

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
COSTA RICA CATE

PROGRAMA DE ENSEÑANZA PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACION

ESCUELA DE POSTGRADO RECIBIDO

Turrialba, Costa Rica

EFFECTO DE LA SUSTITUCION DEL KING GRASS (*Pennisetum purpureum
Pennisetum typhoides) POR MORERA (*Morus sp*) SOBRE LOS PARAMETROS
DE DEGRADACION Y FERMENTACION RUMINAL DE CUATRO FORRAJES DE
CALIDAD CONTRASTANTE**

POR

XOCHILT ANA ESTRADA GUEVARA



Turrialba, Costa Rica

1997

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE
INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
CATIE

Biblioteca Conmemorativa
ORTON - IICA - CATIE

6 DIC 1997

RECIBIDO

Turrialba, Costa Rica

PROGRAMA DE EDUCACION
ESCUELA DE POSTGRADO
CATIE

EFFECTO DE LA SUSTITUCION DEL KING GRASS (*Pennisetum
purpureum* * *Pennisetum typhoides*) POR MORERA (*Morus sp*) SOBRE
LOS PARAMETROS DE DEGRADACION Y FERMENTACION
RUMINAL DE CUATRO FORRAJES DE CALIDAD CONTRASTANTE

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

Magister Scientiae

Por

XOCHILT ANA ESTRADA GUEVARA

Turrialba, Costa Rica
1997

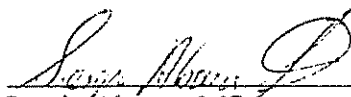
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma, por la Jefatura del Area de Postgrado en ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del CATIE y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar el grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

FIRMANTES:



Muhammad Ibrahim, Ph.D.
Profesor Consejero



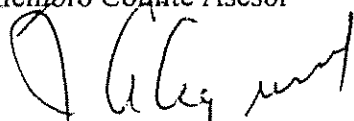
Sergio Abarca, MSc.
Miembro Comité Asesor



Alberto Camero, MSc.
Miembro Comité Asesor



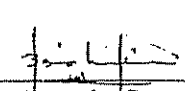
Carlos Hidalgo, MSc.
Miembro Comité Asesor



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



Markku Kanninen, Ph.D.
Director, Programa de Enseñanza



Xochilt Estrada Guevara
Candidato

DEDICATORIA

A la memoria de mi Madre, aquella que nos dió mucho amor durante su existencia.

A mi Padre, hermanos y sobrinos.

A mi esposo Roberto Herasme y mi bebé que aún está en mi vientre

A mi país de origen, Nicaragua.

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi eterna gratitud:

- * Al CATIE por haberme permitido ingresar al Programa de Maestría y facilitado el financiamiento para realizar mis estudios de Maestría.
- * Al Doctor Muhammad Ibrahim, Profesor Consejero, por su positiva orientación y oportunas sugerencias.
- * A los Maestros Sergio Abarca, Alberto Camero Rey y Carlos Hidalgo, Miembros del Comité Asesor, por el apoyo brindado y su valioso tiempo.
- * A la Doctora María Kass, por iniciarme en el tema.
- * Al Doctor Danilo Pezo, por su apoyo incondicional.
- * A Jonhhy Pérez y Gustavo López, por su valiosa cooperación en el análisis estadístico.
- * Al personal del Laboratorio de Nutrición Animal y de la Finca del CATIE, en especial a Francisco Núñez, trabajador de campo.
- * A mis compañeros de estudio, por compartir tan bonitas experiencias y conocimientos

CONTENIDO

	<u>Página</u>
RESUMEN	VIII
SUMMARY	IX
I. INTRODUCCION	1
II. OBJETIVOS	2
III. HIPOTESIS	2
IV. REVISION BIBLIOGRAFICA	3
V. MATERIALES Y METODOS	11
5.1 Localización del ensayo experimental	11
5.2 Tratamientos	11
5.3 Variables	11
5.4 Diseño experimental	12
5.5 Procedimiento analítico	14
5.6 Manejo y alimentación de los animales	15
5.6.1 Forrajes utilizados para el estudio de degradabilidad ruminal	15
5.7 Caracterización de los alimentos	16
5.8 Degradabilidad ruminal <i>in situ</i>	16
5.9 Tasa de pasaje a través del tracto digestivo	18
5.10 Determinación de los parámetros de fermentación ruminal	20
VI. RESULTADOS Y DISCUSION	22
6.1 Caracterización nutritiva de los forrajes en estudio	22
6.2 Parámetros de degradabilidad ruminal	25
6.2.1 Degradabilidad de la materia seca	25
6.2.2 Degradabilidad de la proteína cruda	31
6.2.3 Degradabilidad de la pared celular (FDN)	34
6.3 Tasa de pasaje a través del tracto digestivo	41
6.4 Parámetros de la fermentación ruminal	43
6.4.1 pH ruminal	43
6.4.2 Concentración de amoniaco en el rumen	45
6.4.3 Acidos grasos volátiles	48
VII. CONCLUSIONES	53
VIII. RECOMENDACIONES	53
IX. BIBLIOGRAFIA	54
ANEXOS	63

LISTA DE CUADROS

<u>En el texto</u>		<u>Página</u>
Cuadro 1.	Proteína Cruda y DIVMS de la Morera, Jaragua, Kikuyo y Brizanta (%)	22
Cuadro 2.	Parámetros de degradabilidad ruminal de la MS de los forrajes estudiados	25
Cuadro 3.	Coefficientes de correlación (r) entre la composición química de los forrajes y los parámetros de degradación de la MS	27
Cuadro 4.	Parámetros de degradabilidad ruminal de la PC de la Morera	32
Cuadro 5.	Parámetros de degradabilidad ruminal de la FDN de los forrajes estudiados	34
Cuadro 6.	Coefficientes de correlación (r) entre la composición química de los forrajes y los parámetros de degradación de la FDN	38
Cuadro 7.	Efecto del periodo y animal sobre las variables de degradación de los forrajes	38
Cuadro 8.	Tasa de pasaje en el tracto digestivo de cuatro diferentes dietas	41
Cuadro 9.	Concentración de N-NH ₃ en el rumen en función de los tratamientos y del tiempo de muestreo	45
Cuadro 10.	Efecto de diferentes niveles de Morera en la dieta sobre la producción y composición de los AGV	48
Cuadro 11.	Efecto del periodo y animal sobre las variables de fermentación ruminal	51
<u>En el anexo</u>		
Cuadro A1.	ANDEVA resumen de los parámetros de degradación ruminal de la MS	64
Cuadro A2.	ANDEVA resumen de los parámetros de degradación ruminal de la PC	64
Cuadro A3.	ANDEVA resumen de los parámetros de degradación ruminal de la FDN	64
Cuadro A4.	ANDEVA resumen de la tasa de pasaje experimentada en las dietas	65
Cuadro A5.	ANDEVA resumen de los parámetros de fermentación ruminal	65

LISTA DE FIGURAS

		<u>Página</u>
Figura 1.	Comparación de las fracciones del alimento de la Morera, Jaragua, Kikuyo y Brizanta	24
Figura 2.	Degradabilidad ruminal de la MS, datos promedio de las cuatro dietas	29
Figura 3.	Efecto de cuatro diferentes niveles de Morera en la dieta sobre la tasa de degradación de la MS de cuatro especies forrajeras	30
Figura 4.	Efecto de cuatro niveles de Morera en la dieta (0-100% MS) sobre la degradación cinética de la proteína cruda de la Morera	33
Figura 5.	Efecto de cuatro diferentes niveles de Morera en la dieta sobre la degradabilidad de la FDN de cuatro especies forrajeras	40
Figura 6.	Efecto de cuatro diferentes niveles de Morera en la dieta sobre el pH ruminal	44
Figura 7.	Efecto de cuatro diferentes niveles de Morera en la dieta sobre la relación acético - propiónico en el rumen	52

RESUMEN

ESTRADA G., X.A. 1997. Efecto de la sustitución del King grass (*Pennisetum purpureum* * *Pennisetum typhoides*) por Morera (*Morus sp*) sobre los parámetros de degradación y fermentación ruminal de cuatro forrajes de calidad contrastante.

Palabras claves: *Morus sp*, *Hyparrhenia rufa*, *Pennisetum clandestinum*, *Brachiaria brizantha*, bovinos, dietas, tasa de pasaje, pH, amonio, ácidos grasos volátiles.

La presente investigación tuvo como objetivo medir el efecto de la sustitución del King grass por Morera sobre los parámetros de fermentación y degradabilidad ruminal de la Morera y tres gramíneas tropicales de calidad nutritiva contrastante; Jaragua (*Hyparrhenia rufa*), Brizanta (*Brachiaria brizantha*) y Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*).

El estudio se realizó en el Laboratorio de Nutrición Animal y Finca Experimental del CATIE, bajo condiciones de Bosque tropical muy húmedo premontano.

Para determinar los parámetros de degradabilidad, fermentación y pasaje se usaron cuatro animales con fístula permanente al rumen, dos de raza Jersey con peso promedio de 315 kg y dos Romosinuano * Bramahn con peso promedio de 640 kg. Los tratamientos utilizados fueron cuatro dietas con diferentes niveles de Morera que sustituían en 0%, 33%, 67% y 100% al King grass. Los mismos fueron distribuidos bajo el diseño experimental cuadrado latino de sobrecambio, con 4 dietas, 4 animales y 4 periodos (cada periodo fue de 19 días, de los cuales 8 fueron de acostumbamiento a sus respectivas dietas y 11 experimentales).

Para determinar la degradabilidad de la materia seca y FDN de los forrajes se aplicó la técnica de digestión ruminal *in situ* utilizando bolsas de dacron, mantenidas en el rumen por 8, 16, 32, 48, 72 y 96 horas para la Morera, Kikuyo y Brizanta a excepción del Jaragua que permaneció 128 h. La degradabilidad de la proteína cruda se midió sólo en el caso de la Morera. La degradabilidad de la materia seca, proteína cruda y fibra detergente neutro fueron definidas por los Modelos descritos por Orskov y McDonald (1979) ($Y = a + b (1 - e^{-ct})$), Medina (1980) ($Y = A - b e^{-ct}$) y Espinoza (1983) ($Y = A (1 - e^{-c(t-t_0)})$), respectivamente. Adicionalmente se midió la tasa de pasaje de las dietas mediante la técnica propuesta por Uden (1980), y el pH, amoníaco y ácidos grasos volátiles (AGV).

Los resultados encontrados indican que los niveles de Morera en las dietas no afectaron los parámetros de la tasa de pasaje ni el pH a nivel ruminal, pero el uso de tales niveles aumentó la concentración de amonio, alteró la composición de los AGV hacia más propiónico y menos acético, mejorando la relación acético - propiónico en el líquido ruminal.

Se evidenció que las especies forrajeras estudiadas son diferentes en la degradabilidad de la materia seca y FDN. Se observó efectos significativos en la degradación de la PC de la Morera producto de los tratamientos, sin embargo la degradabilidad de las gramíneas (MS y FDN) no se vió afectada por los niveles de Morera en la dieta aunque para ella misma si se presentó.

Se concluye que la Morera representa una buena alternativa para mejorar los parámetros de degradabilidad ruminal lo cual podría contribuir a un uso más eficiente del forraje para la producción animal.

SUMMARY

ESTRADA G., X.A. 1997. The effect of substituting King grass (*Pennisetum purpureum*) with Morera (*Morus alba*) on rumen fermentation parameters and degradation of four forages of contrasting quality.

Key words: *Morus alba*, *Hyparrhenia rufa*, *Pennisetum clandestinum* and *Brachiaria brizantha*, bovines, diets, rate of passage, pH, ammonia, volatile fatty acids.

This study was conducted with the main objectives of determining the effect of substituting King grass (*Pennisetum purpureum* * *Pennisetum typhoides*) with Morera (*Morus sp*) on rumen fermentation parameters and the ruminal degradability of Morera and three tropical grass of contrasting nutritional quality; Jaragua (*Hyparrhenia rufa*), Brizanta (*Brachiaria brizantha*) and Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*).

The study was conducted at the Animal Nutrition Laboratory and Experimental Farm of CATIE, under conditions of very humid premontane tropical rainforest.

To determine the parameters of degradability, fermentation and passage rate, four animals with permanent rumen fistulae were utilised. Two Jersey cows weighing an average of 315 kg and two Romosinuano * Zebu weighing an average of 640 kg. The treatments were four diets of varying levels of Morera that substituted 0%, 33%, 67% y 100% of King grass in the diet. A Latin square change over experimental design was used with 4 diets, 4 animals and 4 periods (each period lasted 19 days, 8 days for adaptation to new diet and 11 days for experimental data collection).

To determine rumen degradability of DM and neutral detergent fiber (NDF) of the forages, the nylon bag technique was used with incubation periods of: 8, 16, 32, 48, 72 and 96 hours for Morera, Kikuyo and Brizanta, excepting Jaragua which remained for 128 hours. The degradability of the crude protein (CP) was measured only in the case of Morera. The degradability of the dry material, CP and neutral detergent fibre were adjusted by models described by Orskov and McDonald (1979) ($Y = a + b(1 - e^{-ct})$), Medina (1980) ($Y = A - b e^{-ct}$) and Espinoza (1983) ($Y = A(1 - e^{-c(t-t_0)})$), respectively. Additionally, the rate passage of the diets was measured by means of the technique proposed by Uden (1980); pH, ammonia and volatile fatty acids (VFA).

The results indicated that the level of Morera in the diets did not affect the parameters of the rate of passage and ruminal pH level. However, higher levels of Morera in the diet resulted in increased ruminal ammonia concentration. VFA composition was also affected as the proportion of morera in the diet was increased; higher concentrations of propionic acid were detected with high levels of morera. Ratio of acetic/propionic acid decreased with higher levels of morera in the diet.

DM and NDF degradation were different between forage species but there was no effect of morera levels of degradability of the three grasses studied. Significant effects of morera levels were observed on the degradation of CP of the Morera.

It is concluded that morera represent a good alternative for improving rumen degradation parameters which should contribute to more efficient use of forage for animal production.

1. INTRODUCCION

En el trópico, las dietas basales comúnmente usadas en los sistemas de producción animal provienen de pasturas con gramíneas nativas o introducidas. Sin embargo, éstas presentan limitaciones nutricionales que se traducen en bajo consumo de nutrientes digeribles, debido a una fermentación microbial deficiente, y consecuentemente con un flujo y absorción de nutrientes menor que el requerido por los rumiantes, haciéndose necesario la utilización de alimentos suplementarios (Lascano, 1996).

Ante esta evidencia, desde hace más de una década, el CATIE ha realizado investigaciones para valorizar el potencial forrajero de especies arbóreas y arbustivas de América Central como suplemento a dietas fibrosas de bajo a mediano valor nutritivo. El enfoque está basado en que los recursos forrajeros existentes en la región no son conocidos o se han sub-utilizado (Benavides, 1991), pero tienen un alto potencial nutritivo (Rojas *et al.*, 1992). Además de sus características forrajeras, muchas de estas especies favorecen la restauración de la fertilidad de los suelos y contribuyen a intensificar la productividad animal al integrarse en los sistemas de producción ganadera del trópico.

El follaje de la mayoría de las especies leñosas muestran contenidos de proteína cruda (PC) que superan al de los pastos y en algunos casos son similares a los concentrados comerciales más comúnmente utilizados para alimentar rumiantes (Benavides *et al.*, 1993). La DIVMS de algunos de estos materiales es elevada. Se reporta que el follaje de la Morera (*Morus sp*) tiene contenidos de proteína superiores al 14% y una DIVMS entre 75 y 85% (CATIE, 1986), la suplementación con biomasa comestible de esta especie aumenta la ganancia de peso y producción de leche en caprinos y bovinos (Rojas *et al.*, 1992). González (1996) reporta en bovinos Romosinuano de engorde ganancias de peso de 954 gr/animal/día cuando fueron suplementados con 2.8% PV de Morera fresca y 601 gr/animal/día con 2.5% PV de Morera ensilada.

Ante esta situación se ha considerado la alternativa de utilizar el forraje de la Morera como un material proveedor de suficiente nitrógeno y carbohidrato fermentable para el crecimiento óptimo de los microorganismos en el rumen; no existe información sobre los mecanismos que envuelven la fermentación y degradabilidad del alimento dentro del ecosistema ruminal, y la tasa de pasaje de dietas suplementadas con follaje de Morera (*Morus sp*). Por lo tanto, se pretende

generar información básica de la dinámica digestiva la que permitirá desarrollar sistemas de alimentación más eficientes y por consiguiente más económicos basados en la utilización de recursos alimenticios producidos en la finca.

Con base a lo anteriormente descrito se persiguen los siguientes objetivos,

II. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Medir el efecto de la sustitución del King grass (*Pennisetum purpureum* * *Pennisetum typhoides*) por Morera (*Morus sp*), sobre los parámetros de fermentación y degradabilidad ruminal de la Morera y tres gramíneas tropicales de calidad contrastante: Jaragua (*Hyparrhenia rufa*), Brizantha (*Brachiaria brizantha* CIAT 6780) y Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*).

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Medir parámetros de la fermentación ruminal (pH, Acidos Grasos Volátiles y Amonio)
- Determinar los parámetros de degradación ruminal de la Morera y tres gramíneas comúnmente utilizadas en el trópico centroamericano bajo los diferentes consumos de Morera.
- Determinar la influencia de los diferentes consumos de Morera sobre la tasa de pasaje de la dieta en el tracto digestivo.

III. HIPOTESIS

- La alteración de las condiciones ruminales provocado por el acceso a más Morera modifica los parámetros de la fermentación ruminal.
- Dieta con mayor porcentaje de Morera mejoran los parámetros de degradabilidad de la Fibra Detergente Neutro (FDN) en los forrajes en estudio.
- A medida que aumenta el consumo de Morera debido a la sustitución de Morera por King grass en las dietas se mejora la degradabilidad de la MS de las gramíneas en el rumen y disminuye la tasa de pasaje de la dieta a través del tracto digestivo.

