CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA
SUBDIRECCION GENERAL ADJUNTA DE ENSEÑANZA
PROGRAMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

EVALUACION DEL PORO (*Erythrina poeppigiana* (Walpers) O.F. Cook) Y MADERO NEGRO (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.) COMO SUPLEMENTOS PROTEICOS PARA VACAS LECHERAS ALIMENTADAS CON HENO DE JARAGUA (*Hyparrhenia rufa*)

Tesis sometida a la consideración del Comité Técnico Académico del programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agricolas y Recursos Naturales del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), para optar al grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

POR

LUIS ALBERTO CAMERO REY

TURRIALBA, COSTA RICA
1991

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

MAGISTER SCIENTIAE

COMITE ASESOR:

María Kass, Ph.D.
Profesor Consejero

Francisco Romero, Ph.D.
Miembro del Comité

Danilo Pezo, Ph.D.
Miembro del Comité

Miembro del Comité

Ramón Lastra, Ph.D.
Coordinador Programa Posgrado

Luis Alberto Camero Rey
Candidato

TESIS QUE DEDICO

A mis padres Esther y Julian por su amor, comprensión y apoyo para ser lo que soy.

A mi esposa Lupe y mis hijos Roberto, Natalia y Johnny.

A mi pais natal Venezuela y a Costa Rica por brindarme hospitalidad y cariño.

AGRADECIMIENTO

Al Gobierno de Los Estados Unidos de Norte América en su Proyecto AID-SCI 936-5542-12 por haberme facilitado el financiamiento para realizar mis estudios de Maestria.

A los Dres. Maria Kass, Francisco Romero y Danilo Pezo por su sincera amistad y conocimientos transmitidos durante estos dos años de estudio que culminaron con éxito en el presente trabajo.

Al personal administrativo y obrero de la Finca de Ganaderia, especialmente a Erick López por su valiosa ayuda en el desarrollo del trabajo de campo. Al personal del Area de Ganaderia Tropical y del Laboratorio de Nutrición Animal del CATIE; asi, como a todas aquellas personas que de un modo u otro aportaron su tiempo y conocimiento para que esta etapa de mi vida llegase a feliz término.

CONTENIDO

Página

RESUMEN..... v

SUMMARY..... vii

LISTA DE CUADROS..... viii

LISTA DE FIGURAS..... xii

1. INTRODUCCION..... 1
   1.1 Objetivo general..... 2
   1.2 Objetivos específicos..... 3

2. REVISION DE LITERATURA..... 4
   2.1 *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud..... 4
      2.1.1 Producción de biomasa..... 5
      2.1.2 Aspectos nutricionales..... 6
      2.1.3 El madero negro en la alimentación animal..... 8
   2.2 Poró *Erythrina poeppigiana*..... 9
      2.2.1 Producción de biomasa..... 10
      2.2.2 Aspectos nutricionales del poró..... 10
      2.2.3 El poró en la alimentación de rumiantes..... 12
   2.3 Urea..... 15
   2.4 Heno de jaragua..... 16

3. MATERIALES Y METODOS..... 20
   3.1 Localización..... 20
   3.2 Manejo general del ensayo de producción de leche..... 22
      3.2.1 Animales y alimentación..... 22
      3.2.2 Variables experimentales..... 23
      3.2.3 Variables de respuesta..... 26
         3.2.3.1 Producción de leche..... 26
         3.2.3.2 Composición quimica de la leche..... 26
         3.2.3.3 Consumo de materia seca..... 27
         3.2.3.4 Diseño experimental y análisis estadistico..... 27
         3.2.3.5 Análisis económico..... 30
   3.3 Caracterización de las dietas experimentales..... 30

4. RESULTADOS Y DISCUSION..... 35
4.1 Caracterización nutritiva de las dietas experimentales..... 35
4.2 Consumo de materia seca..... 46
4.3 Producción de leche y sus constituyentes... 47
4.4 Análisis económico para la producción de leche..... 54

5. CONSIDERACIONES GENERALES..... 56

6. CONCLUSIONES..... 63

7. RECOMENDACIONES..... 65

8. LITERATURA CITADA..... 66

9. ANEXOS..... 74

RESUMEN

CAMERO, L. A. 1991. Evaluación del poró (*Erythrina poeppigiana* (Walpers) O.F. Cook) y madero negro (*Gliricidia sepium* (Jacg.) Steud) como suplementos proteicos para vacas lecheras alimentadas con heno de jaragua (*Hyparrhenia rufa*). Tesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica, CATIE.

