemas de alimentación para cabras en América Central. Un enfoque agroforestal. El Chasqui (C.R.) No. 25:6-36.
- BENAVIDES, J.; LACHAUX, M.; FUENTES, M. 1994. Efecto de la aplicación de estiércol de cabra en el suelo sobre la calidad y producción de biomasa de Morera (*Morus sp.*). *In* Árboles y Arbustos Forrajeros en América Central. Ed. y comp. por J. Benavides. Turrialba, C.R., CATIE. p. 495-514. 51
- BENAVIDES, J.E. 1983. Utilización de forrajes de origen arbóreo en la alimentación de rumiantes menores. *In* Curso Corto Intensivo de Técnicas Agroforestales. (1983, Turrialba, Costa Rica). Contribuciones de los participantes. Comp. por Liana Babbar. Turrialba, CATIE, Departamento de Recursos Naturales Renovables. 11 p.

- BUDOWSKI, G. 1993. Investigaciones promisorias para *Erythrina* (discurso de apertura). *In Erythrina in the New and Old Worlds* (International conference). Eds. S.B. Westley; M.H.Powell. Holomua, Hawaii, NFTA. p. 1-14. (Reports Special Issue 1993).
- BUDOWSKI, G. 1980. *Erythrina poeppigiana* (Poró) and other *Erythrina*, as very versatile trees ideally adapted to land use systems for the humid tropics. Proposal. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 6 p.
- CAMPOS, M.S. 1989. Caracterización de la curva de lactancia y utilización de registros parciales en genotipos lecheros bajo condiciones de trópico húmedo. Tesis Mag. Sc., Turrialba, C.R., CATIE. 109 p.
- CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. 1991. Efecto de *E. berteriana* en la producción primaria y características de suelo del sistema silvopastoril. *In* II Informe anual de la fase II del proyecto Sistemas Silvopastoriles para el Trópico Húmedo Bajo. Turrialba, C.R., CATIE-MAG-IDA-CIID. p. 68-73
- CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. 1983. Investigación aplicada en sistemas de producción de leche. Turrialba, C.R., Departamento de Producción Animal, CATIE. 155 p. (Informe técnico final del proyecto CATIE-BID 1979-1983).
- CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. 1995. Resumen de datos meteorológicos del año 93, 94 y acumulados. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 3 p.
- COMBELLAS, J.; BAKER, R.D.; HODGSON, J. 1979. Concentrate supplementation, and the herbage intake and milk production of heifers grazing *Cenchrus ciliaris*. *Grass and Forage Science* 34:303-310.
- CORADO, L.H. 1991. Efecto de cuatro niveles de pulidura de arroz sobre la producción de leche de vacas en pastoreo, suplementadas con follaje de Poró (*Erythrina poeppigiana* (Walpers) O.F. Cook). Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 95 p.
- DECHEN, A.R.; FONSECA, A.S.; HAAG, H.P. 1973. Nutricao mineral da amoreira, *Morus alba*, L.: absorcao de nutrientes. *Boletim da Industria Animal* (Bra.) 30(2):361-8.
- DILLON, J.I.; HARDAKER, J.B. 1980. Análisis de presupuesto parcial. *In* La Investigación sobre Administración Rural para el Desarrollo del Pequeño Agricultor. Roma, Italia, FAO. Boletín de Servicios Agrícolas No. 41 p. 151-159.
- DIRECCION REGIONAL DE RECURSOS NATURALES, LA CEIBA. 1991. El Madreado (*Gliricidia sepium*) como suplemento forrajero para el ganado lechero. La Ceiba, Hond., Sección de Investigación Pecuaria, Departamento Regional de Ganadería. 4 p.

- ESNAOLA, M.A.; BENAVIDES, J. 1986. Evaluación preliminar del consumo de Poró (*Erythrina poeppigiana*) y (*Dolichos lablab*) en cabras adultas secas. *In* Resumen de las investigaciones realizadas con rumiantes menores, cabras y ovejas, en el Proyecto de Sistemas de Producción Animal. CATIE (C.R.) Serie técnica. Informe técnico No. 67 p. 22-23.
- ESNAOLA, M.A.; RIOS, C. 1986. Hojas de Poró (*Erythrina poeppigiana*) como suplemento proteico para cabras lactantes. *In* Resumen de las investigaciones realizadas con rumiantes menores, cabras y ovejas, en el Proyecto de Sistemas de Producción Animal. CATIE (C.R.). Serie técnica. Informe técnico No. 67 p. 60-69.
- FASSBENDER, H.W. 1987. Modelos edafológicos de sistemas agroforestales. Turrialba, C.R., CATIE. 475 p.
- FONSECA, A.S.; PAOLIERI, L.; AZEREDO, J.S.A.; FONSECA, T.C. 1976. Situacao atual da sericicultura paulista. *Zootecnia (Bra.)* 14(4):221-251.
- FONSECA, T.C.; VENCOVSKY, R. 1981. Estimacao de parámetros visando á selecao de híbridos artificiais de amoreira (*Morus alba* L.). *Boletim da Industria Animal (Bra.)* 38(1):85-105.
- GEILFUS, F. 1989. El árbol al servicio del agricultor: manual de agroforestería para el desarrollo rural. Guía de especies. Santo Domingo, R.D., Enda-Caribe/CATIE. v.2, 778 p.
- GONZALEZ, M.S. 1992. Selectividad y producción de leche en pasturas de estrella (*Cynodon nlemfuensis*) solo y asociado con las leguminosas forrajeras *Arachis pintoí* CIAT 17434 *Desmodium ovalifolium* CIAT 350. Tesis Mag. Sc., Turrialba, C.R., CATIE. 142 p.
- GUTIERREZ, M.A. 1974. Comparación de dos métodos intensivos de utilización de pasto estrella africana (*Cynodon plectostachyus* (K. Schum Pilger) en la producción de leche. Tesis Mag. Sc., Turrialba, C.R., IICA. 71 p.
- HAYDOCK, K.P.; SHAW, N.A. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Australian J. Exp. Agric. Anim. Husb. (Australia)*. 15:169-171.
- HOLDRIDGE, L.R. 1987. Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica, IICA. 216 p.
- IMBACH, A.C. 1987. Lixiviación de nutrimentos principales en cuatro sistemas agroforestales con cultivos perennes de Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc., Turrialba, C.R., UCR/CATIE. 167 p.
- IMPERIAL AGRICULTURAL BUREAUX. 1947. The use and misuse of shrubs and trees as fodder. With tables showing composition and digestibility. Oxford, Inglaterra. IAB. 260 p. Joint Publication no. 10.