IV. REVISION BIBLIOGRAFICA

4.1. LA MORERA (*Morus sp*), ESPECIE FORRAJERA

4.1.1. Origen y Características Generales

La Morera es un árbol que tradicionalmente se utiliza para la alimentación del gusano de seda. Pertenece al orden de las Urticales, familia Moracea y género *Morus*. Las especies más conocidas, *Morus alba* L. y *Morus nigra* L., parecen tener su origen al pie del Himalaya (Soo-Ho *et al.*, 1990). Se reportan buenos crecimientos en los siguientes rangos climáticos: temperatura de 18 a 38 °C; precipitación de 600 a 2500 mm; fotoperíodo de 9 a 13 horas/día; humedad relativa de 65 a 80% (Thing-Zing *et al.*, 1988); altitud desde el nivel del mar hasta los 4000 msnm (Soo-Ho *et al.*, 1990), extendiéndose desde zonas tropicales a templadas (Coto, 1996) por lo consiguiente es considerada una especie cosmopolita dada su capacidad de adaptación a diferentes climas y altitudes (Benavides, 1995). Aunque es una especie muy extractiva de nutrientes del suelo, es muy eficiente en la utilización de los mismos cuando se aportan como abono orgánico (Benavides *et al.*, 1993). La Morera puede producir buenas cantidades de biomasa comestible por unidad de área, 10.6 tm/ha/año en materia seca y 2.68 tm/ha/año de proteína cruda (Benavides *et al.*, 1993).

4.1.2. Composición Química y Degradabilidad Ruminal de la Morera

La característica más sobresaliente de esta especie es su calidad nutritiva. Lo particular de la Morera es que sobresalen los valores bromatológicos (Araya *et al.*, 1993), aunque las variaciones en la composición bromatológica son producto de la edad del material, la posición de las hojas en la rama y el nivel de fertilización (Benavides, 1995). Los análisis de laboratorio indican que su follaje tiene contenidos de PC superiores al 14% y valores de DIVMS entre 75 y 85% (CATIE, 1986; Araya *et al.*, 1994) y una digestibilidad *in vivo* del 79% (Benavides *et al.*, 1993).

Singh *et al.* (1989) indican que la Morera (*Morus alba*) tienen 33% de fibra detergente neutro (FDN), 28,1% de fibra detergente ácido (FDA), 4,9 % de hemicelulosa, 10,8 % de lignina, 19,2 % de celulosa, 16,8% de PC y 17,3% de ceniza. Los mismos autores indican además, una tasa de digestión de 0,044 %/horas, 77,6% de fracción degradable, 22,4% de fracción no degradable, con una degradabilidad efectiva de 49,4%. Por otra parte, trabajos realizados por Estivarís *et al.* (sp), al medir la degradabilidad ruminal mediante la técnica de la bolsa de nylon encontraron que la

degradabilidad inicial de la proteína del follaje de la Morera es del 40% y la degradabilidad potencial de la proteína es cerca del 90%.

4.1.3. La Morera usada como Suplemento Animal

La mayor parte de los trabajos realizados con Morera han sido con rumiantes evaluando el efecto de la suplementación de su follaje sobre el consumo y ganancia de peso. Por los resultados obtenidos de diferentes investigaciones de respuesta animal al usar Morera fresca en rumiantes, estos muestran que la calidad nutricional de esta leñosa es capaz de contribuir a incrementar la producción al ser usada como suplemento (Gonzales, 1996). Rojas y Benavides (1994) obtuvieron rendimientos en leche de 2.3 kg/cabra/día cuando estas consumieron pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) *ad livitum* y Morera a razón de 3,5% de PV en MS. Esquivel *et al.* (1996) trabajando con vacas holstein bajo pastoreo demostraron que es posible sustituir el 65% de la suplementación en base a concentrado por Morera fresca sin afectar los niveles de producción (18 kg/leche/día en la segunda parte de su período de producción). Oviedo *et al.* (1994) encontraron rendimientos de 876 kg/lactancia de 300 días en cabras alimentadas con una dieta compuesta de 64% king grass y 36% Morera. Oviedo (1995) encontró con vacas en pastoreo y suplementadas con Morera fresca, concentrado comercial y sin suplemento rendimientos de 12.1, 12.4 y 10.3 kg de leche/animal/día, respectivamente, concluyendo que fue igual la respuesta en producción de leche a la suplementación con Morera o concentrado comercial. En la zona seca de Guatemala y durante el verano, Velásquez *et al.* (1994) observaron que la suplementación con Morera a una dieta base de ensilaje de sorgo permite mejorar el consumo voluntario total y la ganancia de peso de novillos de engorde, pues al suplementar a razón de 0, 0.5, 1 y 1.5 % del peso vivo en materia seca las ganancias de peso obtenidas fueron de -128, -29, 164 y 195 g/an/día, respectivamente.

4.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS GRAMÍNEAS EN ESTUDIO

En muchas áreas pastoriles del mundo, el recurso básico es el pasto, el cual resulta bajo en proteína total y N fermentable (Leng *et al.*, 1995). En Costa Rica el 77% del área total bajo pasturas es dominada por pastos poco productivos nativos y naturalizados, siendo las principales especies *Ischaemum ciliare*, *Axonopus compressus*, *Brachiaria radicans* y *Paspalum sp.* (Ibrahim, 1994). El resto del área consiste en pastizales mejorados del cual los principales son *Cynodon nlemfuensis* (14%), *Brachiaria sp* (6%), *Hyparrhenia rufa* (3%) (SEPSA - CNP, 1990).

Los pastos mejorados presentan valores de digestibilidad cercanos al 60% y proteína cruda alrededor del 12%, aunque es variable por que lo puede afectar la época del año, fertilización, carga animal, otros. El contenido aproximado de proteína cruda del heno Jaragua es de 4.1% en base seca y DIVMS de 35,4% (Camero, 1991); el Kikuyo presenta contenidos de proteína cruda y DIVMS de 16,8% y 67%, respectivamente (Avila, 1973) y el pasto Brizantha presenta aproximadamente un 11,5 % de proteína cruda y 64,1 % de DIVMS (Ibrahim, 1994). Estas especies, Jaragua, Kikuyo y Brizantha, tienen una producción diaria de 35 kgMS/ha, 40 kgMS/ha y 68 kgMS/ha, respectivamente (Prado, 1995).

El mismo autor indica que el Jaragua es una de las especies forrajeras que mejor soporta la sequía (cuya estación seca es de seis meses), ésta se adapta muy bien desde el nivel del mar hasta los 1500 m así como a condiciones de humedad con más de 3000 mm anuales de precipitación, mientras que el Kikuyo requiere de una precipitación pluvial que supere los 1000 mm/año y altitudes mayores de 1800 msnm hasta los 2800 msnm. y *Brachiaria brizantha* cuyo rango de adaptación vá desde el nivel del mar hasta los 1800 m de altura y precipitaciones media anual de los 1000 a 4500 mm aunque es una planta que ha mostrado buena tolerancia a la sequía.

4.3. DEGRADABILIDAD DE LOS ALIMENTOS

El rumen es un ecosistema complejo, en el cual los alimentos ingeridos por los animales desaparecen del tracto gastrointestinal, ya sea a través de su digestión y absorción o por medio del pasaje a otro compartimento. Consecuentemente, la degradación que sufre un alimento en un compartimento dado, o en el tracto digestivo es el resultado de dos fuerzas competitivas que actúan simultáneamente, la tasa de pasaje y la tasa de degradación (Ellis, 1978; Pezo, 1990).

La alimentación de rumiantes basada en forrajes depende de la degradación microbiana de la celulosa y hemicelulosa como fuente de energía, dado que la mayor proporción de la energía que necesitan es suplida por las células microbiales del rumen (Shirley, 1986).

La desaparición de los componentes alimenticios en el rumen es un proceso complejo que depende de numerosos factores que incluye las propiedades químicas y físicas del alimento, las tasas de fermentación de los componentes y tasa de pasaje al omaso (Bergen y Jokoyama, 1977).

La calidad de los forrajes y alimentos fibrosos generalmente varían debido a la edad de la planta, ocurriendo cambios en la composición química que envuelve reducciones de la proteína bruta y de los carbohidratos fácilmente fermentables, acompañados de un incremento en las proporciones de carbohidratos estructurales y lignina lo que influye en la caída de la digestibilidad (Zea y Díaz, 1990); Wanapat (1987) reporta que *Stylosanthes hamata* tenía una alta tasa de digestibilidad de la materia seca (0.725 h) a edad joven pero con la madurez declinó en valor nutritivo presentando una caída por día a 0.0026 h, así como ocurre en pastos tropicales.

La calidad nutritiva de los forrajes es afectada por la forma física; el picado y el aglomerado (pellet) de alimentos toscos a menudo incrementa el consumo voluntario y disminuye la digestibilidad de la fibra (Osourn *et al.*, 1981). Uden (1988) encontró que el picado del forraje disminuyó la tasa de degradación de la FDN de 0.09 a 0.05 h⁻¹ e incrementó el período prefermentativo de 2 a 3 h.

La adición de proteína como suplemento a forrajes de baja calidad ha incrementado el consumo voluntario y la digestibilidad (Crabtree y Williams, 1971). Característica en la cual sobresalen muchos de los forrajes arbustivos que proveen una fuente valorable de proteína y NNP (Smith y Van Houtert, 1987); pudiendo representar la fracción NNP hasta el 50% en algunas leguminosas y un 30 % del total de N presente los forrajes inmaduros (Nolan, 1993). Muinga *et al.* (1995) observó que la suplementación progresiva de 0, 1 y 2% de *Leucaena* en la dieta incrementó la concentración de nitrógeno amoniacal en el rumen en novillos y que la tasa de degradación en el rumen del napier aumentó.

Las diferencias en degradación ruminal de especies forrajeras, C₃ y C₄, han sido resultado directo de la disposición anatómica de los tejidos, las cuales han sido atribuidas a que tienen mecanismos fotosintéticos diferentes (Akin, 1979); Brown y Pitman (1991) encontraron que la tasa de degradación ruminal de la fracción de N potencialmente degradable fue mayor en las leguminosas *Aeschynomene americana* e *indigofera irsuta* (24 - 44%/h) que en las gramíneas *Paspalum notatum* y *Hemarthria altissima* (6-18%/h).

En comparación con animales monogástricos los rumiantes disponen una gran capacidad gástrica que sostiene una variada y densa población de microorganismos (bacterias, hongos y protozoas) que en dietas basadas en forrajes los organismos que fermentan la pared celular son los

celulolíticos (Bird *et al.*, 1990), sin embargo éstos decrecen cuando es adicionada una fuente de carbohidratos lo que afecta la degradabilidad de la fibra (Hoover, 1986). Simpson (1984) adicionó una variedad de fuentes de carbono en cultivo *in vitro* donde los microorganismos del rumen crecían sobre un medio celulolítico y demostró que los diferentes carbohidratos deprimían la digestión de la celulosa y los microorganismos *Ruminococcus alba* fueron inhibidos.

Una importante característica de muchos de los forrajes arbustivos es que proveen una fuente valorable de proteína y nitrógeno no proteico para ser utilizados en el rumen (Smith y Van Houtert, 1987). Cuando existe una deficiencia de nutrientes como es el amonio en el rumen, el crecimiento microbial y por ende la tasa de degradación de los forrajes es afectado (Leng *et al.*, 1991). En este aspecto hay un amplio rango de nitrógeno amoniacal reportado como óptimo (Hoover, 1986).

Diversos compuestos vegetales secundarios como la lignina influyen sobre el lugar, velocidad y cuantía de la digestión de los carbohidratos así como también sobre la utilización de los carbohidratos por el animal (Fahey *et al.*, 1988). la presencia de éstos en hojas y tallos tiernos de árboles y arbustos forrajeros puede ser una limitante en la degradación de los componentes de la planta (Kumar, 1991).

4.4. TASA DE PASAJE

El alimento ingerido por el animal desaparece de un compartimento a otro a través de la digestión y absorción o pasaje; así substratos con muy baja tasa de degradación como los alimentos fibrosos pueden ser perdidos por bacterias y el rumiante, dado que no pueden ser retenidos suficiente tiempo en el rumen para ser fermentados (Van Soest, 1982).

Se ha encontrado que la tasa de pasaje es afectada por la dieta (Faichney, 1993). El tamaño de la partícula del alimento es inversamente relacionado con el tiempo de retención en el rumen, así raciones que contienen partículas de menor tamaño hay un pasaje más rápido (Bull *et al.*, 1979). Prigge *et al.* (1993) señala que en bovinos el forraje *Panicum virgatum* picado a 1 mm pasó más rápidamente que picado a 5mm, a la vez el pasaje de partículas pequeñas (1mm) por el retículo-

rumen fue más grande en animales alimentados con *Panicum Virgatum* L que con *Dactylis glomerata* L.

También hay evidencias que el tiempo de retención en el rumen de las partículas incrementa así como el consumo del alimento disminuye (Grovm y Williams, 1977), así mismo Grovm (1984) ha documentado que con el aumento del nivel de consumo con la misma dieta hay un correspondiente incremento en la tasa de pasaje.

Bovinos alimentados con forrajes frescos con alto contenido de humedad en comparación a dietas basales utilizando forrajes secos experimentan un rápido pasaje por el rumen, efecto que fue determinado en ovejas por Pasha *et al.* (1994).

4.5 FERMENTACION RUMINAL

4.5.1 pH ruminal

El pH está relacionado con la composición de la dieta suministrada al animal. Los forrajes ricos en carbohidratos estructurales tienen una velocidad de fermentación más lenta lo que favorece un pH de 6,5-7,0 y el desarrollo de hongos y bacterias celulolíticas, de modo que en los productos finales de la fermentación hay una mayor proporción de ácido acético, mientras que forrajes de mejor calidad nutritiva tienen una velocidad de fermentación media favoreciendo un pH entre 6-6,5 y la formación de ácido propiónico (Sanz, 1990). así animales alimentados con heno el pH que presentó fue de 6.0 y la composición de los ácidos grasos volátiles fue para acetato, propionato y butirato de 70.4, 17.5 y 9.5, respectivamente, en cambio cuando los animales fueron alimentados con sorgo más 85% de concentrado el pH observado fue de 5,5 y la composición de los ácidos grasos volátiles fue para acetato, propionato y butirato de 55.2, 35.3 y 7.1 mol/100 moles, respectivamente (McCarthy, 1989).

Existe una relación entre la hora que consume el alimento el animal y el pH del rumen, aunque esta fluctuación en el día lo normal es que no resulte marcada en dietas a base de forrajes pero es extremadamente pronunciada en caso de dietas ricas en concentrados (Zea y Díaz, 1990).

El pH del rumen es uno de los factores ecológicos más variables que pueden influir profundamente sobre la población microbiana (Russell *et al.*, 1979). Las bacterias celulolíticas y por ende la actividad de la celulasa queda inhibida por debajo de un pH de 6,0 (Stewart, 1977); es así que Slyter (1981) demostró alimentando a novillos con una dieta basada en forrajes y con el uso de aditivos para variar el pH del rumen el efecto que trae consigo el cambio del pH sobre la actividad microbiana y por ende sobre la utilización del orchardgrass, encontrando que la degradabilidad de la fibra detergente neutro a los pH iniciales de 7.5, 7.0, 6.5, 6.0, 5.5 y 5.0 fueron de 51.4, 50.7, 44.0, 41.2, 25.2 y 11.5 (%), respectivamente.

4.5.2 Amonio en el rumen

Las dietas ejercen un total efecto sobre la concentración de amonio en el rumen. Un aumento progresivo en la digestibilidad de la materia seca del alimento se presenta a medida que las necesidades de amoniaco por los microorganismos ruminales van siendo satisfechos, pero una vez alcanzados los requerimientos de amonio y el subsiguiente incremento en la concentración no hay una respuesta a un aumento en la digestión de la materia seca (Mehrez *et al.*, 1977). Ortega (1979) observó que la desaparición de la materia orgánica incrementó cuando el contenido de amonio aumentó en el rumen a 6.3 mgNH₃/100ml pero no difirió con 8.7 mgNH₃/100ml.

Los forrajes frescos usualmente altos en proteína y carbohidratos solubles, especialmente las leguminosas, favorecen el aprovechamiento de las dietas basales de baja calidad (Nolan, 1993) pero puede ocurrir que la tasa de asimilación de la proteína cruda de la dieta sea rápida y exceda los requerimientos de amonio de los microorganismos tal que sucedan pérdidas sustanciales de nitrógeno dietético previo al duodeno (Beever, 1993) o bien la proteína esté protegida de la fermentación ruminal entonces los niveles de amonio en el rumen pueden llegar a ser muy bajos aunque el porcentaje de proteína presente en el forraje sea alto (Preston y Leng, 1989) ya que puede existir baja degradabilidad ruminal real y se obtiene baja concentración de amoniaco en el rumen (Alagon, 1990).

Existe controversia sobre la concentración de amonio en el rumen necesario para matener una función ruminal óptima (Huber y Limin, 1980); Mehrez *et al.* (1977) reporta que la concentración óptima de NH₃ en el rumen para una máxima tasa de fermentación de dietas forrajeras puede ser diferente a la registrada con dietas suplementadas con cebada, la cual resultó

ser de 235 mg/l de licor ruminal. Preston y Leng (1989) consideran que en dietas fibrosas los niveles amoniacales en el rumen deben estar por encima de 50 mg/l y que por debajo de ese valor limita la síntesis proteica. Satter *et al.* (1979) concluyen que la producción de proteína microbiana fue maximizada cuando las concentraciones de amonio en el rumen alcanzan de 2 a 5 mg NH₃/100ml; sin embargo, Mehrez y Orskov (1977) señalan que la máxima tasa de degradación del sustrato fermentable se lleva a cabo cuando las concentraciones de NH₃ en el rumen son superiores a las reportadas para la máxima producción microbiana.

La concentración de amoniaco en el líquido ruminal puede tener un nivel bajo situación crítica por períodos prolongados sobre todo cuando se utilizan dietas fibrosas de baja digestibilidad, dado que puede limitar el crecimiento microbiano, aunque el promedio encontrado exceda el óptimo para la síntesis de proteína microbiana (Coppock *et al.*, 1976).

4.5.3 Los ácidos grasos volátiles

La concentración de los ácidos grasos volátiles totales en dependencia de la composición de la dieta varía de 30 a 200 mM/l licor ruminal, pero es normal entre 70 y 130 mM/l licor ruminal); en el caso de una alimentación basada en pastos, el ácido acético puede representar del 50 al 70% de la totalidad de los AGV en el rumen. al mismo tiempo, al aumentar la madurez y el contenido de fibra el nivel de acético aumenta y propiónico y butírico disminuye, lo que produce una caída en la digestibilidad (France y Siddons, 1993). La suplementación con *Sesbania sesban* a una dieta basal de paja mejoró los niveles de AGV totales comparado a solo la dieta basal (102 mmol/l vs 92 mmol/l licor ruminal) y la proporción molar de los AGV mejoró con la suplementación observándose para la paja suplementada con *Sesbania sesban* y solo paja la relación siguiente: acético (73 vs 78), propiónico (18 vs 13) y butírico (8 vs 7) (Bonsi *et al.*, 1995).