Palabras claves: *E. Poeppigiana, G. sepium*, heno de baja calidad, vacas lecheras, suplementación proteica, producción y composición de la leche, parámetros de la digestión ruminal.

La presente investigación planteó el objetivo de evaluar el efecto del follaje del poró (*Erythrina poeppigiana*) y madero negro (*Gliricidia sepium*) como suplementos proteicos, en comparación con urea, en la producción y composición de la leche de vacas consumiendo heno de jaragua (*Hyparrhenia rufa*) de baja calidad.

El trabajo se realizó en la Finca Experimental del Area de Ganaderia Tropical del CATIE, localizada a 9º 58' latitud norte, 83º 31' longitud oeste, a 639 msnm, una precipitación anual promedio de 2600 mm, humedad relativa de 90.4% y una temperatura media anual de 22º C. Se utilizaron 12 vacas (Jersey puras y mestizas de Criollo por Jersey) que se encontraban entre 45 y 60 días de lactancia. Las mismas fueron distribuidas bajo un diseño de sobrecambio en cuadradro latino repetido sin periodo extra, con cuatro cuadrados, tres vacas por cuadrado y tres periodos (21 días cada periodo, de los cuales 14 fueron de adaptación y 7 de mediciones). Todas las vacas recibieron una dieta básica de heno de jaragua, un suplemento proteico (*Erythrina*, *Gliricidia* o urea) y energético (melaza y pulidura de arroz) de acuerdo a los requerimientos de producción de 6.6 Kg de leche/dia con 4% de grasa. Las dietas fueron isoproteicas e isoenergéticas.

Los resultados encontrados para producción de leche total, indican que los tratamientos con base a poró y madero negro fueron estadisticamente iguales (7.3 y 7.4 Kg/vaca/dia para poró y madero negro, respectivamente) y diferentes ($P<0.005$) al tratamiento con base a urea (6.7 Kg/vaca/día). No se encontró diferencias estadisticas para la composición de la leche en ninguno de los tratamientos evaluados (3.4, 3.4 y 3.5% de grasa; 2.9, 2.9 y 2.8% de proteina y 11.9, 11.8 y 11.9% de sólidos totales para los tratamientos con base a poró, madero negro y urea, respectivamente). El análisis económico de presupuestos parciales demostró, que la suplementación con base a madero negro y poró fue

superior en 20 y 19%, respectivamente a la suplementación con base a urea.

Para evaluar el efecto de la suplementación proteica sobre la degradabilidad y parámetros de la fermentación ruminal de los componentes de las dietas experimentales, se trabajó con tres novillos fistulados al rumen. Este ensayo se condujo bajo un arreglo de cuadrado latino 3 X 3 (3 dietas 3 periodos). Las dietas fueron iguales a las utilizadas en el ensayo de producción de leche. Adicionalmente se midió la tasa de pasaje de las dietas experimentales, pH, nitrógeno amoniacal y ácidos grasos volátiles en licor ruminal. Se observó que el tipo de suplementación proteica no afectó la tasa de pasaje de las dietas ni el pH a nivel ruminal, pero el uso de poró y madero negro resultaron en una mayor producción de ácidos grasos volátiles y una menor concentración de amonio a nivel ruminal.

Con base a los resultados obtenidos, se concluye que el uso de poró o madero negro constituyen una alternativa de suplementación proteica para produción de leche en vacas estabuladas que reciben una dieta basal de heno de jaragua de baja calidad.

SUMMARY

CAMERO, L. A. 1991. Evaluation of poro (*Erythrina poeppigiana* (Walpers) O.F. Cook) and madero negro (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud) as protein supplement to dairy cows fed on jaragua (*Hyparrhenia rufa*) hay . Mag. Sc. Thesis, Turrialba, Costa Rica, CATIE.

Key works: *E. poeppigiana*, *G. sepium*, urea, low quality hay, dairy cows, protein supplementation, milk yield and composition, rumen digestion parameters.