- ITURBIDE, A.M. 1967. El óxido crómico como indicador externo para estimar producción fecal y consumo en las pruebas de digestibilidad. Tesis Mag. Sc., Turrialba, C.R., IICA. 137 p.
- JEGOU, O.; NICOLAS, J.; WAELPUT, J.-J.; BRUNSCHWIG, G. 1991. Consumo, digestibilidad y ciclo del nitrógeno del follaje de Morera (*Morus sp.*) y Amapola (*Malvaviscus arboreus*) con cabras lactantes. *In* Seminario Internacional de Investigación en Cabras (1., 1991, El Zamorano, Honduras). Memorias. Tomo II. El Zamorano, Honduras, SRN-CATIE. p. irr.
- JIMENEZ, F. 1986. Balance hídrico con énfasis en percolación de dos sistemas agroforestales: Café-Poró y Café-Laurel, en Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE. 104 p.
- JIMENEZ, J.M. 1990. Análisis del crecimiento y fenología del maíz (*Zea mays L. c.v. Tuxpeño*) en un cultivo en callejones con Poró (*Erythrina poeppigiana*) (Walpers) O. F. Cook, plantado en cuatro arreglos espaciales. Tesis Mag. Sc., Turrialba, C.R., CATIE. 124 p.
- KASS, D. 1989. Resultados de seis años de investigación de cultivo en callejones (Alley Cropping), en "La Montaña", Turrialba, Costa Rica. Chasqui (Costa Rica). 19: 5-24.
- KASS, D; ARAYA, J.F. 1987. Alley cropping with *Gliricidia sepium* (Jacq) Walp. on farmers fields in Costa Rica. *In Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp.: Management and improvement (1987, Turrialba, C.R.) Proceedings. Eds. D. Withington; N. Glover; J.L. Brewbaker. Honolulu, Hawaii, NFTA-CATIE. p. 50-58. Special Publication 87-01.
- KASS, M.L.; RODRIGUEZ, G. 1993. Evaluación nutricional de alimentos. Turrialba, C.R., CATIE. Laboratorio de Nutrición Animal. 57 p. (mimeografiado)
- KUSWIAR, E. 1989. Growth and leaf production of mulberry (*Morus nigra*) pure and mixed with soybean and peanut. Bulletin Penelitian Hutan (Indonesia) no. 510:1-8.
- LESLIE, F.; JOHNSTONE, H. 1982. Análisis moderno de los alimentos. Trad. Justino Burgos. España, Acribia. 619 p.
- LIBREROS, H.F. 1990. Efecto de depositar en el suelo material de poda de Poró (*Erythrina poeppigiana*) sobre la producción y calidad de la biomasa del King-grass (*Pennisetum purpureum x P.typhoides*) establecido en asocio. Tesis Mag. Sc., Turrialba, C.R., CATIE. 116 p.
- LUCAS, H.L. 1957. Extra-period latin-square change-over designs. Journal of Dairy Science (EE.UU.) 40:225-239.
- MITIDIARI, J. 1983. Manual de gramíneas e leguminosas para pastos tropicais. Nobel/Ed. da Universidade de Sao Paulo. Sao Paulo, Brasil. 198 p.

- MUTHUCHELIAN, K. 1993. Nitrogen assimilation of the genus *Erythrina*. *In Erythrina in the New and Old Worlds* (International conference). Eds. S.B. Westley; M.H.Powell. Holomua, Hawaii, NFTA. p. 1-14. (Reports Special Issue 1993).
- NARIMATSU, S.; KIYOSHI, K. 1975. Manual para la cría del gusano de seda. Japan International Cooperation Agency (JICA). Technical book. Series No. 20. 78 p.
- NEILL, D.A. 1993. The genus *Erythrina*: taxonomy, distribution and ecological differentiation. *In Erythrina in the New and Old Worlds* (International conference). Eds. S.B. Westley; M.H.Powell. Holomua, Hawaii, NFTA. p. 15-27. (Reports Special Issue 1993).
- NYGREN, P. 1995. Carbon and nitrogen dynamic in *Erythrina poeppigiana* (Leguminosae: Phaseoleae) trees managed by periodic prunings. Ph D. Thesis. Helsinki, Finland. University of Helsinki. 163 p.
- NYGREN, P. 1990. Modelo de patrones de sombra de surcos de *Erythrina poeppigiana* (Walpers) O.F. Cook en sistemas de cultivo en callejones. Tesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica, CATIE. 200 p.
- NYGREN, P.; RAMIREZ, C. 1993. Phenology of N<sub>2</sub>-fixing nodules in pruned clones of *Erythrina poeppigiana*. *In Erythrina in the New and Old Worlds* (International conference). Eds. S.B. Westley; M.H.Powell. Holomua, Hawaii, NFTA. p. 1-14. (Reports Special Issue 1993).
- OBANDO, S. 1990. Digestibilidad *in situ* de cinco leguminosas herbáceas con potencial forrajero para la Zona Atlántica de Costa Rica. Tesis Mag. Sc., Turrialba, C.R., UCR. 66 p.
- ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION. 1953. El pastoreo y los montes. Gran Bretaña, FAO. 187 p. Estudios de Silvicultura y Productos Forestales, No.4
- OTSYINA, R.M.; MCKELL, C.M. 1985. El ramoneo en la alimentación del ganado; reseña. Revista Mundial de Zootecnia (Italia) no. 53:33-39.
- OVIEDO, F.J.; BENAVIDES, J.E.; VALLEJO, M. 1993. Evaluación bioeconómica de un módulo agroforestal con cabras en el trópico húmedo. *In* Seminario Centroamericano y del Caribe sobre Agroforestería con Rumiantes Menores (2, 1993, San José, C.R.). Memorias. Conferencias magistrales agroforestería y árboles forrajeros, Tomo 3. San José, Costa Rica, Comisión Nacional para el Desarrollo de la Actividad Caprina. p. irr.
- OVIEDO, F.J. 1993. Informe final de análisis realizados en el laboratorio. Turrialba, C.R., CATIE. Laboratorio de Nutrición Animal. 28 p. (Presentado a la Dra. María Kass en la clase (M-238) Evaluación Nutricional de Alimentos).