V. MATERIALES Y METODOS

5.1. LOCALIZACIÓN DEL ENSAYO EXPERIMENTAL

El ensayo se realizó en la Finca Experimental y Laboratorio de Fitoquímica del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica, situada a 602 m.s.n.m., 10^o 53' latitud norte y 83^o 38' longitud oeste; con temperatura media anual de 22^o C, precipitación pluvial media anual de 2,599 mm y humedad relativa de 90.4% (CATIE 1987), correspondiendo el área a una zona ecológica de bosque muy húmedo premontano, según la clasificación de Holdridge (1978).

5.2. TRATAMIENTOS

En este estudio se evaluó el efecto de diferentes niveles de Morera sobre los parámetros de fermentación y degradabilidad ruminal de cuatro especies contrastantes en calidad forrajera. Los niveles de Morera fueron: 0 % Morera - 100 % King grass, 33 % Morera - 67 % King grass, 67 % Morera - 33 % King grass y 100 % Morera - 0 % King grass. Los forrajes en estudio fueron: Morera (*Morus sp*), Jaragua (*Hyparrhenia rufa*), Brizantha (*Brachiaria brizantha* CIAT 6780) y Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*).

5.3. VARIABLES

En el presente estudio se realizaron tres experimentos simultáneos, que incluían los parámetros de degradabilidad ruminal *in situ* de los forrajes, de pasaje de las dietas en el tracto digestivo y de fermentación ruminal.

Las variables de la degradación ruminal *in situ*, fueron para la Materia Seca (MS) de los forrajes: Degradación inicial (%), Tasa de degradación (h), Degradación potencial (%) y Degradación real de la Morera (%); para la FDN de los forrajes: Degradación potencial (%), tasa de degradación (%), período prefermentativo (h) y Degradación real de la Morera (%); y para la Proteína cruda de la Morera: Degradación potencial (%), Fracción degradada por los microorganismos (%), Tasa de degradación (h) y Degradación real de la PC de la Morera (%).

Las variables de la tasa de pasaje por el tracto digestivo, fueron: Tiempo de tránsito (h), Tasa de pasaje por el rumen (%/h), Tasa de pasaje por el tracto posterior (%/h), Tiempos de retención en el rumen (h) y Tiempo de retención por el tracto posterior (h).

Las variable de la fermentación ruminal fueron: pH, Amonio (mg N-NH₃/l), Acidos grasos volátiles (mmol/l), Acido acético (%molar), Acido propiónico (% molar), Acido butírico (%molar) y relación acético-propiónico.

5.4. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para detectar si existen diferencias significativas en los parámetros de degradabilidad ruminal (MS y FDN) entre los forrajes producto de los tratamientos y entre tratamientos, se utilizó el diseño experimental Cuadrado Latino se Sobrecambio (4 x 4) en un Diseño de Parcelas Divididas. Donde el primer factor (parcela grande) es el nivel de sustitución de la Morera por king grass (los tratamientos) y el segundo factor (subparcelas) son los forrajes (Morera, Kikuyo, Jaragua y Brizantha), en cuatro repeticiones, los cuales se evaluaron a través del siguiente modelo lineal:

$$Y_{ijkl} : \mu + P_i + \sigma_j + \epsilon_k + E_{(a)} + B_l + (\epsilon B)_{ij} + E_{ijkl}(b)$$

Donde los sub-índices representan:

i = 1,2,3 y 4 períodos

j = 1,2,3 y 4 animales

k = 1,2,3 y 4 niveles del factor A (tratamientos)

l = 1,2,3 y 4 niveles del factor B (forrajes)

Donde :

Y_{ijk} = Cualquiera de las variables respuesta en estudio

μ = Media general

P_i = Efecto de la hilera i (períodos)

σ_j = Efecto de la columna j (animal)

α_k = Efecto del i-ésimo nivel del factor A

$E(a)$ = Error (a)

β_l = Efecto del j-ésimo nivel del factor B

$(\alpha\beta)_{kl}$ = Efecto de la interacción entre los factores A y B

E_{ijkl} = Error experimental

El análisis de varianza del modelo anterior se desglosa de la siguiente manera:

Fuente de Variación	gl
Filas (Período)	3
Columnas (Animal)	3
Factor A	3
Error (a)	6
Factor B	3
Interacción (A*B)	9
Error (b)	36
Total	63

Ante la presencia de diferencias significativas entre tratamientos, forrajes y la interacción tratamientos * forrajes se sometieron a la Prueba de Duncan.

Se utilizó el mismo diseño estadístico para los parámetros de fermentación ruminal, siendo el Factor A los tratamientos y el B los tiempos de muestreo. En cambio, los parámetros de Pasaje, degradación de la PC de la Morera y Degradación Real de la MS, PC y FDN de la Morera se utilizó un Cuadrado Latino, utilizando el siguiente modelo lineal:

$$Y = \mu + \beta_i + \alpha_j + \tau_k + \epsilon_{ijk}$$

Donde los sub-índices representan :

$i = 1, 2, 3$ y 4 períodos

$j = 1, 2, 3$ y 4 animales

$k = 1, 2, 3$ y 4 tratamientos

Donde:

- Y_{ijk} = Cualquiera de las variables respuesta descritas
 μ = Media general
 β_i = Efecto de la hilera (períodos)
 γ_j = Efecto de la columna (animal)
 τ_k = Efecto de los tratamientos
 ϵ_{ijk} = Error experimental

El análisis de varianza del modelo anterior se desglosa de la siguiente manera:

Fuente de Variación	gl
Filas (Período)	3
Columnas (Animal)	3
Tratamientos	3
Error (b)	6
Total	15

De igual forma, ante las diferencias significativas encontradas, estas variables fueron sometidas a la Prueba de Duncan.

5.5. PROCEDIMIENTO ANALÍTICO

Los datos procedentes de campo y laboratorio referentes a degradación ruminal y tasa de pasaje en el tracto digestivo en función del tiempo, fueron analizados estadísticamente mediante regresiones, usando para esto los valores de las repeticiones. Se probaron diferentes modelos de regresión y se seleccionaron aquellos de mayor ajuste, que además tuvieran congruencia biológica. Para la degradación *in situ* de los forrajes se utilizó el procedimiento de regresión no lineal (NON-LIN) de Marquardt, incluido en el paquete estadístico SAS (1982). Se realizaron correlaciones entre la composición química inicial de los forrajes y los parámetros de degradación de la MS y FDN de los mismos. Las variables respuestas de la degradación, pasaje y fermentación ruminal fueron sometidas a diseño experimental y a la Prueba de Duncan.

5.6. MANEJO Y ALIMENTACIÓN DE LOS ANIMALES

Los animales fistulados fueron de diferentes razas (2 Brahman* Romosinuano y 2 Jersey); los dos romosinuanos tuvieron un peso promedio de 640 kg mientras que los Jersey 315 kg.

Durante todo el ensayo los animales fueron desparasitados y ubicados en corrales individuales (área = 20 m²) provistos de agua y sal mineral *ad libitum*.

El alimento (Morera y King grass) se les ofreció a los animales verde y picado de manera separada en los comederos acorde a los tratamientos, una vez al día por la mañana. Los animales fueron alimentados con dietas que contenían diferentes proporciones de King grass y Morera. Para garantizar los niveles de Morera en las dietas a los animales se les suministró 2.5 kgMS/100 kgPV. Las proporciones de los forrajes se les asignó aleatoriamente a los cuatro animales según los tratamientos a utilizar.

El King grass ofrecido como dieta basal tenía contenidos de proteína cruda y digestibilidad *in vitro* de la materia seca de 8,7% y 57%, respectivamente.

Los animales tuvieron 8 días de acostumbramiento a sus respectivas dietas, y 11 días de colecta de datos, en cuatro periodos experimentales.

5.6.1. Forrajes utilizados para el Estudio de Degradabilidad Ruminal

Las especies forrajeras utilizadas fueron Morera (*Morus* sp), Jaragua (*Hyparrhemia rufa*), Brizantha (*Brachiaria brizantha* CIAT 6780) y Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). La edad de corte usada para determinar la degradabilidad ruminal fue la que los productores utilizan en los potreros, los cuales fueron: 24 días en Brizantha, 30 días en Kikuyo, 50 días en Jaragua y 90 días en Morera, aproximadamente, en estado vegetativo e independientemente de la aplicación o no de fertilizantes. La altura de corte fue similar a la que consumen los animales en sistemas de pastoreo rotacional; en las especies rastreras de aproximadamente 10-15 cm, en macollosas de 20-25 cm sobre el nivel del suelo. De la Morera se utilizó follaje y un 40% del tallo.

5.7. CARACTERIZACIÓN DE LOS ALIMENTOS

Con el fin de conocer el potencial nutritivo del material en evaluación se analizó: materia seca (MS), proteína cruda (PC), digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS), N ligado a la pared celular y fraccionamiento de la fibra, según las técnicas descritas por KASS (sp) (1996).

5.8. DEGRADABILIDAD RUMINAL *in situ*

Para determinar la degradabilidad ruminal *in situ* de la MS y la pared celular (FDN) de los pastos en estudio (Jaragua, Brizantha y Kikuyo) y la MS, pared celular y PC de la Morera, se aplicó la técnica de la bolsa porosa de dacrón, según la metodología descrita por Orskov, Hovell y Mould (1980).

Los forrajes se incubaron secos a 65 °C y molidos en una criba de 2 mm. Se colocaron bolsas de dacrón de aproximadamente 17 cm de largo por 9 cm de ancho, con un poro promedio de 52 μ , las costuras selladas con goma de silicón y los bordes inferiores redondeados. El tamaño de la bolsa y el peso de las muestras permitió mantener una relación de 16.3 mg/cm². Se colocaron cinco gramos de muestra en cada bolsa para cada forraje en cada animal durante cuatro periodos, en los siguientes tiempos de incubación: 0, 8, 16, 32, 48, 72 y 96 horas, a excepción del Jaragua que llegó hasta las 128 horas, siendo el número total de bolsas incubadas por animal de 29 por corrida. Las bolsas se cerraron con un cordón de nylon de 50 cm de largo y fueron amarrados a una cadena de acero inoxidable de 40 cm de largo, la cual fue depositada en el saco ventral del rumen.

Luego de retirar las bolsas del rumen, se lavaron con agua potable, hasta que el agua presentó un tono prácticamente incoloro, requiriendo un tiempo de enjuague de 5 minutos por bolsa, se exprimieron cuidadosamente y se secaron a 60 °C por 48 horas. Un conjunto de bolsas no incubadas (0 horas) pero conteniendo cada una de las muestras, fueron lavadas y secadas en similares condiciones. En el residuo de las bolsas que contenía a las gramíneas se analizó MS y FDN, y en el residuo de la Morera se analizó MS, FDN (Goering y Van Soest, 1972) y PC (Bateman, 1970)

Con estos métodos se calcularon la degradación de la MS, PC y FDN, según la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Degradación} : Ci (g) - Cr (g) / Ci (g) * 100$$

Ci = Cantidad inicial (g)

Cr = Cantidad residual (g)

Se midió la degradabilidad inicial, potencial y tasa de degradación de la MS, de los cuatro forrajes mediante el modelo exponencial descrito por Orskov y Mc Donald (1979)

$$P = a + b (1 - e^{-ct})$$

donde,

P = porcentaje de degradación acumulada en el tiempo "t", %.

a = intercepto de la curva de degradación cuando t=0 (degradabilidad inicial), %.

b = fracción degradada por acción de los microorganismos, %.

c = tasa de degradación, horas.

t = tiempo de incubación en el rumen, horas.

Con este modelo se calculó la degradabilidad potencial (a+b) o máximo de degradación cuando $t = \infty$.

En la degradación de la proteína cruda de la Morera se utilizó el modelo propuesto por Medina (1980).

$$Y = A - b e^{-ct}$$

donde,

Y = Degradabilidad ruminal acumulativa de la proteína cruda del forraje, %.

- A = Degradabilidad potencial de la PC en el rumen, %.
 b = Fracción degradada por los microorganismos del rumen, %.
 c = Tasa de degradación de la PC en el rumen, h.
 t = Tiempo de incubación, h.

La degradación de la pared celular de los cuatro forrajes se usó el modelo de Espinoza (1983).

$$Y = A (1 - e^{-b(t-l)})$$

donde,

- Y= Degradabilidad acumulativa de los constituyentes de la pared celular al tiempo t.
 A= Degradabilidad potencial de los CPC, %.
 b = Tasa de degradabilidad de los CPC, h.
 t = Tiempo de incubación, h.
 l = Largo del período prefermentativo, h.

Se tomó de los parámetros de la Tasa de Pasaje el Tiempo de Retención en el rumen (h) del nivel 100% Morera para estimar la Degradación Real de la MS, PC y FDN de la Morera mediante cada Modelo antes expuesto reemplazando el tiempo por el del Tiempo de Retención en el Rumen en cada uno de ellos.

5.9. TASA DE PASAJE A TRAVÉS DEL TRACTO GASTROINTESTINAL

Para determinar la tasa de pasaje de la dieta a través del tracto digestivo se utilizó fibra impregnada con Cr₂O₃, según la técnica propuesta por Uden (1980) y modificada por Kass y Rodríguez (1989).

- a. En cada animal a través de la fístula se colectó 1 kg de contenido ruminal en base fresca, la cual posteriormente se lavó en una criba de 3 mm para eliminar rápidamente el líquido ruminal y las partículas más pequeñas.

- b. El material lavado fue sumergido en una solución detergente comercial, tratando de remojar totalmente el forraje y dejándolo en reposo por 24 horas. Luego se eliminó el detergente mediante un enjuague con agua potable en una criba de 3 mm con abundante agua para su posterior secado a 64°C en un horno de ventilación forzada por 24 horas.
- c. Se adicionó una solución de dicromato de sodio (NaCr_2O_7) al 15 % cubriendo la fibra, lo cual permitió tener una cantidad de cromo equivalente al 10% de la fibra utilizada.
- d. Se cubrió con papel aluminio, formando un paquete para cada material de tal forma que no permitiera pérdidas de cromo, colocándose en el horno a 104°C por 24 horas.
- e. Se hizo un nuevo enjuague suave para eliminar únicamente el exceso de cromo (en estado de oxidación). Se sumergió en agua y se le adicionó píldoras de vitamina C, dejándose reposar por una hora, donde a expensas del ácido ascórbico, ocurrió la reducción del cromo.
- f. Cuando la fibra tomó color verde (cromo en estado de reducción), se lavó para secarla a 65°C.

El marcador se suministró a cada animal en una dosis única de 50 g de fibra impregnada con cromo, pesándola junto con la bolsa de papel, la cual se introdujo con la mano por la fistula ruminal (lo más profundo posible en el saco ventral del rumen) rompiéndola luego y dejándo que la fibra impregnada con cromo se mezcle con el contenido ruminal (el papel de la bolsa quedó en el rumen).

Las muestras de heces se colectaron directamente del recto, tomando como tiempo cero el momento en que se depositó la fibra, a partir del cual se muestreó a las 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 40, 48, 56, 64, 72, 96 y 110 horas después de la administración del marcador; éstas fueron secadas a 65 ° C, molidas a 1 mm y sometidas al análisis de cromo por la técnica descrita por Kass (1996).

Para calcular la tasa de pasaje se utilizó el método propuesto por Van Soest, Uden y Wirck (1983), usando el modelo de Grovum y Williams (1973), el cual se describe a continuación:

$$C_{ux} = C_{uo} * K_1 / (K_2 - K_1) (e^{-K_1 (t - \pi)} - e^{-K_2 (t - \pi)})$$

donde,

C_{ux} = concentración del marcador en la MS de las heces.

C_{uo} = concentración inicial del marcador en el rumen al tiempo cero.

K_1 y K_2 = tasas.

TT = tiempo de tránsito.

La estimación de la tasa de pasaje en el rumen (K_1), se asoció con el coeficiente "b" de la primera regresión y este a su vez se multiplicó por el factor 2.303 y 100 para expresarla como porcentaje por hora (Smith et al., 1971). Igualmente para la tasa de pasaje por el tracto posterior (K_2), el coeficiente "b" de la segunda regresión (calculado a partir de la diferencia entre los valores extrapolados de la primera regresión y los observados en los tiempos inmediatamente anteriores al tiempo donde fue máxima la concentración de cromo) fue multiplicado por 2.303 y expresada en porcentaje por hora.

5.10. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE LA FERMENTACIÓN RUMINAL

Para determinar los parámetros de la fermentación ruminal (pH y N amoniacal) se obtuvieron muestras del licor ruminal a mediados de cada período de experimentación por dos días consecutivos y tres muestreos diarios a diferentes horarios (0, 3 y 8 horas después del suministro de la dieta matutina) mientras que para AGV se consideraron dos muestreos (3 y 8 horas) durante dos días seguidos y en los cuatro períodos de experimentación. Inmediatamente después del muestreo se midió el pH mediante lectura directa del potenciómetro¹ con electrodo de vidrio, utilizando líquido ruminal obtenido a través de cánula, en cada uno de los animales fistulados.

La muestra fue dividida entre dos frascos de vidrio de 100 ml cada uno; a uno de los frascos de vidrio se adicionó 0.5 ml de H_2SO_4 concentrado como preservante para inhibir la fermentación, y se llevó a congelación a $-10^\circ C$, para posteriormente realizar el análisis de la concentración de N-amoniacal mediante el método de destilación Kjeldahl modificado de la siguiente manera:

¹ Fisher Accument Model 305 pH meter. Fisher Scientifico. Penn., 1985.

- Se tomó de cada muestra 10 ml de licor ruminal,
- se adicionó 5 ml de hidróxido de sodio al 50%,
- se destiló el amoníaco recogiéndolo en ácido bórico y
- se tituló con ácido sulfúrico al 0.1 N. (Kass y Rodríguez, 1989).

El cálculo es el siguiente:

$$\% \text{ N amoniacal} = \text{ml H}_2\text{SO}_4 \text{ gastados} * 100 * \text{N} * 1.21$$

donde,

N = normalidad de H₂SO₄

Al otro frasco de vidrio se adicionó tolueno (0.5 ml) previo a la congelación, para posteriormente determinar la concentración de ácidos grasos volátiles por cromatografía de gas. El cromatógrafo² cuenta con una columna de 6 pies de vidrio, con un relleno de Carbowax 20M, un flujo de gas de arrastre (nitrógeno) de 30 ml/minuto, un detector FID y una temperatura inicial de 100°C en una rampa de 5 °C/min y una temperatura final de 175 °C en el horno. La temperatura del inyector y detector fue de 275 °C. Se empleó el método cuantificado con estandar interno, utilizando como tal el ácido trimetilacético o piválico. Cada cromatograma tuvo una duración de 35 minutos y se determinaron los siguientes AGV: acético, propiónico, butírico, isobutírico, valérico, láctico e isovalérico. El valor de la concentración de cada ácido graso volátil se obtuvo de la lectura del cromatógrafo, referida en mmol/ml.