The objective of the study, was to evaluate the effects of *E. poeppigiana* and *G. sepium* foliages as supplements, for dairy cows receiving a basal diet of low quality *H. rufa* hay on milk yield and its composition, as compared to a traditional nitrogen source such as urea.

The study was carried out at CATIE's Tropical Livestock Experimental Farm, which is located at 9° 58' North, and 83° 31' West, at an altitude of 639 masl. The average rainfall is 2600 mm per year, the relative humidity is 90.4%, and the average annual mean temperature 22°C.

Twelve cows (Jersey and crossbred Jersey x Criollo), between 45 and 60 days post partum were randomly distributed to a Change Over 3 x 3 Latin Square desing, replicated four times. Each square was made of three cows and three periods. Each period covered 21 days (14 days for the adaptation to experimental diets and 7 days for data recording). All cows received a basal diet constituted by *H. rufa* low quality hay, and an energy supplement (sugar cane molasses + rice polishings). The rations studied differed on the type of protein supplement, either *E. poeppigiana* or *G. sepium* foliages or urea. All diets were isoproteic and isocaloric, covering the requeriments for maintenance plus production of 6.6 kg milk/day, with 4% fat.

Milk yields did not differ ($P>0.05$) when cows received either *E. poeppigiana* or *G. sepium* foliages as protein supplements (7.3 and 7.4 kg/cow/day, respectively) but they were superior ($P<0.005$) to urea supplementation (6.7 kg/cow/day). Milk composition (fat, protein and total solids) was not affected by the treatments.

The partial budget analysis showed that nitrogen supplementation with foliage of *E. poeppigiana* and *G. sepium* resulted in a 20% higher net income than urea.

In order to determine the effects of the different protein sources evaluated, on the feed dry matter rumen degradability, the rate of passage through the in gastrointestinal tract and the fermentation pattern, three rumen cannulated steers were distributed in a 3 x 3 Latin Square design (3 steers, 3 periods and 3 treatments), with the same diets and management utilised in the milk production experiment. No differences (P>0.05) among protein sources were detected for the rate of passage, relative proportion of volatile fatty acids (VFA) and rumen degradability; however, animals supplemented with *E.poeppigiana* or *G. sepium* showed higher ruminal VFA production (P>0.05) and lower ruminal ammonia concentration (P<0.05). than those receiving urea as a supplement.

In conclusion, the supplementation of poor roughage diets with *E. poeppigiana* or *G. sepium* foliages, is a promising alternative to increase milk production in the tropics.

LISTA DE CUADROS

En el texto — Página

Cuadro 1. Porcentaje de proteína cruda y digestibilidad *in vitro* en hojas y tallos tiernos de madero negro en diversos lugares tropicales..... 7

Cuadro 2. Contenido de proteína cruda y DIVMS de la biomasa comestible del poró a diferentes edades de rebrote..... 12

Cuadro 3. Raciones balanceadas para los tratamientos experimentales..... 24

Cuadro 4. Digestibilidad *in vitro* de la materia seca y composición química de los alimentos utilizados en ambos ensayos..... 36

Cuadro 5. Efecto de los tratamientos sobre la tasa de pasaje..... 41

Cuadro 6. Efecto de los tratamientos sobre el consumo de materia seca..... 46

Cuadro 7. Resumen de análisis de varianza para la producción de leche y sus diferentes constituyentes..... 48

Cuadro 8. Efecto de los tratamientos sobre la producción de leche y sus constituyentes..... 53

Cuadro 9. Análisis de presupuestos parciales para los diferentes tratamientos..... 55

En el apéndice.

Cuadro 1A. Análisis de varianza para degradabilidad inicial de la materia seca del heno.. 75

Cuadro 2A. Análisis de varianza para degradabilidad de la fracción B de la materia seca del heno..... 75

Cuadro 3A. Análisis de varianza para degradabilidad potencial de la materia seca del heno..... 76

Cuadro 4A. Análisis de varianza para tasa de degradación de la materia seca del heno..... 76

Cuadro 5A. Análisis de varianza para degradabilidad real de la materia seca del heno..... 77

Cuadro 6A. Análisis de varianza para tiempo medio de degradación de la materia seca del heno..... 77

Cuadro 7A. Análisis de varianza para degradabilidad inicial de la materia seca de la pulidura de arroz..... 78