- OVIEDO, F.J. 1994. Efectos del mulch de leguminosas sobre el suelo y los cultivos en los sistemas agroforestales. Revisión de literatura. Turrialba, C.R., CATIE. 20 p. (Presentado al Dr. Gerardo Budowski en la asignatura de Tendencias Globales en los Sistemas Agroforestales).
- PAOLIERI, L. 1965. Aduacao da amoreira. Boletim Técnico de Sericicultura (Bra.) No. 34. 16 p.
- PEDRO, J.R. 1964. A sericicultura associada a cafeicultura. Boletín Informativo de Sericicultura (Bra.) 8(19):1-24.
- PICCINI, J. 1959. A criacao prática do bicho da seda. Boletim Técnico de Sericicultura (Bra.) No. 26. 31 p.
- PIMENTEL GOMES, R. s.f. Forragens fartas na seca. Sao Paulo, Brasil, Nobel. 236 p.
- PINEDA, M.O. 1986. Utilización del Poró (*Erythrina poeppigiana*) en la alimentación de terneros de lechería. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., UCR/CATIE. 65 p.
- PRESTON, T.R.; LENG, R.A. 1989. Adecuando los sistemas de producción pecuaria a los recursos disponibles: aspectos básicos y aplicados del nuevo enfoque sobre la nutrición de rumiantes en el trópico. Cali, Colombia, Círculo Impresores. 313 p.
- RIVABEN, P. 1959. Nocoas prácticas para a criacao do bicho da seda en clima semitropical. Boletim Técnico de Sericicultura (Bra.). No. 24. 45 p.
- RODRIGUEZ, C.; ARIAS, R.; QUIÑONES, J. 1990. Efecto de la frecuencia de poda y de niveles de fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y calidad de Morera (*Morus sp.*) In Programa de Bovinos Cuyuta Informe Anual 1989. Guatemala, Gua., Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. p 26-45.
- RODRIGUEZ, R.A. 1985. Producción de biomasa de Poró gigante (*Erythrina poeppigiana* (Walpers) O.F. Cook) y King-grass (*Pennisetum purpureum x P. typhoides*) intercalados en función de densidad de siembra y la frecuencia de poda del Poró. Tesis Mag. Sc., Turrialba, C.R., UCR-CATIE. 96 p.
- ROJAS, H. 1992. Análisis económico de la producción de leche de cabras alimentadas con diferentes niveles de Morera (*Morus sp.*) y con suplemento de King-grass (*Pennisetum purpureum x P. typhoides* ). Informe de práctica dirigida para optar por el título de Bachiller. San José, C.R., UNED 53 p. (Mimeografiado).
- ROJAS, H.; BENAVIDES, J. 1993. Producción de leche de cabras alimentadas con pasto y suplementadas con altos niveles de Morera. In Seminario Centroamericano de Agroforestería y Rumiantes Menores (1992, Esquipulas, Guatemala). Memorias. Esquipulas, Guatemala, CNDC/CATIE. p.irr.



- RUSSO, R.O. 1983. Efecto de la poda de *Erythrina poeppigiana* (Walpers) O.F. Cook (Poró) sobre la nodulación, producción de biomasa y contenido de nitrógeno en el suelo en un sistema agroforestal "Café-Poró". Tesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE. 108 p.
- SALGADO, D.J. 1988. Índice de selección y evaluación de su efectividad para características relacionadas con la producción de leche en el trópico. Tesis Mag. Sc., Turrialba. C.R., CATIE. 124 p.
- SAMUR, C. 1984. Producción de leche de cabras alimentadas con King-grass (*Pennisetum purpureum* x *P. typhoides*) y Poró (*Erythrina poeppigiana*), suplementadas con fruto de banano (*Musa sp.* cv. "Cavendish"). Tesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE. 108 p.
- SALAZAR, A.; PALM, C.A. 1987. Screening of leguminous trees for alley cropping on acid soils of the humid tropics. In *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp.: Management and Improvement (1987, Turrialba, C.R.). Proceedings. Eds. D. Withington; N. Glover; J.L. Brewbaker. Honolulu, Hawaii, NFTA. p. 61-67. Special Publication 87-01.
- SANCHEZ, J.F. 1989. Análisis de la estabilidad y dinámica de sistemas de cultivo en callejones. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 174 p.
- TAKAHASHI, R.; KRONKA, R.N. 1989. Efeitos dos diferentes tipos de adubacao na producao de amoreira (*Morus alba* L.). Boletim da Industria Animal (Bra.) 46(1):157-64.
- TIKADER, A.; ROYCHOWDHURI, S.; MISHRA A.K.; DAS, C. 1993. Foliage yield of different varieties of mulberry (*Morus* species) grown at two spacings in hills of West Bengal. Indian Journal of Agricultural Sciences 63 (1):36-7. 57
- TILLEY, J.M.; TERRY, R.A. 1963. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. Journal of The British Grassland Society (G.B.) 18:104-111.
- TING-ZING, Z.; YUN-FANG, T.; GUANG-XIAN, H.; HUAIZHONG, F.; BEN, M. 1988. Mulberry cultivation. Roma. FAO Agricultural Services Bulletin. Nº 73/1. 127 p.
- TOBON, C.J. 1988. Efecto de la suplementación con cuatro niveles de follaje de Poró (*Erythrina poeppigiana* Walpers O.F. Cook) sobre la producción de leche de vacas en pastoreo. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 72 p. 56
- VALLEJO, M.A.; OVIEDO, F.J. 1994. Características botánicas, usos y distribución de los principales árboles y arbustos con potencial forrajero de América Central. In Árboles forrajeros en América Central, Vol 2. Comp. y ed. por Jorge Benavides. Turrialba, C.R., CATIE. p. 665-694.
- VARGAS, A. 1987. Evaluación del forraje de Poró (*Erythrina coccleata*) como suplemento proteico para toretes en pastoreo. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., UCR/CATIE. 88 p.