² *Perkin Elmer, Modelo 1020, GC PLUS.*

VI. RESULTADOS Y DISCUSION

6.1 CARACTERIZACION NUTRITIVA DE LOS FORRAJES EN ESTUDIO

Los datos de PC y DIVMS se presentan en el Cuadro 1 y el fraccionamiento celular en la Figura 1.

Cuadro 1. Proteína cruda (PC) y Digestibilidad *in vitro* de la Materia Seca (DIVMS) de la Morera, Jaragua, Kikuyo y Brizantha.

<i>ESPECIE</i>	<i>PC (%)</i>	<i>DIVMS (%)</i>
<i>Morus alba</i>	15.76	63.89
<i>Hyparrhenia rufa</i>	4.97	53.19
<i>Pennisetum clandestinum</i>	19.19	66.25
<i>Brachiaria Brizantha</i>	14.19	70.44

Con excepción del Jaragua, los forrajes presentan valores de PC relativamente altos, teniendo el Kikuyo el valor de PC más alto. La PC del Jaragua fue menor de 7%, considerada como el valor crítico para mantener una eficiente actividad microbiana en el rumen (Minson, 1985). La PC de la Morera fue mayor de 15% lo cual concuerda con datos presentados por Rojas y Benavides (1994) y González (1996) para esta especie bajo condiciones experimentales similares.

Como se esperaba, el valor de DIVMS varía entre especies, Brizantha tuvo un mayor valor de DIVMS; superó al Jaragua, Morera y Kikuyo en 17.25, 6.55 y 4.19 unidades porcentuales, respectivamente (Cuadro 1). La DIVMS de la Morera fue inferior a 75-85% reportados por Rojas y Benavides (1992) y González (1996); sin embargo, es importante anotar que los datos reportados por ellos fueron para el follaje de la Morera mientras que en este estudio el muestreo fue para la biomasa comestible de la Morera (hoja y tallos tiernos), los cuales se caracterizan por una menor DIVMS y PC.

Con respecto a la fracción celular, el Jaragua presenta mayor valor de FDN y menor valor del contenido celular (CC) que las otras dos gramíneas y la Morera (Figura 1); además el Jaragua presenta una mayor concentración de celulosa y lignina comparada con las otras gramíneas.

Se debe indicar que las muestras de Brizantha y Kikuyo se recolectaron durante el crecimiento vegetativo (< 30 días) mientras el Jaragua fue recolectado en una fase avanzada de madurez (> 45 días) lo cual puede explicar diferencias en calidad entre las gramíneas. Los resultados de varios estudios muestran que los carbohidratos estructurales (celulosa, hemicelulosa y lignina) de las plantas forrajeras tienden a incrementar con la madurez siendo este efecto más marcado para las plantas C₄ que las plantas C₃ (Rocha, 1981; Minson, 1990; Humpreys, 1991).

La Morera presenta un alto valor de contenido celular (CC) comparado con las gramíneas, sin embargo, la concentración de lignina fue mayor para esta especie, aunque ésta presentó un mayor contenido al reportado por Singh *et al.* (1989), el cual fue de 10,8%.

COMPOSICION DE LA MS

COMPOSICION DE LA FDN

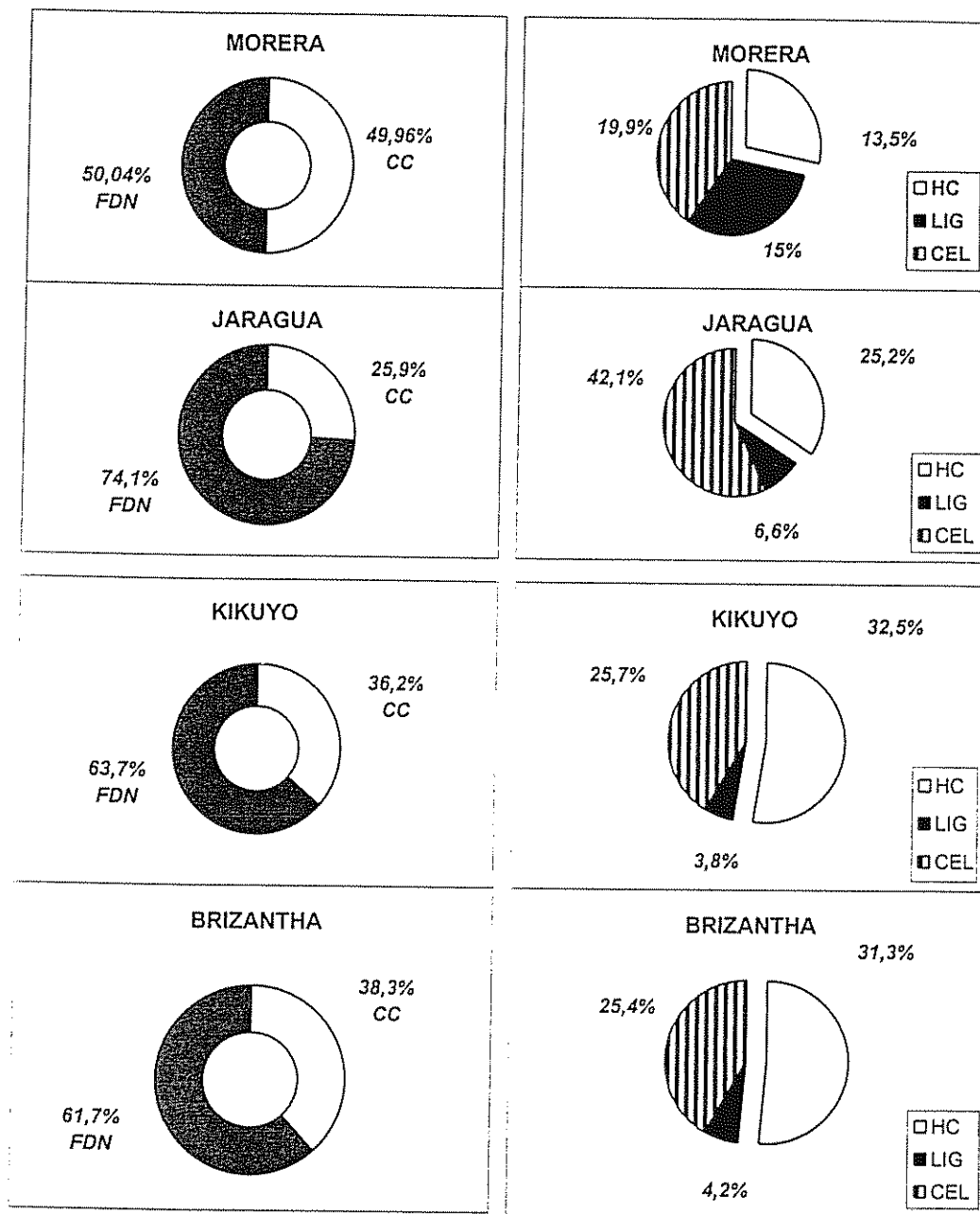


Fig 1. Comparación de las fracciones del alimento de la morera, jaragua, kikuyo y brizantha

MS = Materia Seca, CC = Contenido Celular, FDN = Fibra Detergente Neutro.
 HC = Hemicelulosa, LIG = Lignina, CEL = Celulosa.

6.2. PARAMETROS DE DEGRADABILIDAD RUMINAL

6.2.1. Degradabilidad de la Materia Seca

La degradabilidad potencial (DP) mostró diferencias significativas ($P < 0.05$) entre especies y con los diferentes niveles de Morera (Cuadro A1). En el Cuadro 2, se presentan los promedios de los parámetros de la degradabilidad ruminal de la MS de los forrajes en las diferentes dietas.

Cuadro 2. Parámetros de degradabilidad ruminal de la MS de los forrajes estudiados.

PARAMETRO	FORRAJE	NIVELES DE MORERA EN LA DIETA				PROMEDIO*
		0%	33%	67%	100%	
a (%)	Morera	31,77	27,62	27,63	26,95	28.54 a
	Jaragua	11,27	10,57	10,81	9,77	10.61 c
	Kikuyo	22,56	21,85	23,21	21,05	22.16 b
	Brizantha	30,24	21,68	23,05	21,11	24.02 b
	Promedio*	23.96 a	20.48 a	21.17 a	19.72 a	21.33
c (h)	Morera	0,09	0,13	0,17	0,19	0.143 a
	Jaragua	0,03	0,04	0,03	0,03	0.032 b
	Kikuyo	0,04	0,05	0,05	0,04	0.042 b
	Brizantha	0,05	0,05	0,05	0,04	0.047 b
	Promedio*	0.05 b	0.06 b	0.07 a	0.07 a	0.066
DP (%)	Morera	70,92	68,34	67,82	67,46	68.63 c
	Jaragua	71,75	68,23	71,03	69,73	70.18 c
	Kikuyo	77,72	74,72	75,44	74,99	75.72 b
	Brizantha	89,12	80,12	79,48	81,6	82.58 a
	Promedio*	77.38 a	73.10 b	73.44 b	73.44 b	74.28
DR (%)	Morera*	58,66 b	60,49 ab	62,31 ab	63,23 a	61.17

* ($P < 0.05$) Medias con letras iguales no hay diferencia significativa

a Degradabilidad inicial de la MS (%); c Tasa de degradación ruminal (h)

DP Degradabilidad potencial (%); DR Degradabilidad real o efectiva (%).

Brizantha mostró una mayor DP, superando al Kikuyo, Jaragua y Morera en 6,9%, 12,4% y 13,9%, respectivamente. La mayor DP de Brizantha está relacionada con un bajo contenido de lignina y una alta DIVMS (Figura 1; Cuadro 1). Cabe mencionar que la Brizantha tiene mayor valor nutritivo comparado con otras especies de Brachiarias (Vallejos, 1988 ; Ibrahim, 1994).

El Jaragua presentó el mayor contenido de FDN y lignina entre las gramíneas, aspecto que puede explicar la baja DP de esta especie. Se ha afirmado que en los forrajes maduros hay un incremento en el contenido de carbohidratos estructurales lo que incide en una disminución de la digestibilidad (Jung y Allen, 1995). Los resultados de Camero (1991) muestran también una baja DP del Jaragua, cuando fue utilizado como heno en la alimentación de los bovinos.

La baja DP de la Morera se puede atribuir a una alta concentración de lignina; se deberá considerar que en el presente trabajo se incluyó la fracción tallo tierno y grueso. Los resultados obtenidos son inferiores a los reportados por Shayo (1997) quien obtuvo en hojas tiernas, una DP superior al 86%, a las 72 horas de incubación, mientras que con tallos gruesos obtuvo valores inferiores al 70%. Roldán (1981) encontró una más alta DP a las 96 horas de incubación, cuando analizó la porción tierna de la rama del Madero negro, Poró y Leucaena (77.5%, 82.4% y 84.1%, respectivamente); mientras que otros autores encontraron valores de DP en Poró entre 50 y 59% (Espinoza, 1983; Medina, 1988; Abarca, 1989), valores más bajos que los encontrados en Morera.

La DP de las especies tendió a disminuir conforme el nivel de Morera fue incrementándose en la dieta, y este efecto fue más marcado para las especies Morera y Jaragua. Este efecto no es claro debido a que se espera que al incrementar el nivel de Morera se mejore el ecosistema ruminal y se promueva una mayor DP de las especies evaluadas.

Los resultados muestran interacciones significativas ($P < 0.05$) entre forraje * tratamiento (Cuadro A1; Figura 3) para la tasa de degradabilidad de la MS; este parámetro tendió a aumentar en la Morera conforme se incrementó el nivel de Morera en la dieta, mientras que las gramíneas no se vieron afectadas significativamente. La mayor tasa de degradabilidad de la Morera posiblemente esté relacionada con un cambio en la microflora ruminal. La tasa de degradabilidad no presentó diferencias entre especies de gramíneas a pesar de que Brizantha y Kikuyo presentaron mejores valores nutricionales que el Jaragua.

La degradabilidad inicial mostró diferencias significativas ($P < 0.05$) entre especies. Sin embargo, no se detectaron efectos del nivel de Morera sobre esta variable a pesar de que la degradabilidad mostró una tendencia decreciente conforme se incrementó el nivel de Morera en la dieta (0-100%).

La Morera mostró una mayor degradabilidad inicial comparada con las especies de gramíneas (Figura 2); dentro de éstas, Brizantha y Kikuyo presentaron valores más altos que el Jaragua. La mayor degradabilidad inicial de la Morera está relacionada con su alta concentración de carbohidratos solubles los cuales se degradan más rápidamente en el rumen. El Jaragua por el contrario, mostró elevados niveles de fibra que son indicativos de un alto contenido de carbohidratos estructurales.

Con los parámetros de degradación de la MS y el tiempo de retención en el rumen obtenido de los parámetros de la tasa de pasaje de la Morera, se obtuvo la degradabilidad real de la MS (DRMS) de la Morera. La DRMS de la Morera resultó estadísticamente significativa ($P < 0.01$) entre tratamientos (Cuadro A1). Los resultados en el Cuadro 2 muestran que la Morera obtuvo mayor DRMS cuando los niveles de Morera fueron incrementados en las dietas, en el cual el tratamiento con 100% de Morera superó en 4.57 unidades porcentuales a la dieta que contenía 0% Morera. Al respecto, Alagon (1990) obtuvo DRMS del Poró de 51.65%, relativamente menor al encontrado en este trabajo.

Los coeficientes de correlación encontrados entre la composición química inicial de los forrajes (FDN, lignina y celulosa) y las fracciones de degradabilidad inicial (a), tasa de degradación (c) y la degradación potencial de la MS (DP) se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Coeficientes de correlación (r) entre la composición química de los forrajes y parámetros de degradación de la MS.

<i>COMPONENTES</i>	<i>a</i>	<i>c</i>	<i>DP</i>
FDN	0.95 *	-0.89 *	0.09 ns
LIGNINA	-0.99 *	-0.69 ns	-0.17 ns
CELULOSA	0.43 ns	0.93 *	-0.72 ns

* $P < 0.05$

a = degradación inicial (%); *c* = tasa de degradación (h); *DP* = degradación potencial (%)

La composición química de los forrajes no se encuentran correlacionados con la *DP* de la MS, sin embargo exhiben una correlación significativa ($P < 0.05$) y negativa de -0.95 entre el contenido de FDN y la degradación inicial (*a*), de -0.89 entre el contenido de FDN y la tasa de degradación (*c*), y de -0.99 entre el contenido de lignina y la degradación inicial (*a*); mientras hay una relación significativa ($P < 0.05$) y positiva de 0.93 entre el contenido inicial de celulosa de los forrajes y la tasa de degradación (*c*).

Estos resultados se identifican con los autores que expresan que los parámetros de degradación de la MS son explicados por la composición química inicial de los forrajes. Que a mayor contenido de FDN y lignina habrá un menor desempeño en los parámetros de degradación, en ese sentido se esperaría una correlación negativa, tal como es expuesto anteriormente. Al respecto, Jung y Allen (1995) confirman que la variación de la digestibilidad de un forraje puede ser explicado por sólo los contenidos de lignina.

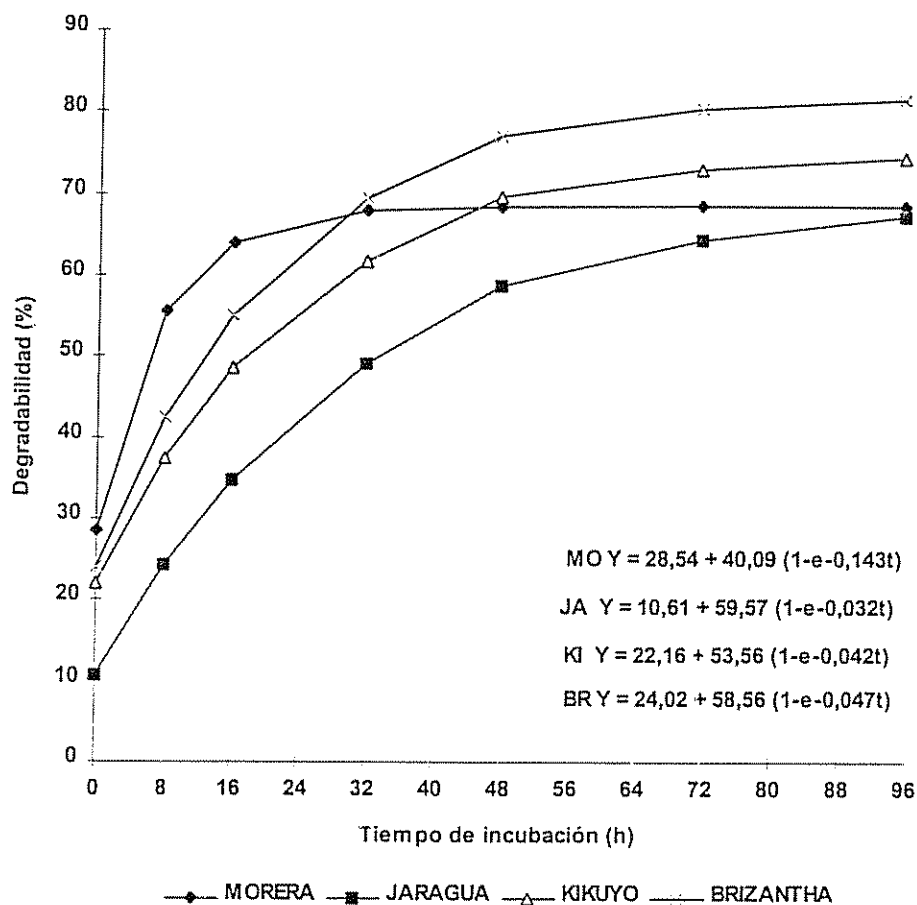


Fig 2. Degradabilidad ruminal de la MS en el tiempo de cuatro forrajes (datos promedio para cuatro dietas)

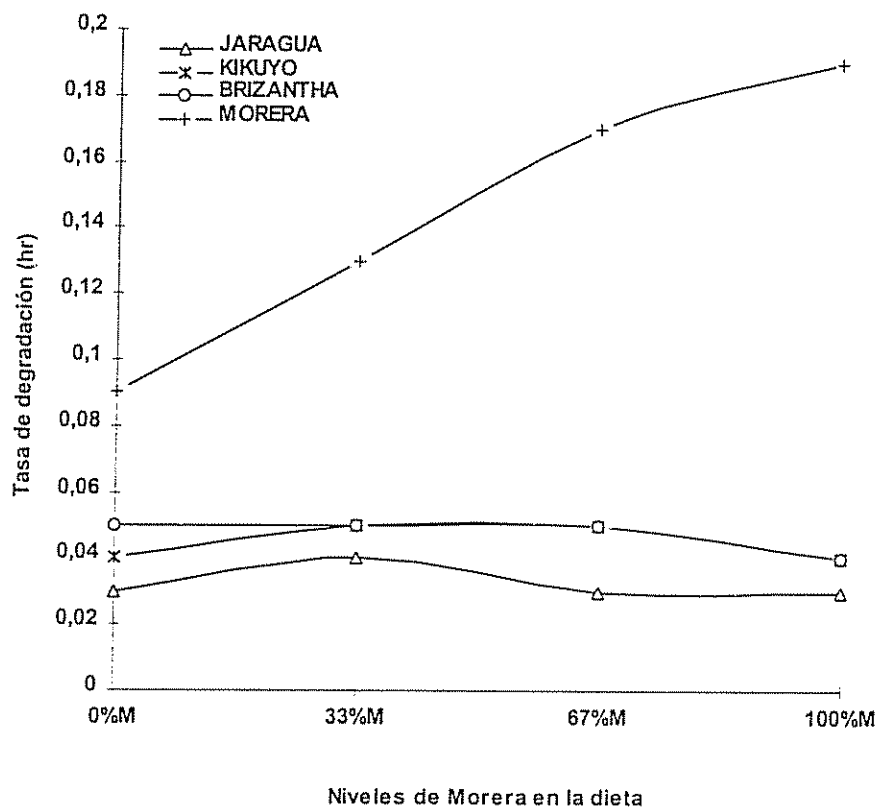


Fig 3. Efecto de diferentes niveles de Morera en la dieta sobre la tasa de degradación de la MS de cuatro especies forrajeras

6.2.2. Degradabilidad de la Proteína

La degradación de proteína de la Morera mostró una dinámica diferente a la observada en otros forrajes, tal como lo presentó Abarca (1988) en Poró. Para el ajuste de los datos se procedió a utilizar el modelo de Medina (1980) ($Y = A - b e^{-ct}$), ya que con el modelo de Orskov y McDonald (1979) no se logró un ajuste adecuado.