Cuadro 8A. Análisis de varianza para degradabilidad de la fracción B de la materia seca de la pulidura de arroz..... 78

Cuadro 9A. Análisis de varianza para degradabilidad potencial de la materia seca de la pulidura de arroz..... 79

Cuadro 10A. Análisis de varianza para tasa de degradación de la materia seca de la pulidura de arroz..... 79

Cuadro 11A. Análisis de varianza para degradabilidad real de la materia seca de la pulidura de arroz..... 80

Cuadro 12A. Análisis de varianza para tiempo medio de degradación de la materia seca de la pulidura de arroz..... 80

Cuadro 13A. Análisis de varianza para tasa de pasaje en el rumen reticulo..... 81

Cuadro 14A. Análisis de varianza para tasa de pasaje en el tracto posterior.... 81

Cuadro 15A. Análisis de varianza para tiempo de retención en el rumen reticulo... 82

Cuadro 16A. Análisis de varianza para tiempo de retención en el tracto posterior. 82

Cuadro 17A. Análisis de varianza para tiempo de tránsito..... 83

Cuadro 18A. Efecto de los tratamientos sobre la concentración de amoniaco (mg/100 ml) y pH en el licor ruminal..... 83

Cuadro 19A. Análisis de varianza para concentración de AGV totales en el rumen..... 84

Cuadro 20A. Análisis de varianza para concentración de ácido acético en el contenido ruminal..... 84

Cuadro 21A. Análisis de varianza para concentración de ácido propiónico en el contenido ruminal..... 85

Cuadro 22A. Análisis de varianza para concentración de ácido butírico en el contenido ruminal..... 85

Cuadro 23A. Análisis de varianza para proporción molar de ácido acético en el contenido ruminal..... 86

Cuadro 24A. Análisis de varianza para proporción molar de ácido propiónico en el contenido ruminal..... 86

Cuadro 25A. Análisis de varianza para proporción molar de ácido butírico en el contenido ruminal..... 87

Cuadro 26A. Análisis de varianza para consumo de materia seca..... 87

Cuadro 27A. Análisis de varianza para producción de leche total..... 88

Cuadro 28A. Análisis de varianza para leche corregida al 4% de grasa..... 88

Cuadro 29A. Análisis de varianza para % de grasa de la leche..... 89

Cuadro 30A. Análisis de varianza para % de proteina de la leche..... 89

Cuadro 31A. Análisis de varianza para % de sólidos totales de la leche..... 90

Cuadro 32A. Análisis de varianza para poducción de grasa (Kg)..... 90

Cuadro 33A. Análisis de varianza para producción de proteina (Kg)..... 91

Cuadro 34A. Análisis de varianza para producción de sólidos totales (kg).. 91

LISTA DE FIGURAS

Página

Figura 1. Datos promedios de temperatura y precipitación..... 21

Figura 2. Esquematización del diseño experimental..... 28

Figura 3. Efecto de los tratamientos sobre la degradabilidad de la materia seca del heno de jaragua..... 38

Figura 4. Efecto de los tratamientos sobre la degradabilidad de la materia seca de la pulidura de arroz.... 39

Figura 5. Degradabilidad de la materia seca del poró y madero negro..... 40

Figura 6. Efecto de los tratamientos sobre la concentración de amonio en licor ruminal..... 43

Figura 7. Efecto de los tratamientos sobre la concentración molar de AGV en licor ruminal..... 44

Figura 8. Efecto de los tratamientos sobre la proporción molar de AGV en licor ruminal..... 45

Figura 9. Efecto de los tratamientos sobre la producción de leche total y corregida al 4% de grasa..... 50

Figura 10. Efecto de los tratamientos sobre los constituyentes de la leche.. 52

1. INTRODUCCION

Bajo condiciones del trópico bajo, las restricciones impuestas a los animales por la variación estacional de los factores climáticos, determinan que el volumen y calidad nutritiva de la biomasa disponible de las pasturas y forrajes comúnmente utilizados en la alimentación de rumiantes, sean limitantes en la mayoría de los sistemas de producción ganadera, tanto de leche como de carne.