- VELASQUEZ, C.M.; GUTIERRES, M.A.; ARIAS, R.; RODRIGUEZ, C. 1994. El forraje de Morera (*Morus* sp.) como suplemento en dietas a base de ensilado de sorgo (*Sorghum bicolor* x *S. sudanense*) para novillos. *In* Arboles Forrajeros. Ed. J.E. Benavides. Turrialba, Costa Rica. CATIE. p. 271-285.
- WIERSUM, F.; DIRDJOSOEMARTO, S. 1987. Past and current research with *Gliricidia* in Asia. *In* *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp.: Management and Improvement (1987, Turrialba, C.R.). Proceedings. Eds. D. Withinton; N. Glover; J.B. Brewbaker. Honolulu, Hawaii, NFTA/CATIE. p. 20-28.
- ZENON, G.; BENAVIDES, J.; KASS, M.; FAUSTINO, J. 1993. Efecto de la suplementación con follaje de Amapola sobre la producción de leche en cabras estabuladas. *In* Seminario Centroamericano y del Caribe sobre Agroforestería con Rumiantes Menores (2, 1993, San José, C.R.). Memorias. Conferencias magistrales agroforestería y árboles forrajeros, Tomo 1. San José, Costa Rica, Comisión Nacional para el Desarrollo de la Actividad Caprina. p. irr.

## VIII. ANEXOS

**Cuadro 1A.** Contenido de materia seca (%) del tallo tierno de la Morera según cortes y nivel de follaje de Poró adicionado al suelo.

Cortes	Testigo sin árboles	Nivel de follaje en el suelo			Promedio <sup>1</sup> corte
		0%	50%	100%	
1	23,3	23,6	23,9	24,5	23,9 <sup>c</sup>
2	27,3	28,2	26,8	26,1	27,1 <sup>b</sup>
3	39,2	46,2	41,8	39,9	41,9 <sup>a</sup>
Promedio	29,9	32,7	30,8	30,1	30,9

Valores con igual letra vertical no difieren significativamente según la prueba de Duncan ( $p < 0,05$ ).

**Cuadro 2A.** Contenido de materia seca (%) del tallo leñoso de Morera según cortes y nivel de follaje de Poró adicionado al suelo.

Cortes	Testigo sin árboles	Nivel de follaje en el suelo			Promedio <sup>1</sup> corte
		0%	50%	100%	
1	42,3	41,9	43,7	42,6	42,7 <sup>b</sup>
2	44,6	42,7	43,5	41,1	42,8 <sup>b</sup>
3	55,9	55,5	55,0	54,3	55,1 <sup>a</sup>
Promedio	47,6	46,7	47,4	46,0	46,9

Valores con igual letra vertical no difieren significativamente según la prueba de Duncan ( $p < 0,05$ ).

**Cuadro 3A.** Proporción (%) de hoja en la materia seca de Morera según cortes y nivel de follaje de Poró adicionado al suelo.

Cortes	Testigo sin árboles	Nivel de follaje en el suelo			Promedio <sup>1</sup> corte
		0%	50%	100%	
1	29,5	31,1	30,0	31,9	30,7 <sup>c</sup>
2	37,2	36,8	35,7	35,3	36,2 <sup>b</sup>
3	41,7	43,7	41,0	41,0	41,8 <sup>a</sup>
Promedio	36,1	37,2	35,5	36,1	36,2

Valores con igual letra vertical no difieren significativamente según la prueba de Duncan ( $p < 0,05$ ).

Cuadro 4A. Contenido de proteína cruda (%) del tallo tierno de la Morera según cortes y nivel de follaje de Poró adicionado al suelo.

Cortes	Testigo sin árboles	Nivel de follaje en el suelo			Promedio corte
		0%	50%	100%	
1	9,2	9,8	10,0	9,5	9,6
2	7,4	6,7	7,3	7,0	7,1
3	6,9	6,8	6,7	6,7	6,8
Promedio	7,8	7,8	8,0	7,7	7,8

Cuadro 5A. Contenido de proteína cruda (%) del tallo leñoso de Morera según cortes y nivel de follaje de Poró adicionado al suelo.

Cortes	Testigo sin árboles	Nivel de follaje en el suelo			Promedio corte
		0%	50%	100%	
1	3,31	3,78	3,98	3,80	3,72
2	3,30	3,24	3,77	3,58	3,47
3	4,12	4,26	4,05	3,70	4,03
Promedio	3,61	3,76	3,93	3,69	3,75

Cuadro 6A. Contenido (%) de materia seca del tallo tierno del Poró asociado con Morera según cortes y nivel de follaje de Poró adicionado al suelo.