La degradabilidad de la PC en el tiempo inicial (0 horas) fue alrededor de 30%, sin embargo, en solo 8 horas de incubación en el rumen la degradabilidad potencial alcanzó valores superiores al 75% (Figura 4). De esta respuesta, se puede deducir que los elevados valores observados no solo estuvieron relacionados con la solubilidad de la PC, sino con una alta tasa de degradación por los micro-organismos en el rumen.

Aparentemente, la Morera tiene una alta concentración de proteínas, las cuales son susceptibles a una alta tasa de degradación microbial. En general, la solubilidad de la proteína y las diferencias estructurales causada por enlaces de disulfuro son factores importantes relacionados con la degradación de PC (Nugent y Mangan, 1978).

No se observaron efectos significativos de los tratamientos sobre la tasa de degradación y la degradación real de PC, aunque ambos parámetros tendieron a incrementarse a medida que se elevaron los niveles de Morera en la dieta (Cuadro A2). Sin embargo, es importante anotar que la degradabilidad potencial de la PC fue significativamente ($P < 0.05$) mayor en la dieta con solo pasto comparada con la dieta de 100% de Morera (Cuadro 4). Esta diferencia está probablemente asociada con la alta tasa de degradación de PC en dietas que incluían solo Morera, lo cual pudo resultar en una elevada acumulación de $\text{NH}_3\text{-N}$ en el licor ruminal (Cuadro 9) y consecuentemente en una reducción de actividad microbial. Esto es reportado con los datos obtenidos en este estudio, los cuales muestran una mayor fracción de PC degradada por microorganismos con dieta única de pasto comparada con la dieta de 100% Morera.

Cuadro 4. Parámetros de degradabilidad ruminal de la PC de la Morera.

PARAMETROS	NIVELES DE MORERA EN LA DIETA			
	0%	33%	67%	100%
A (%)	89.29 a	87.48 ab	87.96 ab	85.64 b
b (%)	61.35 a	58.02 ab	58.52 ab	55.40 b
c (h)	0.12 a	0.18 a	0.23 a	0.22 a
DR (%)	73.13 a	74.86 a	77.67 a	81.36 a

($P < 0.05$) Medias con letras iguales no hay diferencia significativa.

A = Degradabilidad potencial PC (%); b = Fracción degradada por microorganismos (%);

c = Tasa de degradación PC (h); DR = Degradación real PC (%).

Estudios realizados en *Gliricidia* por Roldán (1981) y en *Erythrina* por Medina (1988) encontraron valores de degradación de la proteína más bajos que los obtenidos en este estudio. Araya *et al.* (1994) reportó una concentración de taninos en Morera de solo .01%; esto puede explicar diferencias entre la solubilidad de la proteína en esta especie comparada con *Gliricidia* y *Erythrina*. Los taninos son compuestos polifenólicos capaces de formar complejos con la proteína y proteger parte de la misma de la degradación ruminal; se presentan en mayores concentraciones en especies leguminosas y están inversamente relacionadas con la degradabilidad de la PC.

Con los datos de consumo de Morera en el tratamiento de 100% (10.35 kg MS/UA/día) y los datos de concentración y degradación real de la proteína (81.36%), se estima que la Morera aporta unos 300 g/UA/día como proteína sobrepasante, lo cual representa un 28.6% de los requerimientos de proteína cruda de una vaca produciendo 8 litros/día. Alagón (1990) reporta con el follaje del Poró un aporte de proteína sobrepasante del 23%. Situación que responde a los aumentos en la producción láctea en cabras encontrado por Benavides (1991) y en vacas lecheras encontrado por Esquivel (1996), al sustituir el 66% del concentrado por Morera.

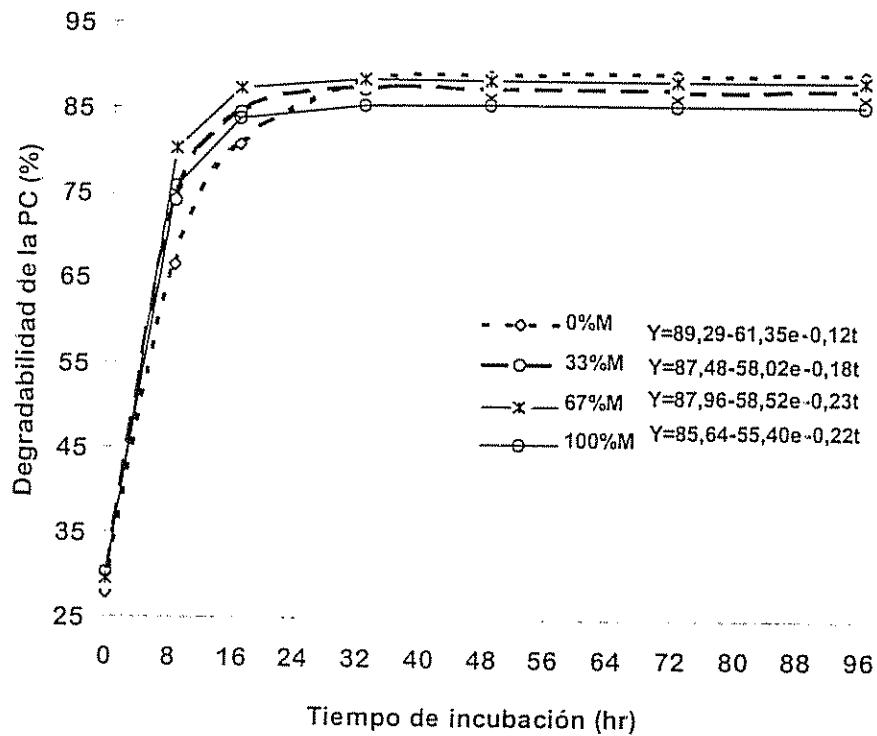


Fig. 4. Efecto de cuatro niveles de Morera en la dieta (0-100%MS) sobre la degradación cinética de PC de la Morera

6.2.3. Degradación de la Pared Celular (FDN)

El análisis estadístico detectó diferencias significativas entre especies para los parámetros de degradabilidad de la FDN (Cuadro A3).

Cuadro 5. Parámetros de degradabilidad ruminal de la FDN de los forrajes estudiados.

PARAMETRO	FORRAJE	NIVEL DE MORERA EN LA DIETA				PROMEDIO*
		0%	33%	67%	100%	
A (%)	Morera	48,91	45,97	46,59	43,54	46,25 d
	Jaragua	54,86	54,91	59,15	52,75	55,42 c
	Kikuyo	68,10	66,97	68,34	66,99	67,60 b
	Brizantha	70,30	71,95	72,94	74,43	72,41 a
	Promedio*	60,55 a	59,96 a	61,76 a	59,43 a	60 42
b (h)	Morera	0,082	0,106	0,118	0,154	0,115 a
	Jaragua	0,047	0,048	0,048	0,042	0,046 c
	Kikuyo	0,071	0,071	0,073	0,060	0,068 b
	Brizantha	0,065	0,084	0,082	0,069	0,074 b
	Promedio*	0,066 a	0,077 a	0,079 a	0,081 a	0 075
l (h)	Morera	-0,24	0,05	-0,28	-0,28	-0,14 c
	Jaragua	15,48	17 29	18,18	18,18	17,89 a
	Brizantha	5 61	5,44	5,54	5,54	5,79 b
	Kikuyo	6,94	8 01	7,55	7,55	7,91 b
	Promedio*	6,95 b	7,70 ab	7,74 ab	9,03 a	7 89
DR (%)	Morera*	32,86 a	34,56 a	36,16 a	36,54 a	35 03

* Letras diferentes existe diferencias significativas ($P < 0.05$)

A Degradabilidad potencial FDN (%); b Tasa de degradación ruminal (h),
l Período prefermentativo (h); DR Degradabilidad real o efectiva (%).

Los resultados en la Figura 5, y el Cuadro 5, muestran que la Morera obtuvo menor degradabilidad potencial de FDN comparados con los otros forrajes, y ésta entre las gramíneas fue mayor para Brizantha la cual superó al Kikuyo y Jaragua por 4.8 % y 16.9 % respectivamente, estas especies presentaron menor grado de lignificación comparada con el Jaragua lo cual explica diferencias en la degradabilidad de FDN. tomando en consideración la edad de corte de las gramíneas. Pulido (1990) reportó el mismo valor de DP en Jaragua sin amonificar (55,98%),

similar valor reportó Abarca (1989) con el pasto Estrella, bajo pastoreo, mientras que Singh *et al.* (1992) obtuvo en Kikuyo un 63,3 % de degradabilidad potencial de la FDN.

La baja degradabilidad potencial de FDN de la Morera se puede correlacionar con una alta concentración de lignina la cual representa alrededor de un 30% de la fracción de FDN. Dehority y Johnson (1961), observaron que una alta proporción de celulosa y hemicelulosa son protegidas contra la microflora del rumen por una capa de lignina la cual es responsable de la baja digestibilidad de la pared celular.

El análisis estadístico para la tasa de degradación de FDN determina diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los forrajes, presentando valores más altos la Morera comparada a las gramíneas, y entre gramíneas fue mayor la Brizantha la cual superó al Kikuyo y el Jaragua por 0.003 h y 0.028 h, respectivamente. Así mismo, se puede observar que la tasa de degradación de la FDN de la Morera aumentó de 0.082 h a 0.154 h cuando los niveles de Morera fueron incrementados de 0 a 100%.

Aparentemente, los altos niveles de Morera en la dieta resultan en un cambio del ecosistema ruminal lo cual favorece una mayor tasa de degradación de la FDN de estas especies; tal como ocurrió en Napier cuando fue suplementada con *Leucaena*, donde la gramínea incrementó la tasa de degradación de 0.036 h con cero *Leucaena* a 0.051 h con 2 kg de *Leucaena* (Muinga *et al.*, 1995).

Contrario a lo que se espera, la suplementación de Morera no mejora la tasa de degradación de FDN de las gramíneas. En general, la Morera se caracteriza por ser una especie de buen valor nutritivo lo cual debe mejorar el ambiente ruminal favoreciendo una mayor tasa de degradación de la fibra de las especies. En realidad, los datos muestran que la producción de amoniaco ruminal (Cuadro 9) aumentó de forma significativa y la producción de AGV (Cuadro 10) tiende a aumentar con altos niveles de Morera en la dieta, pero probablemente no hubo sincronización en la liberación de nutrientes por la Morera y en la descomposición de materia orgánica de la FDN de las gramíneas.

Si bien es cierto la Morera no pertenece a la familia de las leguminosas, ésta es una especie C_3 , al respecto, el comportamiento es hacia una rápida tasa de degradación y menor degradabilidad

potencial contrario a los pastos, este mismo patrón es reportado por Smith *et al.* (1972) y Vargas y Hoover (1983) los cuales exponen que por lo general las leguminosas tienen una más rápida tasa de degradación de la FDN que las gramíneas, mientras que los pastos son degradados más extensivamente que las leguminosas. En ese sentido, la diferencia entre forrajes puede ser relacionada a la morfología de la planta y tipo de bacteria asociada con la digestión de la fibra de cada forraje (Mertens y Loften, 1980). Así mismo Akin (1979) reportó que el tipo de bacteria asociada con la digestión de la fibra varía entre forrajes.

El parámetro largo del período prefermentativo, el cual es una fase latente en el proceso de digestión de los carbohidratos estructurales o constituyentes de la pared celular de los forrajes, probablemente necesarios para que ocurra la adhesión de bacterias celulolíticas al substrato insoluble (Tamminga, 1982), no se presentó en la Morera, difiriendo ésta de los demás forrajes. Entre las gramíneas, el Jaragua presentó un tiempo de latencia mayor que el Kikuyo y el Brizantha en 12.10 h y 9.98 h, respectivamente (Cuadro 5). Resultados similares fueron obtenidos por Varga y Hoover (1983), donde el período prefermentativo fue variable en todos los forrajes examinados.

Posiblemente los contenidos de FDN y lignina en los diferentes forrajes fueron responsables de este comportamiento (Cuadro 1; Cuadro 6). Latham *et al.* (1978) demostró que la adherencia o el tiempo requerido para adherirse fue afectado por los componentes de la pared de la planta (epidermis, mesófilo, etc) y por factores físicos. Al respecto, Jung y Allen (1995) describen que la variación en la digestibilidad de un forraje puede ser explicado por sólo la concentración de lignina.

El análisis estadístico también detectó efectos significativos del nivel de Morera sobre el tiempo prefermentativo, el cual se incrementó de 6.95 h a 9.03 h cuando varió el nivel de Morera en la dieta de 0 a 100% (Cuadro 5). Es probable, que la menor intensidad de degradación producida por los aumentos en los niveles de Morera en los tratamientos haya provocado un efecto protector sobre el contenido de la fibra de las gramíneas frente a la degradación ruminal, como consecuencia del menor desarrollo de bacterias celulolíticas que inducen a la degradación de estos forrajes de más difícil penetración, y la proliferación de aquellas cuyo substrato es la Morera. Tal hecho puede ser respaldado por la ausencia del período prefermentativo, la rápida tasa de degradación de la FDN y la mayor degradación real de la Morera conforme aumentaba el nivel del Morera en las dietas.

En ese sentido, Jung y Allen (1995) exponen que el largo del período prefermentativo es determinado por la hidratación y saturación de las partículas en los sitios donde los microorganismos se adhieren, lo cual se vuelve dependiente de la estructura (anatomía) de la planta, de la salivación y masticación del animal y la masa microbiana en el rumen. Además, la desaparición de la fibra disponible por digestión permite el acceso a la fibra digestible que fue inicialmente indisponible para la degradación. Esto permite una gran variación en la tasa y digestión potencial de los diferentes constituyentes químicos de la fibra (Robinson *et al.*, 1986).

En otras investigaciones hechas, los autores señalan que la modificación del tipo de fermentación afecta la dinámica de degradación en el rumen (Mould *et al.*, 1983; Zorrilla-Ríos *et al.*, 1989); por tanto las condiciones de fibrólisis en el rumen pueden volverse adversas cuando el nivel de suplementación en la dieta se incrementa, en dependencia del tipo de suplemento (Fahny *et al.*, 1984; Zorrilla-Ríos *et al.*, 1989) y la calidad de la dieta basal o forraje base (Mould *et al.*, 1983). Sin embargo, también reportan que el tratamiento con amonio actúa sobre la estructura de la pared celular incrementando la degradabilidad potencial de la paja en el rumen (Dryden y Kempton, 1983; Graham y Aman, 1984); ha sido puntualizado una parcial solubilización de la hemicelulosa (Van Soest *et al.*, 1984; Mason *et al.*, 1988); una ligera disminución del contenido de lignina (Van Soest *et al.*, 1984), ante la disminución del contenido de FDN de los forrajes tratados con amonio (Mason *et al.*, 1988; Cann *et al.*, 1991).

Contrario a los resultados de este ensayo, en la investigación de Brown y Pitman (1991), mostraron digestión *in vitro* de la FDN de un 100% gramíneas mayor cuando el líquido ruminal fue obtenido de novillos alimentados con heno de limpograss más nitrógeno suplementario que cuando fue obtenido de novillos alimentados sólo con heno de limpograss. Lo anterior sugiere que la actividad ruminal de los microorganismos fue limitada por el N cuando los novillos fueron alimentados sólo con heno, tal que el nitrógeno surge como una necesidad de los microorganismos para una óptima digestión *in vitro* de la fibra. Así mismo, Pulido (1990) mejoró los constituyentes de la pared celular al tratar la paja.

En el Cuadro 6 se correlacionan la composición de la FDN y lignina de los forrajes y los parámetros de degradación de la pared celular.

Cuadro 6. Coeficientes de correlación (r) entre la composición química de los forrajes y parámetros de degradación de la FDN.