La existencia de periodos prolongados de penuria nutricional, especialmente en lo que se refiere a proteina y energía, determinan la baja producción y productividad de los sistemas presentes. Bajo esta situación, la necesidad de suplementación es clara, recurriéndose al uso de diferentes fuentes suplementarias, que por lo general sólo permiten cubrir las necesidades de mantenimiento de los animales.

La utilización de leguminosas arbóreas de fácil establecimiento, bajos requerimientos de insumos y alto potencial nutritivo, constituyen una alternativa para el mejoramiento de la producción de leche y/o carne en áreas tropicales y subtropicales. Dentro de estas especies arbustivas se encuentran el madero negro y el poró.

El CATIE ha llevado a cabo varios estudios con estas especies arbóreas como alternativas agrosilvopastoriles, entre ellas tenemos: sombra; reciclaje de nutrientes; amortiguadoras de la erosión; producción de leña, cercas vivas y en los últimos años se ha venido intensificando su uso en la alimentación de rumiantes.

Este trabajo pretende aportar soluciones a la problemática que se presenta en las zonas donde por efecto de periodos prolongados de sequía, la disminución de la oferta de forraje proveniente de los pastos es notorio. Bajo estas condiciones, las posibilidades de producción de leche exclusivamente a base de pastoreo es difícil; por lo tanto, el material forrajero almacenado como heno, suplementado con otras fuentes que aporten los nutrimentos deficitarios en él, podría ser una solución paleativa para la ganadería bajo estas condiciones marginales.

Con base en estos antecedentes el presente trabajo tuvo como objetivos:

1.1 Objetivo general:

Evaluar el efecto biológico y económico de la suplementación con poró y madero negro, sobre la producción

de leche en vacas estabuladas, alimentadas con heno de jaragua.

1.2 Objetivos específicos:

- Determinar el efecto de la suplementación con poró y madero negro, como fuentes de proteína suplementaria para vacas que reciben dietas fibrosas de heno de jaragua, en la producción y composición de la leche.

- Determinar la ventaja económica de la utilización de estas fuentes proteicas, como suplemento para vacas lecheras estabuladas que reciben una dieta de heno de jaragua, en comparación con una suplementación tradicional con urea.

- Caracterizar los componentes de las dietas experimentales desde el punto de vista nutritivo y parámetros de la fermentación ruminal; y relacionarlos con la producción y composición de la leche de vacas estabuladas que reciben una dieta fibrosa de heno de jaragua.

2. REVISION DE LITERATURA

Las leguminosas arbóreas cultivadas, que poseen alto contenido de nitrógeno, que se establecen con facilidad y no requieren grandes insumos agronómicos, y derivados de la industria quimica, constituyen fuentes valiosas de proteina principalmente en la época seca, para mejorar la nutrición de los animales y por ende, lograr aumentos en la producción.

2.1. *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.

(*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud) comünmente llamada madero negro, mata ratón, madre cacao, etc., es una de las leguminosas arbóreas cultivadas que se ha investigado ampliamente. Esta leguminosa ha sido utilizada como leña, para postes y cercas vivas, como sombra en plantaciones, como fuentes de nutrientes via reciclaje en cultivos asociados, como soporte para plantas trepadoras y como forraje en la alimentación de ganado (CATIE, 1989).

G. sepium se ha descrito como uno de los árboles más comunes en América Central, donde probablemente tuvo su origen (Little y Wasdworth, 1964). Sin embargo, se ha propagado a diferentes partes del mundo, entre ellas, el

Africa Occidental, Las Antillas, el sur de Asia y las regiones tropicales de América (Little y Wasdworth, 1964).

2.1.1. Producción de biomasa.

La época del año, la frecuencia de podas y el sistema de siembra utilizado, influyen en el rendimiento de materia verde. Aunque el madero negro se mantiene verde durante todo el año, sobre todo si se realizan podas periódicas, el crecimiento y retención del follaje parece menor durante la época de mínima precipitación (Belliard, 1984; Hernández, 1988; CATIE, 1989; Chana, 1989).

Hernández (1988), encontró que las podas al final de la época lluviosa, impiden la floración de los árboles y permiten disponer de forraje verde en los meses de penuria nutricional.