Cortes	0%	Nivel de follaje en el suelo		Promedio <sup>1</sup> corte
		50%	100%	
1	18,9	18,6	19,7	19,1 <sup>a</sup>
2	12,1	11,1	11,1	11,4 <sup>c</sup>
3	17,3	15,3	15,8	16,1 <sup>b</sup>
Promedio	16,1	15,0	15,5	15,5

Valores con igual letra vertical no difieren significativamente según la prueba de Duncan ( $p < 0,05$ ).

Cuadro 7A. Contenido (%) de materia seca del tallo leñoso del Poró asociado con Morera según cortes y nivel de follaje de Poró adicionado al suelo.

Cortes	Nivel de follaje en el suelo			Promedio <sup>1</sup> corte
	0%	50%	100%	
1	26,6	29,7	29,5	28,6 <sup>a</sup>
2	23,1	24,5	21,2	22,9 <sup>b</sup>
3	24,4	22,8	23,0	23,4 <sup>b</sup>
Promedio	24,7	25,7	24,6	25,0

1/ Valores con igual letra vertical no difieren significativamente según prueba de Duncan ( $p < 0,05$ ).

Cuadro 8A. Proporción (%) de hojas en la materia seca del Poró asociado con Morera según cortes y nivel de follaje de Poró adicionado al suelo.

Cortes	Nivel de follaje en el suelo			Promedio <sup>1</sup> corte
	0%	50%	100%	
1	39,1	38,0	37,7	38,3 <sup>b</sup>
2	58,7	57,5	60,1	58,7 <sup>a</sup>
3	61,3	59,6	59,1	60,0 <sup>a</sup>
Promedio	53,0	51,7	52,3	52,3

1/ Valores con igual letra vertical no difieren significativamente según prueba de Duncan ( $p < 0,05$ ).

Cuadro 9A. Proporción (%) de tallo tierno de Poró plantado en asocio con Morera según cortes y nivel de follaje de Poró adicionado al suelo.

Cortes	Nivel de follaje en el suelo			Promedio <sup>1</sup> corte
	0%	50%	100%	
1	3,3	2,0	2,2	2,5 <sup>b</sup>
2	2,1	2,2	2,6	2,3 <sup>b</sup>
3	10,3	9,1	9,0	9,5 <sup>a</sup>
Promedio	5,2	4,4	4,6	4,7

Valores con igual letra vertical no difieren significativamente según la prueba de Duncan ( $p < 0,05$ ).

Cuadro 10A. Proporción (%) de tallo leñoso del Poró asociado con Morera según cortes y nivel de follaje de Poró adicionado al suelo.

Cortes	Nivel de follaje en el suelo			Promedio <sup>1</sup> corte
	0%	50%	100%	
1	57,6	60,0	60,1	59,2 <sup>a</sup>
2	39,3	40,3	37,3	39,0 <sup>b</sup>
3	28,4	31,3	31,9	30,6 <sup>c</sup>
Promedio	41,8	43,9	43,1	42,9

1/ Valores con igual letra vertical no difieren significativamente según prueba de Duncan ( $p < 0,05$ ).

Cuadro 11A. Contenido de proteína cruda (%) tallo tierno del Poró asociado con Morera según cortes y nivel de follaje de Poró adicionado al suelo.

Cortes	Nivel de follaje en el suelo			Promedio corte
	0%	50%	100%	
1	13,9	14,7	14,8	14,5
2	13,6	17,7	16,3	15,9
3	12,8	13,1	13,9	13,3
Promedio	13,4	15,2	15,0	14,5

Cuadro 12A. DIVMS (%) del tallo tierno de Poró asociado con Morera según cortes y nivel de follaje de Poró adicionado al suelo.

Cortes	Nivel de follaje en el suelo			Promedio corte
	0%	50%	100%	
1	63,3	67,2	67,6	66,0
2	69,5	73,4	71,4	71,4
3	59,8	65,8	69,8	65,1
Promedio	64,2	68,8	69,6	67,5

Cuadro 13A. DIVMS (%) de la hoja de Poró asociado con Morera según cortes y nivel de follaje de Poró adicionado al suelo.

Cortes	Nivel de follaje en el suelo			Promedio corte
	0%	50%	100%	
1	54,6	54,8	50,7	53,4
2	53,3	55,5	52,3	53,7
3	57,5	59,8	58,3	58,5
Promedio	55,1	56,7	53,8	55,2



Cuadro 14A. Materia seca depositada, exportada y extraída de hojas de Poró según cortes y nivel de follaje de Poró adicionado al suelo.

Cortes kg/ha		Nivel de follaje en el suelo			Promedio <sup>1</sup> corte
		0%	50%	100%	
1	Depositada	0	622	1352	1161 <sup>a</sup>
	Exportada	888	622	0	
	Extraída	888	1244	1352	
2	Depositada	0	476	928	922 <sup>b</sup>
	Exportada	884	476	0	
	Extraída	884	952	928	
3	Depositada	0	256	549	520 <sup>c</sup>
	Exportada	498	256	0	
	Extraída	498	513	549	
Por año	Depositada	0	1354	2829	2603
	Exportada	2270	1354	0	
	Extraída	2270	2709	2829	

1/ Valores con igual letra vertical no difieren significativamente según prueba de Duncan ( $p < 0,05$ ).

Cuadro 15A. Materia seca depositada, exportada y extraída de tallo leñoso de Poró según cortes y nivel de follaje de Poró adicionado al suelo.

Cortes kg/ha		Nivel de follaje en el suelo			Promedio <sup>1</sup> corte
		0%	50%	100%	
1	Depositada	0	951	2135	1786 <sup>a</sup>
	Exportada	1320	951	0	
	Extraída	1320	1902	2135	
2	Depositada	0	337	591	620 <sup>b</sup>
	Exportada	596	337	0	
	Extraída	596	673	591	
3	Depositada	0	131	290	260 <sup>c</sup>
	Exportada	227	131	0	
	Extraída	227	263	290	
Por año	Depositada	0	1419	3016	2666
	Exportada	2143	1419	0	
	Extraída	2143	2838	3016	

1/ Valores con igual letra vertical no difieren significativamente según prueba de Duncan ( $p < 0,05$ ).