COMPONENTES	A (%)	c (h)	TL (h)
FDN	0.33 ns	-0.98 *	0.95 *
LIGNINA	0.02 ns	-0.87 ns	0.98 *

* $P < 0.05$

A = Degradación potencial, (%); c = Tasa de degradación (h);

TL = Largo período prefermentativo (h)

Se observa que la lignina y la FDN exhiben una correlación significativa ($P < 0.05$) y positiva con el largo del período prefermentativo, es decir, a más contenido de estos componentes en el forraje mayor es el período para que los microorganismos actúen sobre el sustrato. Al contrario, la correlación es negativa entre la tasa de degradación de la FDN y los contenidos de FDN en el forraje, tal que puede explicarse, que a mayor contenido inicial de FDN del forraje menor será la tasa de de degradación de la FDN. Tal y como ocurrió con los forrajes en estudio. Resultados similares encontró Vargas y Hoover (1983) en el cual la tasa de degradación de la FDN fue negativamente correlacionada ($r = -0.98$; $P = 0.07$) con el contenido de FDN de diferentes forrajes. También Jung y Allen (1995) indican que la lignina es el elemento clave que limita la digestibilidad de la pared celular, pero los enlaces entre la lignina y los polisacáridos de la pared celular por puentes de ácido ferúlico pueden ser un prerrequisito para que la lignina ejerza este efecto.

En el Cuadro 7 se observan las variables de degradación de los forrajes que presentaron diferencias significativas para el efecto período y animal.

Cuadro 7. Efecto del período y animal sobre las variables de degradación de los forrajes.

PERIODO	I	II	III	IV
DRMS, %	62,43 ± 2.5 *	57,67 ± 4.8	62,62 ± 5.9	61,97 ± 4.9
Deg potencial PC, %	88,37 ± 3.1	87,03 ± 2.1	89,60 ± 0.5	86,06 ± 1.8
Deg potencial FDN, %	58,58 ± 8.6	58,77 ± 10.4	63,44 ± 13.4	60,90 ± 10.6
Tasa degradación FDN, %	0,059 ± 0.03	0,054 ± 0.03	0,117 ± 0.04	0,074 ± 0.05
Periodo prefermentativo, h	10,46 ± 9.6	9,67 ± 7.9	3,36 ± 3.4	7,96 ± 6.9
ANIMAL	I	II	III	IV
DRMS, %	64,72 ± 1.7	63,97 ± 2.4	59,62 ± 5.6	56,38 ± 2.9
Tasa degradación MS, h	0,07 ± 0.05	0,07 ± 0.07	0,06 ± 0.05	0,08 ± 0.11
Deg inicial MS, %	23,82 ± 10.7	20,52 ± 6.8	20,76 ± 6.7	20,23 ± 6.8

* Desviación estándar

** I y II corresponden a la raza Romosinuano * Branhan, III y IV a la raza Jersey.

Es posible que el efecto periodo se halla presentado en las variables debido a cambios sucedidos en cuanto a disponibilidad y/o calidad de la dieta ofrecida a los animales durante los diferentes periodos en que se suministró el material forrajero; mientras que el efecto animal observado probablemente se derivó a las diferencias de raza, edad y peso de los cuatro animales que fueron sometidos al presente estudio, dado que dos de ellos son de la raza Jersey, con 21/2 años de edad y peso promedio de 315 kg contrario a los otros dos animales que tienen aproximadamente 9 años de edad, de la raza Romosinuano * Brahman y peso promedio de 640 kg, lo cual permite que presenten diferencias fisiológicas. Al respecto, se observa que la DRMS fue más alta en los animales de la raza Romosinuano * Brahman que la Jersey, sin embargo en el resto de variables no hay tendencia alguna, y en cuanto al efecto período, se observa que en el III se presenta una mejor respuesta en todas las variables de degradación, por tal razón puede considerarse que el alimento suministrado era de mejor calidad que en los otros periodos.

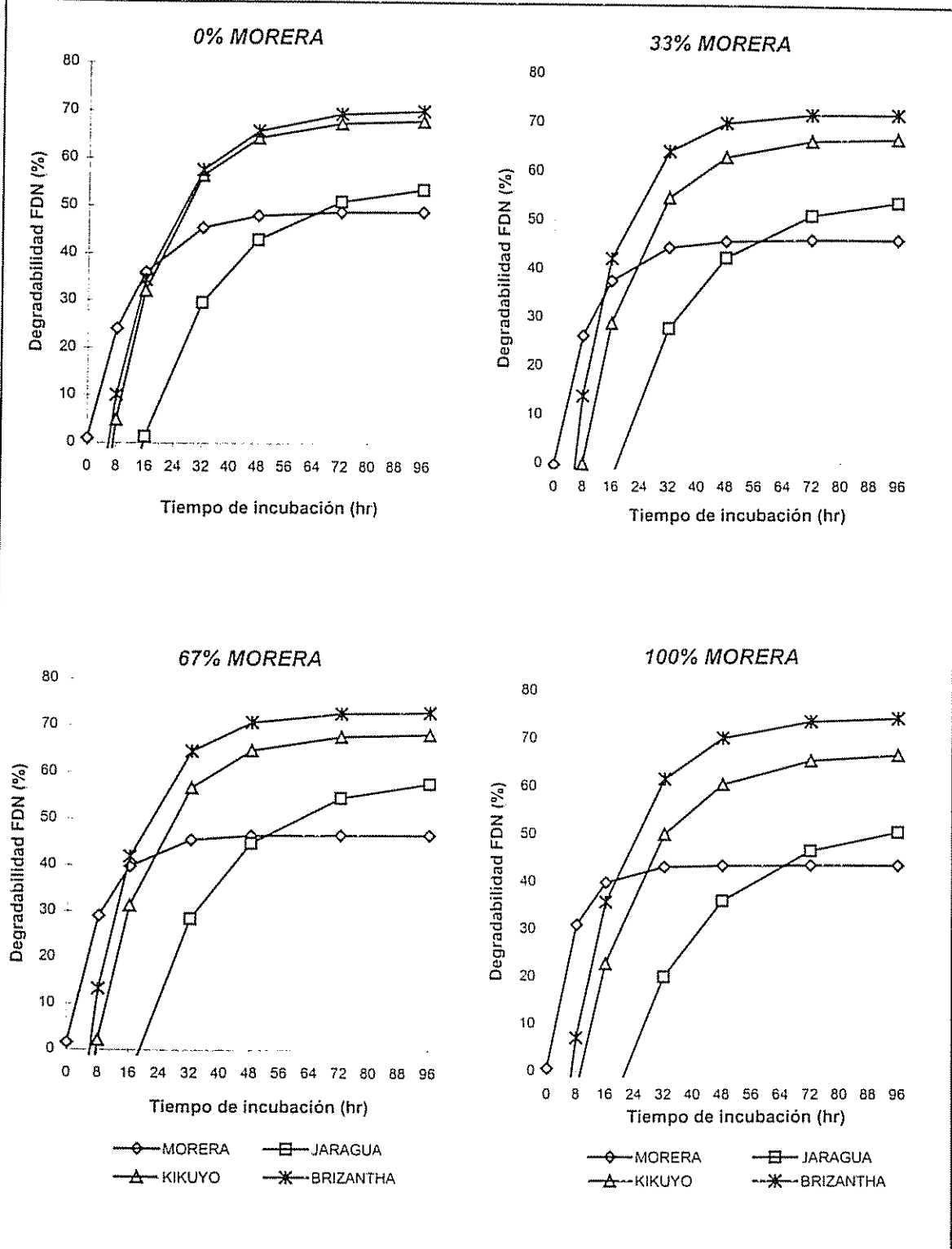


Fig 5. Efecto de diferentes niveles de Morera en la dieta sobre la degradabilidad de la FDN de cuatro especies forrajeras

6.3. TASA DE PASAJE A TRAVES DEL TRACTO DIGESTIVO

El análisis estadístico no detectó diferencias entre tratamientos para las variables de la tasa de pasaje, sin embargo, es importante anotar que el efecto del período y animal fueron significativos para estas variables (Cuadro A4).

En el Cuadro 8 se presentan los valores promedios de los parámetros relacionados a la tasa de pasaje de las dietas experimentales, observándose que para ninguna de ellas, independientemente del nivel de inclusión de Morera, se presentan diferencias significativas ($P < 0.05$).

Cuadro 8. Tasa de pasaje en el tracto digestivo de cuatro diferentes dietas.

PARAMETROS	NIVELES DE MORERA			
	0%	33%	67%	100%
Tiempo de Tránsito (h)	11.09 ^a	9.65 ^a	10.98 ^a	9.61 ^a
Tasa de pasaje por el rumen (%/h)	8.73 ^a	8.17 ^a	8.19 ^a	8.24 ^a
Tasa de pasaje por el tracto posterior (%/h)	11.97 ^a	14.26 ^a	13.53 ^a	14.48 ^a
Tiempo de retención en el retículo-rumen (h)	12.19 ^a	13.93 ^a	12.43 ^a	13.55 ^a
Tiempo de retención en el tracto posterior (h)	8.38 ^a	8.41 ^a	7.48 ^a	6.54 ^a

(P < 0.05) Medias con letras iguales no hay diferencia significativa.

Similar situación a este ensayo le ocurrió a Pulido (1990) con alimentos toscos, pajas de Jaragua tratada y no tratada con amonio, en ninguna de las variables de la tasa de pasaje a través del tracto gastrointestinal presentó diferencias significativas, sin embargo no da explicación de lo sucedido. Así mismo, Varga y Prigge (1982) observaron diferencias significativas ($P < 0.01$) en la digestibilidad de la FDN en cabras alimentadas con Alfalfa y el pasto Orchard a dos niveles de consumo, pero no observaron diferencias en las tasas de pasaje.

Se esperaba que la Morera siendo una especie de buen valor nutritivo tuviera una mayor tasa de pasaje que el King grass, el cual es un pasto fibroso, ya que estas especies generalmente tienen mayor tiempo de retención que las plantas C3 (Poppi *et al.*, 1995).

En el esquema de desarrollo del presente ensayo, el consumo fue restringido al proporcionar a los animales el 2.5% de su peso vivo de cada dieta en base seca. El rechazo fue mínimo, por lo cual bajo estas condiciones los animales no pudieron expresar posibles diferencias en la rapidez de paso de cada dieta. Otro aspecto a mencionar, es que ambos forrajes (King grass y Morera) fueron suministrados a los animales picados, frescos y de calidad nutritiva no deprimida, entonces probablemente permitió una tasa rápida de pasaje sin diferencias en las dietas. Es reconocido que la tasa de pasaje incrementa con la disminución del tamaño del alimento (Welch, 1986) o cuando los alimentos tienen una pared celular rápidamente degradable (Varga y Hoover, 1983).

6.4. PARAMETROS DE LA FERMENTACION RUMINAL

6.4.1. pH ruminal

El pH no presentó diferencias significativas entre los tratamientos estudiados pero fue afectado por el tiempo de muestreo ($P < 0.01$) y la interacción tratamiento * tiempo de muestreo ($P < 0.05$) (Cuadro A5).

En la figura 6, se presentan las variaciones del pH ruminal en función de los tratamientos y tiempo de muestreo. La media general del pH del rumen fue a las cero hora (7.5), 3 h (7.06) y a las 8 h de toma de la muestra (6.83), siendo estadísticamente superior ($P < 0.05$) cero horas e inferior 8 h. Estos pH encontrados durante los tiempos analizados fueron similares a los encontrados por Pulido (1990) en paja de Jaragua tratada con urea (pH 7.36 - 7.06); y por Alagon (1990) en el cual el follaje de Poró produjo un pH de 7.13 a las 3.5 horas de suministrado el alimento. Datos para pH encontrados por Mould et al. (1983) con forrajes nunca estuvieron por debajo de 6.1, valor mínimo propuesto para la degradación celulolítica.

Es notoria la disminución del pH a medida que pasa el tiempo de muestreo, habiendo una reducción promedio de 0.44 unidades de pH entre cero y tres h. y 0.67 unidades de pH entre 3 y 8 h, como promedio en todas las dietas ($P < 0.05$), sugiriendo que hubo una actividad fermentativa mayor entre las 3 y 8 horas después de suministrado el alimento. Esta baja del pH aunque no fue muy diferente es normal en dietas basadas en forrajes, aunque contrario a lo que ocurre en dietas ricas en carbohidratos fácilmente fermentables (Dixon y Parra, 1984). Zea (1978) obtuvo una caída del pH del líquido ruminal de 0.5 puntos, de 7.53 a 7.03, en el período de 3 h que siguió al suministro de la primera comida, para luego volver a bajar, aunque con mucho menos intensidad, alcanzando el nivel más bajo al final de la tarde (6.91); esta fluctuación en el pH que es la misma a la concentración de AGV, lo normal es que no resulte muy marcada con dietas a base de forrajes (Zea y Díaz, 1990).

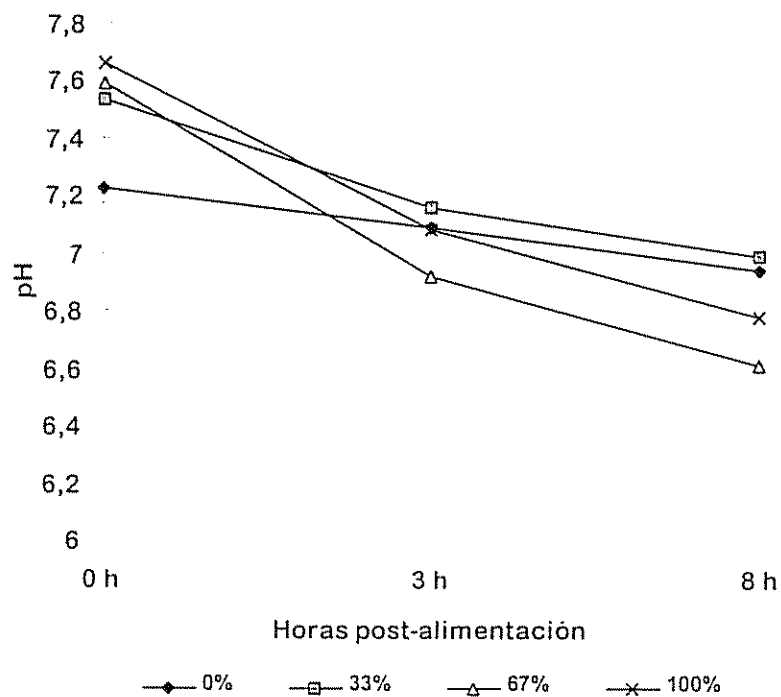


Fig 6. Efecto de cuatro diferentes niveles de Morera en la dieta sobre el pH ruminal.

6.4.2. Concentración de Amoníaco en el Rumen

La concentración de amoníaco ruminal en este estudio, presentó diferencias significativas ($P < 0.01$) entre tratamientos y el tiempo de muestreo (Cuadro A5).

En el Cuadro 9 se presentan las concentraciones de N-NH₃ en función de los tratamientos y el tiempo de muestreo (mg N-NH₃/l de licor ruminal).

Cuadro 9. Concentración de N-NH₃ /l de licor ruminal en el rumen en función de los tratamientos y del tiempo de muestreo.

TIEMPO	NIVELES DE MORERA				PROMEDIO*
	0%	33%	67%	100%	
0h	37.7	48.8	62.3	92.3	60.3 b
3h	44.8	101.3	110.5	145.0	100.4 a
8h	61.4	67.4	77.2	109.8	79.0 b
Promedio*	48.0 c	72.5 bc	83.4 b	115.7 a	79.90

* ($P < 0.05$) Medias con letras iguales no hay diferencia significativa

Se puede observar que para el tratamiento que sólo incluyó King grass, la concentración de N-NH₃ en el licor ruminal fue de 48 mg N-NH₃/l, valor que se incrementa en forma lineal para los demás tratamientos, a medida que se aumenta el nivel de Morera del 33 al 100% de la MS en la dieta. El pasto King grass tuvo un nivel de PC menor de 8% lo cual explica que el tratamiento con solo King grass presentó un menor valor de N-NH₃ ruminal que en los otros tratamientos, sin embargo los valores de N-NH₃ son adecuados para sostener la actividad microbiana. Con mucha frecuencia la PC de las gramíneas tropicales llegan a valores menores del 5% durante la época seca; esta baja concentración representa una limitante en la nutrición de rumiantes debido que los niveles de amoníaco no satisfacen los requerimientos de los microorganismos en el rumen (Muinga, 1992).

Por otro lado, la Morera presentó altas concentraciones de PC en el material evaluado, además de una degradación ruminal de la PC superior al 75%, en las primeras 8 horas de incubación. Esto puede explicar los incrementos de N-NH₃ del licor ruminal a medida que se aumentó la cantidad de Morera en la dieta.

Los datos de este estudio coinciden con los datos de Muinga *et al.* (1995) quien determinó que la suplementación progresiva con *Leucaena* aumentó la concentración de N-NH₃ en el rumen de novillos alimentados con Napier, de 15.2 a 25.2 mg/100ml.

En este estudio los valores de amoníaco ruminal en las dietas de Morera superaron los 60 mg/l. Algunos autores reportan que la concentración donde ocurre la mayor síntesis de proteína microbiana a nivel ruminal está entre 40 y 50 mg N-NH₃/l, y que niveles mayores no resultan en un beneficio adicional (Mehrez *et al.*, 1977); sin embargo, los valores óptimos de amoníaco ruminal puede cambiar según la dieta. Lo anterior es reportado por Mehrez *et al.* (1977) quienes determinaron que la concentración máxima de N-NH₃ ruminal para degradar la MS de cebada estuvo en el rango de 200-270 mgN-NH₃/l de licor ruminal.

La eficiencia de utilización del amonio producido por las dietas de Morera va a depender de la concentración de energía fermentable, la cual influye en el crecimiento de la población microbiana en el rumen y la cantidad de N-NH₃ convertida en proteína microbial. En este aspecto, la Morera por sí misma además de tener una alta concentración de PC se caracteriza por tener elevados niveles de energía, lo cual puede resultar en una alta síntesis de proteína microbiana y poca pérdida de amonio en forma de urea. Estudios conducido por Higgins *et al.* (1992) reporta que la leguminosa *Aeschynomene americana* (20% PC) especie excenta de taninos, no suplió mayores cantidades de proteína a los intestinos que al usar pasto *Brachiaria decumbens* (10% PC) porque no hubo suficiente energía disponible para que los microbios capturaran el amonio liberado de la proteína de la leguminosa en el rumen.

Los resultados muestran que el nivel de amoníaco en el rumen aumentó entre las 0 - 3 horas y disminuyó entre las 3 y 8 horas de fermentación, excepto para la dieta que incluyó solo pasto (Cuadro 9) en la cual se observa que el nivel de N-NH₃ ruminal aumentó en forma lineal con el tiempo. El comportamiento de N-NH₃ en las dietas de Morera, se puede atribuir a la alta tasa de degradación de PC durante las primeras horas de fermentación. Los datos de Muinga *et al.* (1995) también mostró mayores valores de N-NH₃ durante las primeras 3 horas ofreciendo *Leucaena* como suplemento.