Bajo condiciones de trópico húmedo, Chana (1989) encontró que la frecuencia de poda afecta los rendimientos, obteniéndose mayores producciones de biomasa total con cortes cada 4 meses (4050 Kg de MS/Km de cerca viva/año), en comparación con cortes cada 6 meses (3132 Kg de MS/Km de cerca viva/año). En el mismo estudio se determinó que frecuencias de poda de 2 meses producían alta mortalidad en

las plantas. Belliard (1984) sugiere que una poda cada seis meses produce una mayor cantidad de materia seca total (4400 kg/km de cerca viva). Por otro lado, cuando se evaluó el madero negro en sistemas de plantaciones por estacas en surcos, como bancos de proteina, con frecuencias de poda cada cuatro meses en la zona del trópico húmedo de Costa Rica, se encontró rendimientos de 30 TM/ha/año de materia seca comestible de madero negro (CATIE, 1989).

2.1.2.Aspectos nutricionales.

Estudios realizados por Sentheshanmuganathan y Durand (1969), sobre la caracterización de la proteína cruda del madero negro mostraron un contenido total de nitrógeno de 3.99%, con un 12% de esta cantidad formada por nitrógeno no proteico.

Asi mismo, Espinoza (1984) encontró que la concentración promedio de nitrógeno en las diferentes porciones de la planta, tiende a incrementarse al aumentar la edad de rebrote (podas a 3 y 5 meses de rebrote), asi, en hojas encontró valores para la proteína cruda de 23.8 y 26.9%, para peciolos valores de 12 y 12.5% y para tallo tierno de 20.7 y 18.9% para 3 y 5 meses de rebrote respectivamente. Este mismo autor, encontró una mayor

degradabilidad de la materia seca en las partes distales de la rama (hojas jóvenes y tallos tiernos), así como una disminución de la misma en las partes más próximas a la base de la rama (material más maduro)

En el Cuadro 1, se muestran algunos datos de digestibilidad *in vitro* y de contenido de proteína cruda para madero negro en diversos lugares tropicales.

Cuadro 1. Porcentaje de proteina cruda y digestibilidad *in vitro* en hojas y tallos tiernos de madero negro en diversos lugares tropicales.

Lugar	Hojas	Tallos	Fuente
		Proteina	
R. Dominicana	20.1	16.3	Moreno (1982)
Costa Rica	19.6	11.0	Lucía *et al* (1985)
Sri Lanka	20.0		Chadhokar (1982)
Nigeria	26.6		Akinola *et al*
México	23.8		Vera (1987)
Costa Rica	21.1		Kass y Rodríguez (1987)
Costa Rica	24.8		Benavides (1983)
		DIVMS	
Costa Rica	49.6	45.6	Beliard (1984)
Costa Rica	58.5	45.5	Baggio (1982)
Asia	50.7	46.1	Bulo *et al*
Costa Rica	59.2		Rodriguez *et al* (1987)
Costa Rica	68.5		Roldan (1981)
Guatemala	58.4		Vargas (1987)
Tailandia	53.6		Falvey (1982)

Chana (1989), en cercas vivas de madero negro, informó valores de proteina cruda entre 23 y 24% en las hojas, no encontrando diferencias debido a frecuencias de podas de dos, cuatro y seis meses de rebrote. La digestibilidad de

este material fue de 64, 55 y 49% para las podas de dos, cuatro y seis meses, respectivamente.

2.1.3. El madero negro en la alimentación animal.

Según Chadhokar y Kantharaju (1980), la administración de madero negro a ovejas en proporciones relativamente elevadas, entre el 25 y 75%, no parece tener efecto adverso sobre el comportamiento reproductivo de éstas. Las ovejas que recibieron madero negro como suplemento de un forraje a base de *Brachiaria miliformis* produjeron corderos con mayor peso y menor mortalidad. Se comprobó sin embargo, que las dietas con más de un 25% de madero negro no ofrecian nuevas ventajas.

Rodríguez et al (1987), evaluando la producción de leche de cabras estabuladas alimentadas con follaje de madero negro y de poró suplementadas con plàtano, encontraron que la producción de leche de las cabras alimentadas con poró fue mayor que la de los animales consumiendo madero negro (1.26 y 1.10 kg/animal/dia para poró y madero negro, respectivamente). La menor producción de leche en el tratamiento a base de madero negro, correspondió también a un menor consumo de materia seca del

follaje (1.12 y 0.88 kg/animal/dia para poró y madero negro, respectivamente).