Cuadro 16A. Materia seca digestible depositada, exportada y extraída de hojas de Poró según cortes y nivel de follaje de Poró adicionado al suelo.

Cortes kg/ha		Nivel de follaje en el suelo			Promedio <sup>1</sup> corte
		0%	50%	100%	
1	Depositada	0	341	685	618 <sup>a</sup>
	Exportada	485	341	0	
	Extraída	485	682	685	
2	Depositada	0	264	513	505 <sup>b</sup>
	Exportada	471	264	0	
	Extraída	471	529	513	
3	Depositada	0	153	320	304 <sup>c</sup>
	Exportada	286	153	0	
	Extraída	286	307	320	
Por año	Depositada	0	759	1518	1426
	Exportada	1242	759	0	
	Extraída	1242	1518	1518	

1/ Valores con igual letra vertical no difieren significativamente según prueba de Duncan ( $p < 0,05$ ).

Cuadro 17A. Materia seca digestible depositada, exportada y extraída de Poró según cortes y nivel de follaje de Poró adicionado al suelo.

Cortes kg/ha		Nivel de follaje en el suelo			Promedio <sup>1</sup> corte
		0%	50%	100%	
1	Depositada	0	359	735	662 <sup>a</sup>
	Exportada	531	359	0	
	Extraída	531	719	735	
2	Depositada	0	278	541	530 <sup>b</sup>
	Exportada	493	278	0	
	Extraída	493	556	541	
3	Depositada	0	179	379	358 <sup>c</sup>
	Exportada	335	179	0	
	Extraída	335	358	379	
Por año	Depositada	0	816	1655	1549
	Exportada	1359	816	0	
	Extraída	1359	1633	1655	

1/ Valores con igual letra vertical no difieren significativamente según prueba de Duncan ( $p < 0,05$ ).

Cuadro 18A. Contenido de minerales (%) del tallo tierno del Poró asociado con Morera por efecto del nivel de follaje de Poró adicionado al suelo.

Mineral	Nivel de follaje en el suelo			Promedio
	0%	50%	100%	
N	2,15	2,42	2,40	2,32
P	0,25	0,28	0,27	0,27
K	1,58	1,75	1,86	1,73
Ca	0,64	0,66	0,73	0,68
Mg	0,30	0,31	0,31	0,31

Cuadro 19A. Producción de materia seca digestible de la asociación Morera-Poró según cortes y nivel de follaje de Poró adicionado al suelo.

Cortes kg/ha	Testigo sin árboles	Nivel de follaje en el suelo			Promedio <sup>1</sup> corte
		0%	50%	100%	
1	2191	2515	2632	2777	2525 <sup>a</sup>
2	2149	2276	2309	2421	2289 <sup>b</sup>
3	1489	1356	1397	1557	1450 <sup>c</sup>
Promedio <sup>2</sup>	1943 <sup>b</sup>	2044 <sup>ab</sup>	2113 <sup>ab</sup>	2252 <sup>a</sup>	2088
Total/año	5829	6132	6339	6756	6264

1/ Valores con igual letra vertical no difieren ( $p < 0,05$ ) por la prueba Duncan.

2/ Valores con igual letra horizontal no difieren ( $p < 0,05$ ) por la prueba Duncan.

Cuadro 20A. Contenido de minerales (%) del tallo leñoso del Poró asociado con Morera por efecto del nivel de follaje de Poró adicionado al suelo.

Mineral	Nivel de follaje en el suelo			Promedio
	0%	50%	100%	
N	1,32	1,35	1,46	1,38
P	0,16	0,16	0,14	0,15
K	0,65	0,72	0,74	0,70
Ca	0,34	0,30	0,32	0,32
Mg	0,16	0,16	0,16	0,16

Cuadro 21A. Cuadrados medios, significancia y coeficiente de variación para las variables producción de materia seca total, biomasa comestible, porcentaje de MS de la hoja y proporción de biomasa comestible en la MS de Morera.

Fuente de variación	GL	MS <sup>1</sup> Total	MS <sup>1</sup> Comes	% MS <sup>2</sup> Hoja	Proporción <sup>2</sup> comest. MS
Bloque	3	425,4	51,8	9256,1	4377,3
Tratamiento	3	1056,7	122,8	1140,6	6481,7
Error (a)	8	713,3	133,7	11832,0	4487,4
Corte	2	58814,6**	3052,2**	729155,3**	429119,7**
Corte x trat.	6	101,1	6,1	12304,9	3514,9
Error (b)	22	361,5	56,8	7612,3	4814,2
CV		9,6	10,4	9,6	5,8

1/ CM x 10<sup>3</sup>1/ CM x 10<sup>-3</sup>

Cuadro 22A. Cuadrados medios, significancia y coeficiente de variación para las variables: producción de MS total, biomasa comestible, porcentaje de MS de la hoja y proporción de biomasa comestible en la MS del Poró.

Fuente de variación	GL	MS <sup>1</sup> Total	MS <sup>1</sup> Comes	% MS <sup>2</sup> Hoja	Proporc. <sup>2</sup> comest. MS
Bloque	3	1078,3	295,2	6372,1	3555,5
Tratamiento	2	765,0	117,1	11681,1	13540,2
Error (a)	6	361,2	90,9	2813,9	19027,7
Corte	2	1419,3**	1186,0**	83999,3**	2607747,8**
Cortextrat.	4	507,8	61,4	9638,8	8745,4
Error (b)	18	179,4	36,5	7635,4	14381,8
CV		23,3	20,6	11,7	6,6

1/ CM x 10<sup>3</sup>1/ CM x 10<sup>-3</sup>

Cuadro 23A. Cuadrados medios, significancia y coeficiente de variación para las variables: producción de materia seca total, biomasa comestible, proteína cruda comestible y nitrógeno total en el sistema Poró - Morera.