Adams y Kartchner (1984) estudiaron las variaciones de N-NH₃ ruminal durante un período de 24 horas utilizando dietas con diferentes niveles de forrajes, donde observaron que el

amoniaco ruminal aumentó para todas las dietas en las primeras 2 - 4 horas posteriores a su consumo y después disminuyó, reportando valores más bajos a las 12 horas.

6.4.3. Ácidos Grasos Volátiles

En el Cuadro 10, se presentan en función de los tratamientos y tiempo de muestreo las variaciones en la producción y composición de los AGV en el rumen.

Cuadro 10. Efecto de diferente niveles de morera en la dieta sobre la producción y composición de ácidos grasos volátiles.

PARÁMETRO	TIEMPO DE MUESTREO	NIVELES DE MORERA EN LA DIETA				PROMEDIO+
		0 %*	33 %	66 %	100 %	
AGV Total (mmol/L)	3 h	66	61	73	73	68 b
	8 h	96	103	97	105	100 a
	<u>Promedio+</u>	81 a	82 a	85 a	89 a	84
Acido acético (molar %)	3 h	68.40	66.91	64.30	63.60	65.80 a
	8 h	68.41	68.21	66.82	64.71	67.04 a
	<u>Promedio+</u>	68.41a	67.56ab	65.56bc	64.16c	66.42
Acido propiónico (molar %)	3 h	17.45	18.25	20.30	22.45	19.61 a
	8 h	18.24	19.76	22.45	24.30	21.88 a
	<u>Promedio+</u>	17.85 c	19.00 bc	21.38 ab	23.36 a	20.75
Acido butírico (molar %)	3 h	14.15	14.84	15.40	13.95	14.59 a
	8 h	13.35	12.03	10.73	11.01	11.78 b
	<u>Promedio+</u>	13.75 a	13.44 a	13.07 a	12.48 a	13.18
Relación acético-propiónico	3h	3.92	3.67	3.17	2.83	3.35 a
	8h	3.75	3.45	2.98	2.66	3.16 b
	<u>Promedio +</u>	3.83 a	3.55 ab	3.07 bc	2.74 c	3.30

+ ($P < 0.05$) Medias con letras iguales no hay diferencia significativa

* 0% de Morera corresponden al tratamiento con 100% de king grass en la dieta.

Los niveles de Morera en la dieta no tuvieron efectos significativos en la producción de AGV a pesar que ésta tendió aumentar con mayor cantidades de Morera en la dieta (Cuadro 9). El pasto King grass utilizado para alimentar los animales tuvo una menor DIVMS (57%), comparado con la Morera, lo cual puede explicar los incrementos en los AGV totales en las dietas que contenían Morera. El tiempo de muestreo tuvo efectos marcados en la concentración de los AGV totales (Cuadro A5), observando que la producción de éstos para el tiempo de muestreo de 8 horas post alimentación fue significativamente mayor en 32 unidades porcentuales que a las 3 horas,

variación que puede ser relacionada con la dinámica de fermentación de MS, donde se han observado incrementos de forma lineal durante los primeras doce horas de incubación.

Medina (1988) reportó que la suplementación con Poró en una dieta basal de pasto Estrella no presentó diferencias significativas producto de los niveles del Poró no así con respecto al tiempo de muestreo. También observó incrementos en la proporción molar de propionato y reducción de acetato, sin embargo el ácido butírico aumentó en el licor ruminal.

La composición de ácidos grasos volátiles fue afectada de forma significativa ($P < 0.05$) por los niveles de Morera en la dieta, excepto el ácido butírico (Cuadro A5), el cual tendió a disminuir con altos niveles de Morera en la dieta pero la diferencia no fue significativa. La concentración de ácido butírico fue mayor en las primeras 3 horas comparada con el tiempo de muestreo de las 8 horas post-alimentación. sin embargo no se observó efectos significativos del tiempo en las proporciones molares de los ácidos acético y propiónico.

Como se esperaba, la concentración de ácido acético fue mayor para la dieta con solo pasto, la cual disminuyó en forma lineal con la sustitución de Morera en la dieta llegando a valores de 64.16 % molar con solo Morera (100% MS). Simultáneamente, se observó que el ácido propiónico se incrementó linealmente de 17.85 a 23.36 % molar cuando el nivel de sustitución de MS de Morera en la dieta varió de 0 a 100%.

El pasto King grass se caracteriza por ser una forraje de alta concentración de fibra, lo cual explica el alto porcentaje molar de ácido acético en el licor ruminal. Estos datos concuerdan con los obtenidos en otras gramíneas tropicales similares tales como *Chloris gayana*, *Digitaria decumbens* y *S. sphacelata* las cuales resultan en proporciones molares de ácido acético en el licor ruminal entre 69 y 79 (Holmes *et al.*, 1966; Playne y Kennedy, 1976; Poppi, sp). En general los pastos tropicales son de baja calidad y la mayoría de los estudios nutricionales muestran un patrón de fermentación acética cuando los animales son alimentados con gramíneas tropicales particularmente en estado avanzado de madurez (Van Soest, 1982).

Por otro lado, el incremento en el porcentaje molar de propionato en el licor ruminal con dietas de Morera está sin duda relacionado con el alto contenido celular determinado para la Morera en este estudio. El contenido celular de la Morera tiene una alta concentración de

carbohidratos solubles las cuales resultan en la mayor proporción de ácido propiónico que acético durante el proceso de fermentación (Hungate, 1966; Sutton, 1968; Van Soest, 1981). La concentración de ácido propiónico representa más del 23% de los AGV totales en el licor ruminal y esto tiene mucho importancia considerando que este ácido es un precursor para la síntesis de glucosa. Los resultados de la mayoría de los gramíneas tropicales muestran proporciones molares de propionato en el licor ruminal entre 15 y 20% y la baja concentración de propionato de los pastos tropicales ha sido identificado como un factor limitante para la síntesis de glucosa (Poppi *et al.*, 1995); la glucogénesis procede del propionato y los aminoácidos glucogénico en los rumiantes (Preston y Leng, 1989). Muínga *et al.* (1995) reportó relaciones molares de los ácidos acético, propiónico y butírico de 73 : 15 : 9 cuando suplementó a novillos con *Leucaena* en una dieta basal de Napier.

En el Cuadro 10 y en la figura 7, se puede observar que la relación ácido acético: propiónico disminuye en forma lineal cuando los niveles de Morera aumentan llegando a valores menores de 2.74 para la dieta con 100% Morera. Esta respuesta está relacionada con los cambios en las proporciones molares que se han observada para estos ácidos y tiene mucha importancia en la producción animal en particular la producción de leche.

Es importante señalar que la contribución del alimento en la oferta de energía no solo depende de la cantidad de energía sino de la forma química de esta energía. El contenido de fibra es el factor principal que afecta la composición de ácidos grasos volátiles, en este aspecto los resultados de muchas investigaciones muestran que la proporción de ácido acético aumenta y la del ácido propiónico disminuye cuando la cantidad de fibra en la dieta se incrementa. Sutton (1968) observó que la relación acético-propiónico disminuye de 4.2 a 2.0 cuando el nivel de concentrado aumenta linealmente de 60 a 90% de la dieta.

La DIVMS de Morera en este estudio fue menos de 65%, sin embargo los resultados de otras estudios muestran que esta especie tiene DIVMS mayores de 80% cuando solo se utiliza el material tierno, y se espera que con el uso de Morera de mayor calidad haya una mayor concentración de ácido propiónico.

Las variables de fermentación ruminal pH, amonio y AGV presentaron diferencias significativas en el efecto periodo mientras que amonio y AGV en el efecto animal (Cuadro 11).

Cuadro 11. Efecto del período y animal sobre las variables de fermentación ruminal.

PERIODO	I	II	III	IV
pH	7,08 ± 0.4	6,90 ± 0.3	7,00 ± 0.3	7,68 ± 0.4
Amonio, mg N-NH ₃ /l	115,93 ± 51.7	61,97 ± 21.3	54,05 ± 19.0	87,64 ± 52.2
AGV total, mmol/l	91,63 ± 23.9	81,14 ± 16.9	87,08 ± 22.4	95,60 ± 26.3

ANIMAL**	I	II	III	IV
Amonio, mg N-NH ₃ /l	83,68 ± 26.5	90,79 ± 56.8	56,83 ± 25.1	88,29 ± 59.2
AGV total, mmol/l	83,18 ± 17.1	86,23 ± 26.1	97,58 ± 21.6	88,47 ± 24.6

* Desviación estándar

** I y II corresponden a la raza Romosinuano * Bramhan; III y IV a la raza Jersey.

El efecto periodo probablemente se presentó en estas variables debido a cambios sucedidos en cuanto calidad de la dieta ofrecida a los animales durante los diferentes periodos en que se suministró el material forrajero: mientras que el efecto animal observado probablemente se derivó a las diferencias entre ellos. En el efecto animal no se observaron tendencias derivadas por la raza sin embargo, en las variables amonio y AGV el animal III varió en los valores promedios comparado a l resto de animales.



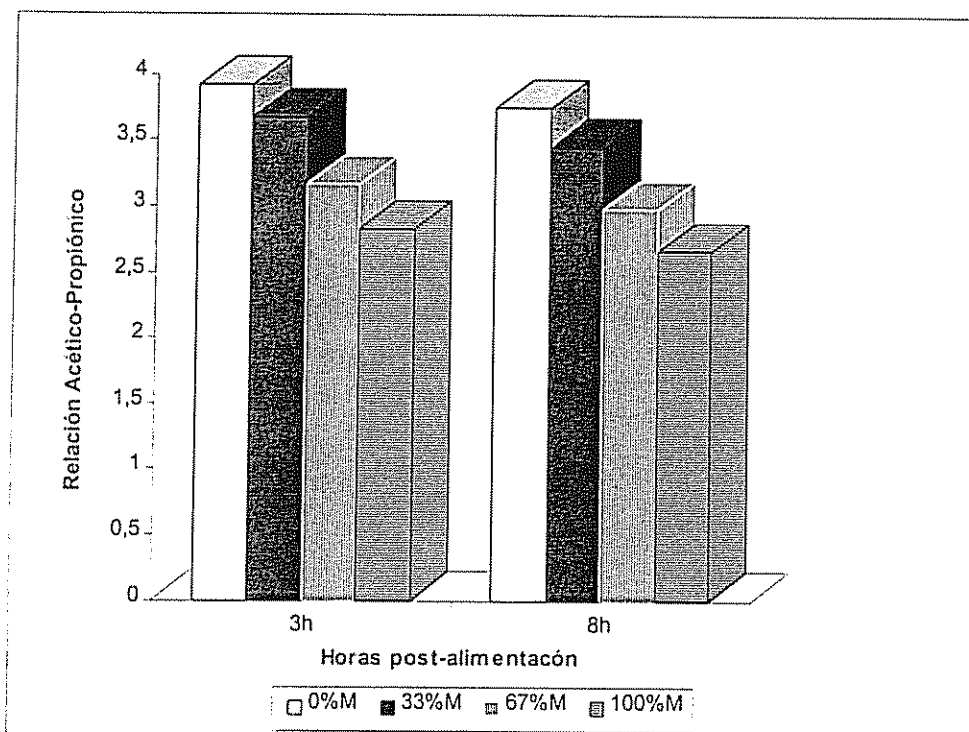


Fig 8. Efecto de cuatro diferentes niveles de Morera en la dieta sobre la relación Acético - Propiónico en el rumen.

VII. CONCLUSIONES

- La sustitución de King grass por Morera en la dieta no tuvo ningún efecto sobre la degradabilidad de las gramíneas tropicales estudiadas y esto probablemente está asociado a que los pastos no fueron de muy baja calidad.
- Los resultados muestran que los contenidos de PC de la Morera tiene una rápida tasa de degradabilidad microbiana, resultando en altos niveles de amonio en el licor ruminal; y este fenómeno debe considerarse en las estrategias de alimentación para maximizar el uso del amonio producido.
- La suplementación de Morera resultó en mayor proporción de ácido propiónico en el licor ruminal lo cual tiene muchas consecuencias en la producción de leche.

VIII. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios con diferentes frecuencias en la alimentación de Morera para determinar la sincronización en la liberación de los nutrientes, situación que permitiría mayor degradabilidad de las gramíneas tropicales de baja calidad.
- Realizar estudios con Morera y diferentes fuentes de energía para determinar la síntesis de proteína microbiana.
- Conducir ensayos con Morera en el trópico seco para diseñar estrategias de suplementación tomando en cuenta la disponibilidad, calidad del pasto y otras fuentes energéticas producidas a nivel de finca, en sistemas de doble propósito.

IX. BIBLIOGRAFIA CITADA

- ABARCA, S. 1989. Efecto de la suplementación con poró (*Erythrina poeppigiana*) y melaza sobre la producción de leche en vacas pastoreando estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*). Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 68 p.
- ADAMS, D. ; KARTCHNER, R. 1984. Effect of level of forage intake on rumen ammonia, pH, liquid volume and liquid dilution rate in beef cattle. *Journal of Animal Science* 58(3):709-713.
- ALAGON, G. 1990. Comparación del poró (*Erythrina poeppigiana*) con otras fuentes nitrogenadas de diferente potencial de escape a la fermentación ruminal como suplemento de vacas lecheras alimentadas con caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 145 p.
- AKIN, D.E. 1979. Microscope evaluation of forage digestion by rumen microorganisms. *Journal of Animal Science* 48:701.
- ARAYA, J.; BENAVIDES, J; ARIAS, R.; RUIZ, A. 1994. Identificación y caracterización de árboles y arbustos con potencial forrajero en Puriscal. In (Ed) Benavides, J.E., Árboles y arbustos forrajeros en América Central. Turrialba, Costa Rica. CATIE. v.2, p. 31-47.
- AVILA, G.A. 1973. Determinación de la composición química y DIVMS del pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*, Hochst.) fertilizado. Tesis de grado Ing. Agrónomo, UCR, Turrialba, Costa Rica, UCR. 70 p.
- BATEMAN, J.V. 1970. Nutrición animal: Manual de métodos analíticos. México, Ed Herrero. 468 p.
- 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.
- _____ ; LACHAUX, M.; FUENTES, M. 1993. Efecto de la aplicación de estiércol de cabra en el suelo sobre la calidad y producción de biomasa de Morera (*Morus* sp) In: Benavides, J.E., ed. Árboles y arbustos forrajeros en América Central. Turrialba, Costa Rica, CATIE. v.2. p. 495-514.
- _____ 1995. Manejo y utilización de la Morera (*Morus alba*) como forraje. *Agroforestería en las Américas*. 2 (7):
- BEEVER, D.E. 1993. Rumen function. In Forbes, E.; Frances, F. eds. Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism. Oxford, UK, CAB International. p 187-218.
- BERGEN, W.G.; YOKOYAMA, M.T. 1977. Productive limits to rumen fermentation. *Journal of Animal Science* 45:573.

- BIRD, S.H. ; NOLAN, S.V.; LENG, R.A. 1990. The nutritional significance of rumen protozoa. In: Hoshino, S.; Onodera, R.; Minarto; Itibashi, H., eds. The rumen ecosystem. Tokyo. Springer - Verlag, Tokyo. p 151-160.
- BONSI, M.L.K.; OSOJI, P.O.; TUAH, A.K. 1995. Effect of supplementing teff straw with different levels of leucaena or sesbania leaves on the degradabilities of teff straw, sesbania, leucaena, tagasaste and vernonia and on certain rumen and blood metabolites in Ethiopian Menz sheep. *Animal Feed Science and Technology*. 52:101-129.
- BROWN, W.F.; PITMAN, W.D. 1991. Concentration and degradation of nitrogen and fibre fractions in selected tropical grasses and legumes. *Tropical Grassland* 25:305-312.
- BULL, L.S.; RUMPLER, T.F.; SWEENEY, T.P.; ZINN, R.A. 1979. Influence of ruminal turnover on site and extent of digestion. *Feed. Proceeding*. 38:2713.
- CAMERO, A. 1991. Evaluación del Poró (*Erythrina poeppigiana* (Walpers) O. F. cook) y Madero Negro (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.) como suplemento proteico para vaca lechera. Tesis Mag Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 91 p.
- CANN, I.K.O.; KOBAYASHI, Y.; WAKITA, M.; HOSHINO, S. 1991. Digestion properties of ammoniated rice straw in the rumen and lower tract of sheep. *Animal Feed Science and Technology* 35:55-68.
- CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. 1986. 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. 82 p.
- _____ . 1987. Resumen de datos meteorológicos. Turrialba, Costa Rica. 1p.
- COPPOCK, C.E.; PEPLAWSKI, M.A.; LAKE, G.B. 1976. Effect of urea form and method of feeding on rumen ammonia concentration. *Journal of Dairy Science* 59:1152.
- COTO, M. 1996. Importancia nutritiva de la Morera (*Morus alba* L.). El Salvador, MAG, Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. 6 p.
- CRABTREE, J.R.; WILLIAMS, G.L.; 1971. The voluntary intake and utilization of roughage - concentrate by sheep. 2. Barley and soya bean meal supplementation of hay diets. *Animal Production* 13:83-92.
- DEHOROTY, B.A.; JOHNSON, R.R. 1961. Effect of particle size upon the *in vitro* cellulose digestibility of forage by rumen bacteria. *Journal Dairy Science*, 44:2241-2249.
- DIXON, R.M.; PARRA, R. 1984. Efectos del tratamiento de forraje con alcalí y de la adición de concentrado sobre la digestión y la fermentación ruminal. *Producción Animal Tropical (R.D.)* 9:74-87.
- DRYDEN, G.; KEMPTON, T.J. 1983. Digestion of organic matter and nitrogen in ammoniated barley straw. *Animal Feed and Science Technology* 10:65-75.