Chandhokar y Sivasupiramanian (1983), comprobaron que el crecimiento de novillas alimentadas con dietas a base de paja y salvado de arroz suplementadas con diversas proporciones de madero negro, era análogo en todos los tratamientos y la dieta testigo a base de pastoreo (*Brachiaria* sp. y *Panicum maximun*) y concentrado. Los resultados no mostraron significancia entre los tratamientos, siendo las ganancias de peso de 360 a 420 gramos por dia.

2.2. Poró (*Erythrina poeppigiana*).

El poró (*Erythrina poeppigiana*), es un árbol leguminoso de gran desarrollo, distribuido desde la parte oeste de Bolivia y Amazonia Peruana, al norte de Panamá y Venezuela, habiéndose extendido en Centroamérica y el Caribe (Borchert, 1980). Esta leguminosa ha sido utilizada en Costa Rica desde los años 1900, principalmente como sombra de plantaciones de café y cacao; actualmente también es común su uso como cercas vivas y en asocio con pasturas en potreros (Russo, 1984; Beer, 1980).

2.2.1. Producción de biomasa.

La producción de biomasa del poró depende del sistema agroforestal en que se encuentre y del manejo que se de a la plantación. En plantaciones donde se usa el poró como sombra de café, distanciadas 6 X 6 metros y con podas anuales, se informan rendimientos de 6.4 kg MS de biomasa comestible/árbol/año (Russo, 1982).

En trabajos realizados por Espinoza (1984), en cercas vivas de poró, con espaciamientos entre árboles de 1.25 metros y bajo frecuencias de poda de 3 y 5 meses, encontró rendimientos de 0.96 y 1.18 kg MS/árbol/poda. Estos resultados son similares a los informados por Rodriguez (1985). Este autor encontró que del total de la producción de poró, el 85% representa material comestible, correspondiendo un 77% a hojas y un 8% a tallos tiernos.

2.2.2. Aspectos nutricionales del poró.

La caracteristica más atractiva del poró es su alto contenido de nitrógeno, ya que su contenido de energia metabolizable es similar al de los pastos tropicales. El contenido de proteina cruda depende principalmente de la

fracción de la planta y de la edad del rebrote (Espinoza, 1984; Benavides,1986).

Espinoza (1984), encontró que en materiales de tres meses de edad de rebrote el contenido de proteina cruda variaba de un 30% en hojas apicales a un 22% en hojas basales. Para los peciolos, encontró valores de 12.2% y 9.2% para basales y apicales respectivamente. En estudios realizados por Rodriguez (1985), el investigador encontró valores promedio de 26.5% de proteina cruda en las hojas , 11.8% para tallos tiernos y 23.3% para la biomasa comestible total.

Con relación a la digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS), esta varía de acuerdo a las diferentes fracciones de la planta. Asi, Benavides (1986) encontró valores de DIVMS de 74.0% en hojas apicales, de 37.4% en hojas basales y de 70.0 y 59.8% para peciolos apicales y basales, respectivamente.

Roldán (1981), encontró como tiempo medio de digestión ruminal de la proteina cruda 1.5 horas y 54.4 por ciento para la solubilidad de la proteina cruda en licor ruminal esterilizado en autoclave, lo cual se correlaciona con la tasa de degradación ruminal in situ de la fracción proteica

que se cataloga como de tipo medio, en comparación con otros follajes como el de camote y yuca.

En el Cuadro 2, se presentan valores de proteína y DIVMS del poró para la biomasa compuesta por hojas y peciolos según varios autores y a diferentes edades de rebrote.

Cuadro 2. Contenido de proteina cruda y DIVMS de la biomasa comestible (hojas y tallos tiernos) del poró a diferentes edades de rebrote.