Fuente de variación	GL	MS <sup>1</sup> Total	MS <sup>1</sup> Comest	PC <sup>1</sup> Comest	N Total
Bloque	3	1324,1	349,6	30,2	1120,0
Tratamiento	3	7477,8**	2062,3**	227,1**	8814,3**
Error (a)	9	871,4	168,4	9,1	340,8
Corte	2	127864,4**	7730,9**	543,2**	30730,3**
Corte x trat.	6	859,7	116,1	17,9*	1005,6*
Error (b)	24	474,5	806,6	5,0	190,8
CV		9,0	9,4	10,9	10,8

1/ CM x 10<sup>3</sup>

Cuadro 24A. Cuadrados medios (CM1), significancia y coeficiente de variación para las variables: producción de leche, porcentaje de proteína cruda, grasa y sólidos totales.

Fuente de variación	GL	Prod, leche	% PC	% Grasa	% Sol. tot.
Grupo	1	684,45	1,80	70,93	1065,80**
Tratamiento	2	9323,45**	91,25	153,01	73,20
Período (grupo)	4	1327,36	29,13	474,21**	1312,69**
Vaca (grupo)	4	2596,96*	106,33	352,11*	371,01*
Error	6	295,99	28,83	41,53	70,75
CV		4,28	4,92	5,36	2,14

1/ CM x 10<sup>3</sup>

Cuadro 25A. Cuadrados medios<sup>1</sup>, significancia y coeficiente de variación para las variables: consumo de MS total, de pasto y de suplemento como porcentaje del peso vivo.

Fuentes de variación	GL	Consumo Total	Consumo pasto	Consumo suplemen.
Grupo	1	657,42**	668,93**	0,02
Tratamiento	2	1206,43**	119,57*	74,42**
Período (grupo)	4	26,33	26,52	0,02
Vaca (grupo)	4	335,35**	325,00**	0,15
Error	6	11,05	12,58	0,06
CV		3,00	3,97	1,20

1/ CM x 10<sup>3</sup>

Cuadro 26A. Identificación, parámetros zootécnicos y factores de ajuste de las vacas utilizadas en el experimento.

No. Vaca	Raza	No. de parto	Fecha parto	Factores de ajuste <sup>1</sup>		
				leche	grasa	prot.
D-48	80% Criollo	5°	17/3/94	1,00	1,01	1,03
B-66	Jersey pura	7°	6/2/94	1,17	1,04	1,08
B-76	Jersey pura	7°	4/3/94	1,17	1,04	1,08
E-58	60% Criollo	4°	22/2/94	1,02	1,00	1,02
G-55	80% Criollo	2°	21/1/94	1,10	1,02	1,00
H-48	70% Jersey	2°	22/2/94	1,10	1,02	1,00

1/ Factores de ajuste para grasa, partos y grupo racial, según Salgado (1989).

Cuadro 27A. Producción y composición de la leche corregida según vaca, período, tratamiento y grupo.

Vaca	Per	Trat.	Grupo	Prod. corr. <sup>1</sup>	Prot., % corr.	Grasa, % corr.
D-48	1	Pasto	1	11,78	3,60	2,53
B-66	1	Concentrado	1	13,49	3,64	3,64
B-76	1	Morera	1	15,47	3,22	3,43
E-58	1	Concentrado	2	13,01	3,92	3,80
G-55	1	Pasto	2	12,28	3,39	3,06
H-48	1	Morera	2	12,89	3,26	3,77
D-48	2	Concentrado	1	12,24	3,51	3,64
B-66	2	Morera	1	12,22	3,71	4,47
B-76	2	Pasto	1	11,55	3,31	4,16
E-58	2	Pasto	2	10,06	3,39	3,70
G-55	2	Morera	2	12,57	3,71	3,57
H-48	2	Concentrado	2	13,15	3,39	4,39
D-48	3	Morera	1	13,27	3,60	3,64
B-66	3	Pasto	1	10,19	3,22	4,16
B-76	3	Concentrado	1	15,71	3,33	3,95
E-58	3	Morera	2	12,67	3,55	4,00
G-55	3	Concentrado	2	14,04	3,41	4,28
H-48	3	Pasto	2	11,74	2,94	4,18

1/ Valores ajustados para porcentaje de grasa, No. de parto y grupo racial, según Salgado (1989).

Cuadro 28A. Producción y composición de la leche sin corregir según vaca, período, tratamiento y grupo.

Vaca	Periodo	Trat.	Grupo	Prod. día	% Prot.	% Grasa	% S. tot.
D-48	1	Pasto	1	11,78	3,50	2,5	12,20
B-66	1	Concentrado	1	11,53	3,37	3,5	11,91
B-76	1	Morera	1	13,22	2,98	3,3	11,98
E-58	1	Concentrado	2	12,76	3,84	3,8	12,54
G-55	1	Pasto	2	11,16	3,39	3,0	13,03
H-48	1	Morera	2	11,71	3,26	3,7	12,68
D-48	2	Concentrado	1	12,24	3,41	3,6	12,21
B-66	2	Morera	1	10,45	3,43	4,3	11,32
B-76	2	Pasto	1	9,88	3,07	4,0	11,26
E-58	2	Pasto	2	9,86	3,33	3,7	11,70
G-55	2	Morera	2	11,42	3,71	3,5	11,87
H-48	2	Concentrado	2	11,95	3,39	4,3	12,25
D-48	3	Morera	1	13,27	3,50	3,6	13,57
B-66	3	Pasto	1	8,71	2,98	4,0	12,59
B-76	3	Concentrado	1	13,43	3,09	3,8	12,47
E-58	3	Morera	2	12,42	3,48	4,0	12,93
G-55	3	Concentrado	2	12,76	3,41	4,2	13,80
H-48	3	Pasto	2	10,67	2,94	4,1	13,09

Cuadro 29A. Consumo de materia seca total (% PV) de suplemento y de pasto por vaca, período, tratamiento y grupo.