- ELLIS, W.C. 1978. Determinants of grazed forage intake and digestibility. *Journal of Dairy Science* 61: 1828.
- ESPINOZA, J. R. 1983. Consumo y parámetros de digestión en rastrojos de maíz cultivado sólo o en asocio con leguminosas. Tesis Mag Sc. Turrialba, C.R., Programa UCR/CATIE. 71 p.
- ESQUIVEL, J.; BENAVIDES, J.; HERNANDEZ, I.; VASCONCELOS, J.; GONZALES, J.; ESPINOSA, E.; 1996. Suplemento de vacas lecheras en pastoreo con Morera (*Morus sp*) en la zona alta del valle central de Costa Rica, Turrialba, C.R., CATIE. 7 p
- FAHEY, G.; BERGER, L. 1988. Los carbohidratos en la nutrición de los rumiantes. In Church, D.C., ed. *El rumiante: fisiología digestiva y nutrición*. Englewood Cliffs, NY, Cientice Hall. p. 305-339.
- FAHNNY, S.T.M. ; LEE, N.Y.; ORSKOV, E.R. 1984. Digestion and utilisation of straw. 2. Effect of different supplements on the digestion of ammonia treated straw. *Animal Production* 38:75-82.
- FAICHNEY, G.J. 1993. Digesta flow. In E. Forbes, E.; Frances, F., eds. *Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism*. Oxford, UK, CAB International. p. 53-86.
- FRANCE, J.; SIDDON, R.C. 1993. Volatile fatty acid production. In E. Forbes, E.; Frances, F., eds. *Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism*. Oxford, UK, CAB International. p. 107-122.
- GOERING, H.; VAN SOEST, P. 1972. Análisis de fibra de forrajes. Trad. del inglés por Danilo Pezo. La Molina, Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria. (Boletín no 10) 21 p.
- GONZALEZ, J. 1996. Evaluación de la calidad nutricional de la Morera (*Morus sp*) fresca y ensilada, con bovinos de engorda. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 89p.
- GRAHAM, H.; AMAN, P. 1984. A comparison between degradation *in vitro* and *in sacco* constituents of untreated and ammonia treated barley straw. *Animal Feed Science and Technology* . 10:199-211.
- GROVUM, W. L.; WILLIAMS, V.J. 1973. Rate of passage of digesta in sheep. *British Journal of Nutrition*. 30:231-390.
- _____ ; _____ 1977. Rate of passage of digesta in sheep. 6. The effect of level of food intake on mathematical predictions of the kinetics of digesta in the reticulo-rumen and intestines. *British Journal of Nutrition* 38:425
- _____ 1984. Integration of digestion and digesta kinetics with control of feed intake - a physiological framework for a model of rumen function. In: Gilchrist F.M.C.; Mackie R.I., eds. *Hervivore nutrition of the subtropics and tropics*. South Africa. The Science Press Caighall. p. 244-268.

- MASON, V.C.; HARTLEY, R.D.; KEENE, A.S.; COBBY, J.M. 1988. The effect of ammoniation on the nutritive value of wheat, barley and oat straw. 1. Changes in chemical composition in relation to digestibility *in vitro* and cell wall degradability. *Animal Feed Science and Technology* 19:159-171.
- McCARTHY, J.R. 1989. Rumen fermentation and nutrient passage in cows. *Journal of Dairy Science* 72:8.
- MEDINA, R. Y. 1980. Tasa de digestión y digestibilidad potencial ruminal de materiales fibrosos en función de niveles de almidón suplementario. Tesis Mag Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 69 p.
- MEDINA, P.J. 1988. Efecto de la suplementación con Poró (*Erythrina poeppigiana*) y melaza sobre los parámetros de fermentación ruminal y degradabilidad *in situ* del Poró y pasto Estrella (*Cynodon nlemfuensis*). Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R. CATIE. 95 p.
- MEHREZ, A.Z.; ORSKOV, E.R.; MCDONALD, Y. 1977. Rates of rumen fermentation in relation to ammonia concentration. *British Journal of Nutrition* 38:437.
- MERTENS, D.R.; LOFTEN, J.R. 1980. The effect of forage fiber digestion kinetics *in vitro*. *Journal of Dairy Science* 63:1437-1446.
- MINSON, D. J. 1990. Forage in ruminant nutrition. San Diego, California, Academic Press, Inc. 483 p.
- MOULD, F.L.; ORSKOV, E.R.; MANN, S.O. 1983. Associative effects of mixed feeds. 1- Effects of type and level of supplementation and the influence of the rumen fluid pH on cellulolysis *in vivo* and dry matter digestion of various roughages. *Animal Feed Science and Technology* 22:305-320.
- MUINGA, R.W.; THORPE, W.; TOPPS, J.H. 1992. Voluntary food intake, live weight change and lactation performance of crossbred cows given *ad libitum Pennisetum purpureum* (Napier grass var. Bana) supplemented with leucaena forage in the lowland semi-humid tropics. *Animal Production* 55:331-337.
- _____ ; TOPPS, J.H.; ROOKE, J.A.; THORPE, W. 1995. The effect of supplementation with *Leucaena leucocephala* and maize bran on voluntary food intake, digestibility, live weight and milk yield of *Bos indicus* y *Bos taurus* dairy cows and rumen fermentation in steers offered *Pennisetum purpureum ad libitum* in the semi-humid tropics. *Animal Science* 60:1323.
- NOLAN, J.V. 1993. Nitrogen kinetics. In Forbes, E. ; Frances, F. eds. Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism. Oxford, UK, CAB International. p 123-144
- NUGENT, J.H.A.; MANGAN, J.L. 1978. Rumen proteolysis of fraction. I. Leaf protein, casein and bovine serum albumin. *Proceedings of the Nutrition Society* 37: 48A.

- ORSKOV, E.R. ; Mc DONALD, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weight-ed according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science* 92:499.
- _____; HOVELL, R.O.; MOULD, F. 1980. Uso de la técnica de nylon para la evaluación de los alimentos. *Producción Animal Tropical* 5(3):213-233.
- ORTEGA, M.E.; STERN, M.D.; SATTER, L.D. 1979 The effect of rumen ammonia concentration on dry matter disappearance *in situ* *Journal of Dairy Science*. 62 (suppl 1): 76.
- OSBOURN, D.F. ; TERRY, R.A.; SPOONER, M.C.; TETLOW, R.M. 19881. Use of processing to explore the factors affecting the digestion of cell wall. *Animal Feed Science and Technology* 6:387-403.
- OVIEDO, F.J. ; BENAVIDES, J.; VALLEJO, M. 1994. Evaluación bioeconómica de un modelo agroforestal autosostenible con cabras lecheras en Turrialba, Costa Rica, In: Benavides, J.E.; Arias, R., eds. *Sistemas tradicionales y agroforestales de producción caprina en América Central y República Dominicana*. Turrialba, Costa Rica, CATIE.
- OVIEDO C., F.J. 1995. Morera (*Morus* sp.) en asocio con Poró (*Erithryna poeppigiana*) y como suplemento para vacas lecheras en pastoreo. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 87 p.
- PASHA, T.N.; PRIGGE, E.C.; RUSELL, R.W.; BRYAN, W.B. 1994. Influence of moisture content of forage diets on intake and digestion by sheep. *Journal of Animal Science*. 72:2455-2463
- PEZO, D. 1990. Medición de las tasas de degradación ruminal en alimentos. In Ruiz, M ; Ruiz, A., eds. *Nutrición de rumiantes: Guía metodológica*. San José, Costa Rica, IICA. p. 115-126.
- PLAYNE, M.L.; KENNEDY, P.M. 1976. *Journal Agricultural Science* 86:367-372.
- POPPI, D.P. ; Mc LENNAN, S.R. 1995. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. *Journal of Animal Science* 73:278-290.
- PRADO, A. 1995. *Agrostología*. San José, Costa Rica., EUNED. 133 p.
- PRESTON, T.R.; LENG, R. 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, CONDRIT. 312 p.
- _____. 1995. *Tropical animal feeding: A manual for research workers*. Roma, FAO. 124 p. (FAO Animal Production and Health Paper no. 126)

- PRIGGE, E.C.; FOX, J.T.; JACQUEMET, N.A.; RUSELL, R.W. 1993. Influence of forage species and diet particle size on the passage of digesta and nylon particles from the reticulo-rumen of steers. *Journal of Animal Science* 71:2760-2769.
- PULIDO, J.I. 1990. Efecto de la amonificación con urea sobre el valor nutritivo y parámetros de digestión ruminal de la paja de Jaragua (*Hyparrhenia rufa*). Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 130 p.
- ROBINSON, P.H.; FADEL, J.G.; TAMMINGA, S. 1986. Mathematical models to describe neutral detergent residue in terms of its susceptibility to degradation in the rumen. *Animal Feed Science and Technology* 15:249-271
- ROCHA, P.G.; VERA, R.R. 1981. Structural carbohydrates, protein and *in vitro* digestibility of 8 tropical grasses. *Turrialba* 31 (1): 15-20.
- ROJAS, A.; BENAVIDES, J. 1992. Producción de leche de cabras alimentadas con pasto y suplementadas con altos niveles de Morera (*Morus* sp). In: Benavides, J.E., ed. *Arboles y arbustos forrajeros en América Central*. Turrialba, Costa Rica, CATIE. v.1, p. 305-320
- ROLDAN, G. 1981. Degradación ruminal de algunos forrajes proteicos en función del consumo de banano verde suplementario. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., UCR/CATIE. 71p.
- RUSELL, J.B.; SHARP, W.M.; BALDWIN, R.L. 1979. The effect of pH on maximum bacterial growth rate and its possible role as a determinant of bacterial competition in the rumen. *Journal of Animal Science* 48:251
- SANZ, E. 1990. Los nuevos sistemas de alimentación en vacuno lechero. España. AEDOS 271 p.
- SAS INSTITUTE. 1982. SAS Users guide basics. Cary, North Carolina. 921 p.
- SATTER, L.D.; WHITLOW, L.W.; SANTOS, K.A. 1979. Supplementing protein to the dairy cow for maximum profit. *Journal of Dairy Science* 58:1219.
- SEPSA-CNP. 1990. Encuesta Ganadería Nacional 1988. San José, Costa Rica, Secretaría Ejecutiva de Planificación del Sector Agropecuario y de Recursos Naturales Renovables - Consejo Nacional de Producción. 60 p.
- SHAYO, C.M. 1997. Uses, yield and nutritive value of mulberry (*Morus alba*) trees for ruminants in the semi-arids areas of central Tanzania. Mpwapwa, Tanzania. Zonal Research and Training Centre, Livestock Production Research Institute. 11 p.
- SHIMADA, A. 1983. Fundamentos de nutrición animal comparativa. México, D.F., Sistema de Educación Continua en Producción Animal en México. 373 p.
- SHIRLEY, R.L. 1986. Nitrogen and energy nutrition of ruminants. Orlando Florida, Academic Press. 358 p.
- SIMPSON, M.E. 1984. Protective effect of alternative carbon source toward cellulose during its digestion in bovine ruminal fluid. *Dev. Ind. Microbial* 25:641.

- SINGH, B.; MAKKAR, H. P.; NEGI, S.S. 1989. Rate and extent of digestion and potentially digestible dry matter and cell wall of various tree leaves. *Journal of Dairy Science* 72(12):175-184.
- SMITH, L.W. ; GOERING, H.K.; WALDO, D.R. ; GORDON, C. H.; 1971. *In vitro* digestion rate of forage cell wall components. *Journal of Dairy Science* 54:71-76.
- _____ ; GOERING, H.K.; GORDON, C.H. ; 1972. Relationships of forage composition with rates of cell wall digestion and indigestibility of cell walls. *Journal of Dairy Science* 55:1140.
- SMITH, O.B.; VAN HOURTERT, M.F.J. 1987. The feeding value of *Gliricidia Sepium*. A review. *World Animal Review* 62:57-68.
- SOO-HO, L.; YOUNG-TAEK, K.; SANG-POONG, L.; IN-JUN, R.; HUNG-SUNG, L.; BYUNG-HO, L. 1990. Sericulture training manual. FAO. Agricultural Services Bulletin No. 80. 117 p.
- SLYTER, L.L. 1981. Proceeding, Annual Meet. American Society Animal Science., Raleigh, N.C. Abstract. No 743.
- STEWART, C.S. 1977. Factors affecting the cellulolytic activity of rumen contents. *Applied Environmental Microbiology* 33:497.
- SUTTON, J.D. 1968. The fermentation of soluble carbohydrates in rumen contents of cows fed diets containing a large proportion of hays. *British Journal of Nutrition* 22:689.
- TAMMINGA, J. 1982 Energy proteins relationships in ruminant feeding: similarities and differences between rumen fermentation and post ruminal utilization. In: Miller; E.L.; Pike, I.H.; Vanes, A.J.H., eds. Protein contribution of feedstuffs for ruminants: application to feed formulation. England, Butterworth. p. 4-15.
- THING-ZING, Z.; YUN-FANG, I.; GUANG-XIAN, H. HUAIZHONG, F.; BEN, M. 1988. Mulberry cultivation. FAO Agricultural Services Bulletin No 73/1. 127 p.
- UDEN, P.; COLUCCI, P.E.; VAN SOEST, P. 1980. Investigation of chromium, cerium and cobalt as markers in digesta rate of passage studies. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 31:625.
- _____ . 1988. The effect of grinding and pelleting hay on digestibility, fermentation rate, digesta passage and rumen and faecal particle size in cows. *Animal Feed Science and Technology* 19:145-157
- VALLEJOS, A.A. 1988. Caracterización y evaluación agronómica preliminar de accesiones de *Brachiaria* y *Panicum* en el trópico húmedo de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 126p.

- VARGA, G.A.; PRIGGE, E.C. 1982. Influence of forage species and level of intake on ruminal turnover rates. *Journal of Animal Science*. 55(6):1498-1504.
- _____ ; HOOVER, W.H. 1983. Rate and extent of neutral detergent fiber degradation of feedstuffs *in situ*. *Journal of Dairy Science* 66:2109-2115.
- VAN SOEST, P. 1982. Nutritional ecology of the ruminants. Corvallis, OR., O & B Books. 374 p.
- _____ ; UDEN, P.; WRICK, K. F. 1983. Critique and evaluation of markers for use in nutrition of humans and farm and laboratory animals. *Nutrition Reports International* 27:17-28.
- _____ ; FERREIRA, A.M.; HARTLEY, R.D. 1984. Chemical properties of fibre in relation to nutritive quality of ammonia-treated forages. *Animal Feed Science and Technology* 10:155-164.
- VELAZQUEZ, C.M.; GUTIERREZ, 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* * *Sorghum sudanense*) para novillos. In: Benavides, J.E., ed. Arboles y arbustos forrajeros en América Central. Turrialba, Costa Rica, CATIE. v. I, p 377-392.
- WANAPAT, M. 1987 The nutritive value of *Macroptilium atropurpureum* cv. Siratro and *Stylosanthes hamata* cv Verano. In: Rose, M.J. ed. Herbivore nutrition research. Australian. Brisbane. Society of Animal Production. Brisbane. p 17-18.
- WELCH, J.G. 1986. Physical parameters of fiber affecting passage from the rumen. *Journal of Dairy Science* 69:2750-2754.
- ZEA, S.; DIAZ, M. 1990. Producción de carne con pastos y forrajes. Madrid, España, ediciones Mundi Prensa. 389 p.
- ZORRILLA - RIOS, J.; HORN.G.W.; McNEW, R.W. 1989. Effect of ammoniation and energy supplementation on the utilisation of wheat straw by sheep. *Animal Feed Science and Technology* 22:305-320.

ANEXOS

Cuadro A1. ANDEVA resumen de los parámetros de degradación ruminal de la MS.

PARAMETROS	NIVELES DE SIGNIFICANCIA ($Pr < F$)					CV%
	PERIODO	ANIMAL	TRAT	FORRAJE	T*F	
Degradación inicial	0.593	0.025 *	0.319	0.0001**	0.391	16.55
Tasa degradación	0.154	0.003 **	0.006**	0.0001**	0.0003**	35.67
Degradación potencial	0.309	0.446	0.054*	0.0001**	0.660	5.69
Degradación real	0.061*	0.006 **	0.011*	-----	-----	3.71

* ($P < 0.05$); ** ($P < 0.01$)

Cuadro A2. ANDEVA resumen parámetros de degradación ruminal de la PC.

VARIABLE	NIVELES DE SIGNIFICANCIA ($Pr < F$)			CV %
	PERIODO	ANIMAL	TRATAMIENTOS	
<i>A</i>	0.0448*	0.2205	0.0384*	1.56
<i>b</i>	0.6164	0.5095	0.0564*	4.63
<i>c</i>	0.0394	0.0736	0.3257	45.4
<i>DR</i>	0.1745	0.1141	0.4880	9.76

* ($P < 0.05$),
A = Degradabilidad potencial Proteína cruda
b = Fracción degradada por microorganismos en el rumen
c = Tasa de degradación PC
DR = Degradación real PC

Cuadro A3. ANDEVA resumen de los parámetros de degradación ruminal de la FDN.

PARAMETROS	NIVELES DE SIGNIFICANCIA ($Pr < F$)					CV%
	PERIODO	ANIMAL	TRAT	FORRAJE	T*F	
Degradación potencial	0.0040**	0.2410	0.262	0.0001**	0.464	6.5
Tasa degradación	0.0001**	0.0215	0.411	0.0001**	0.143	34.0
Período prefermentativo	0.0001**	0.2158	0.050*	0.0001**	0.957	40.9
Degradación real	0.0126*	0.0159*	0.302	-----	-----	7.7

* ($P < 0.05$); ** ($P < 0.01$)

Cuadro A4. ANDEVA resumen de la tasa de pasaje experimentada en las dietas.

VARIABLES	NIVELES DE SIGNIFICANCIA ($P_r < F$)				CV%
	PERIODO	ANIMAL	TRATAMIENTO	EFFECTOS	
Tiempo de tránsito (h)	0.9721	0.3736	0.3240		13.1
Tasa de pasaje por el rumen (%/h)	0.1137	0.0607	0.9227		16.2
Tasa de pasaje TP(%/h)	0.0393*	0.1540	0.4204		16.0
Tiempo de retención en el rumen (h)	0.2186	0.3581	0.7202		33.8
Tiempo de retención TP(h)	0.0128*	0.0269*	0.5340		14.3

* ($P < 0.05$)

Cuadro A5. ANDEVA resumen de los parámetros de fermentación ruminal.

VARIABLES	NIVELES DE SIGNIFICANCIA ($P_r < F$)						CV%
	PERIODO	ANIMAL	TIEMPO	TRAT	T * TRAT	EFFECTOS	
AGV TOTAL	0.0315*	0.0317*	0.0001**	0.5889	0.1576		9.72
Ac. Acético (%)	0.0144*	0.0200*	0.3091	0.0117*	0.6037		2.78
Ac. Propiónico (%)	0.0320*	0.9772	0.4407	0.0137*	0.7668		7.49
Ac. Butírico (%)	0.0216*	0.0525	0.0001*	0.5422	0.1229		8.33
Ac/Pr	0.0186*	0.8451	0.0334*	0.1483	0.8167		8.99
pH	0.0001**	0.3987	0.0001**	0.3508	0.0250*		2.70
Amonio (mgN-NH ₃ /100ml)	0.0001**	0.0220*	0.0016**	0.0046**	0.4492		30.05

* ($P < 0.05$);** ($P < 0.01$)