Vaca	Per.	Trat.	Grupo	Cons MS Total	Cons MS Suple	Cons MS Pasto
D-48	1	Sólo pasto	1	2,32	0,00	2,32
B-66	1	Concent.	1	3,53	1,02	2,51
B-76	1	Morera	1	3,99	1,03	2,96
E-58	1	Concent.	2	4,13	1,02	3,11
G-55	1	Sólo pasto	2	3,24	0,00	3,24
H-48	1	Morera	2	4,14	1,01	3,12
D-48	2	Concent.	1	3,09	1,02	2,07
B-66	2	Morera	1	3,57	1,01	2,56
B-76	2	Sólo pasto	1	3,37	0,00	3,37
E-58	2	Pasto	2	3,01	0,00	3,01
G-55	2	Morera	2	3,87	1,01	2,85
H-48	2	Concent.	2	4,07	1,02	3,06
D-48	3	Morera	1	3,08	1,00	2,07
B-66	3	Sólo pasto	1	2,90	0,00	2,90
B-76	3	Concent.	1	3,94	1,04	2,89
E-58	3	Morera	2	3,92	1,00	2,92
G-55	3	Concent.	2	3,79	1,04	2,75
H-48	3	Sólo pasto	2	3,06	0,00	3,06



Cuadro 30A. Balance energético para cada tratamiento, con valores de DIVMS del pasto ofrecido.

Mcal ED <sup>1</sup> /vaca/día	Sólo pastoreo	Tratamientos Morera	Concentrado
<b>Requerimientos<sup>2</sup>,</b>			
Mantenimiento	12,25	12,38	12,30
Pastoreo (+ 30%)	3,68	3,71	3,69
Producción	15,23	18,27	19,07
Ganancia de peso	-2,09	-0,19	-1,69
<b>Total</b>	<b>29,07</b>	<b>34,17</b>	<b>33,37</b>
<b>Aportes</b>			
Pasto	23,78	22,27	21,91
Morera		12,59	
Concentrado			12,99
Melaza	3,17	3,17	3,17
<b>Total</b>	<b>26,95</b>	<b>38,03</b>	<b>38,07</b>
<b>Balance (A-R)</b>	<b>-2,12</b>	<b>3,86</b>	<b>4,70</b>

1/ ED = DIVMS x 4,409/100    2/ NRC (1978; 1988)

Cuadro 31A. Balance proteínico para cada tratamiento, con valores de proteína cruda del pasto ofrecido.

g PC/vaca/día	Sólo pastoreo	Tratamientos Morera	Concentrado
<b>Requerimientos<sup>1</sup></b>			
Mantenimiento	290,0	292,0	291,0
Producción	949,2	1108,8	1142,4
Ganancia de peso	-70,1	-6,7	-56,6
<b>Total</b>	<b>1169,1</b>	<b>1394,1</b>	<b>1376,8</b>
<b>Aportes</b>			
Pasto	833,3	785,2	772,7
Morera		623,2	
Concentrado			616,4
Melaza	26,3	26,3	26,3
<b>Total</b>	<b>859,6</b>	<b>1434,7</b>	<b>1415,4</b>
<b>Balance (A-R)</b>	<b>-309,6</b>	<b>40,6</b>	<b>38,6</b>

1/ NRC (1978; 1988).

Cuadro 32A. Consumo y eficiencia de utilización de la energía digestible y la proteína de vacas en pastoreo y suplementadas con Morera y concentrado.

Tratamiento	Mcal ED	Mcal ED	PC, g	PC, g
	vaca/día	kg leche	vaca/día	kg leche
Sólo pastoreo	26,95	2,38	859,6	76,07
Morera	38,03	2,88	1434,7	108,69
Concentrado	38,07	2,80	1415,4	104,07

Cuadro 33A. Cuadrados medios, significancia, efecto lineal y cuadrático por contrastes ortogonales y coeficiente de variación para las variables: producción de MS total y de hojas, biomasa comestible, biomasa digestible y PC comestible de la Morera plantada en asocio con Poró, en los dos cortes experimentales del año 2.

Fuente de variación	GL	MS <sup>1</sup> total	MS <sup>1</sup> hoja	MS <sup>1</sup> comes	MS <sup>1</sup> digest.	PC <sup>1</sup> comes
Bloque	3	821,7	72,4	84,1	53,7	2,5
Tratamiento	3	2350,5**	307,1**	438,8**	223,0**	15,0**
Efecto lineal	1	6720,2*	883,9*	1301,3**	649,3*	44,9**
Efecto cuadrat.	1	13,1	5,7	2,1	4,7	0,0
Error (a)	8	657,1	82,3	104,9	66,7	3,0
Corte	1	1525,3*	285,2*	199,3	154,0	8,0
Corte x trat.	3	2024,7**	265,1*	325,6*	206,8*	9,6*
Error (b)	11	240,0	43,5	57,2	35,8	1,7
CV		10,4	11,6	12,4	12,2	11,9

1/ CM x 10<sup>3</sup>

Cuadro 34A. Intervalos de confianza ( $p < 0,05$ ) para las variables de producción de la Morera plantada en asocio con Poró.

Tratamiento	MS total	Variables MS comestible	PC comest.
Testigo	5585 a 7533	1951 a 2795	346 a 500
0%	4890 a 6838	1770 a 2614	349 a 503
50%	5266 a 7214	1818 a 2662	350 a 504
100%	5493 a 7441	1987 a 2831	378 a 532