Edad (meses)	Proteina cruda (%)	DIVMS (%)	Autor
3-5	19.2	--	Espinoza, 1984
3-4	23.4	51.0	Rodríguez, 1984
3-4	27.6	47.9	Samur, 1984
3	23.5	51.2	Pineda, 1986
3-5	24.4	54.7	Tobón, 1988
4	31.6	52.3	Pérez, 1988
3-5	29.4	52.29	Abarca, 1988
5-6	27.0	50.0	Medina, 1988

2.2.3. El poró en la alimentación de rumiantes.

En pruebas de producción de leche para evaluar la suplementación con poró y banano en cabras que consumian pasto king grass (*Pennisetum purpureum*) en comparación con la de concentrado, se encontró que la producción de leche fue mayor, bajo el tratamiento con concentrado (1.08 vs 1.29 Kg de leche/animal/dia). Sin embargo, los animales que

consumian poró y banano mostraron ganancias de peso significativamente superiores (59 vs 9 gr/animal/dia para el poró y concentrado, respectivamente) y mayor consumo total de materia seca (1.45 y 1.12 Kg MS/animal/dia para el poró y concentrado respectivamente) (Benavides, 1986).

En otro ensayo, Esnaola, Rios y Benavides (1986) trabajando con cabras que consumian una dieta base de poró, king grass y banano para evaluar el efecto de la suplementación de diferentes niveles de poró sobre la producción de leche, encontró que esta se incrementaba linealmente a medida que era mayor el consumo de poró.

Castro (1989) reporta mayor producción de leche (1.18 kg/animal/dia) en cabras estabuladas, cuando suministró 0.60 kg MS de plátano/animal/dia. y 0.45 Kg MS de poró/animal/dia, concluyendo que la producción de leche en cabras estabuladas guarda una importante relación, no solamente con los niveles suplementarios y fruto de plátano, sino también con un adecuado equilibrio entre dichos niveles

En el caso de terneros de lechería, trabajos realizados por Pineda (1986), utilizando cuatro niveles de sustitución de la PC de la harina de soya por PC del follaje de poró, encontró ganancias diarias promedios de 386, 363, 400 y 293

gramos para 0, 33, 67 y 100% de sustitución, concluyendo que al correlacionar el consumo de poró con la ganancia de peso se observó una asociación lineal negativa ($Y = 0.412 - 0.130 X$; $r^2 = 0.84$; $P<0.10$) entre ambas variables.

En otro estudio realizado con toretes, Vargas (1987), encontró que la suplementación de follaje de poró a toretes que se manejan en pastoreo, incrementan significativamente su tasa de crecimiento cuando el nivel de consumo de materia seca es igual o superior al 0.30% del peso vivo. Al adicionar al poró una fuente energética como banano verde, se incrementa significativamente la tasa de crecimiento, con relación a la de los toretes suplementados con el mismo nivel de poró, pero sin banano (579 Vs 524 gr/animal/dia).

En vacas lecheras en pastoreo, Tobón (1988), encontró que la inclusión de niveles crecientes de follaje de poró, como suplemento proteico acompañado de melaza de caña, aumenta la producción de leche en una forma lineal ($Y = 8.747 + 1.287 (X)$; $r^2 = 0.93$).

Abarca (1989), trabajando con vacas lecheras suplementadas con poró, no encontró diferencias en producción y constituyentes de la leche cuando adicionó 1.5 y 3.0 kg de melaza de caña a la dieta.

2.3. Urea.

McDowell (1974) describe dos clases de urea: una que se utiliza como fertilizante, la que normalmente contiene 46% de nitrógeno o el 287.5% de equivalente de proteína bruta y la clase alimenticia con el 42 al 45% de nitrógeno o el 262.5 - 281.25% de equivalente de proteina bruta. Aunque es preferible la urea de clase alimenticia, puede utilizarse la clase fertilizante en la alimentación de rumiantes. Esta última consta de particulas de mayor tamaño, lo cual crea problemas de distribución uniforme cuando se mezcla con otros alimentos.

Investigaciones realizadas con forrajes de baja calidad, indican que el consumo y utilización de los mismos por los rumiantes aumentan con la adición de fuentes nitrogenadas, destacándose entre ellas la urea por su economia, uso y eficiencia.. Una alimentación rica en nitrógeno no proteico, aumenta el nivel del ciclo de la urea (formación de urea en el higado), observándose síntomas de toxicidad en rumiantes después de ingerir dosis de urea que provocan concentraciones sobre 100 ml/dl de fluído ruminal (Stiles, 1970).

Según Chalupa (1968), la toxicidad en estos casos es debida a la incapacidad del hígado para convertir todo el amoniaco proveniente de la urea, permitiendo asi el paso de amoniaco a la sangre periférica. Esto ha sido corroborado por estudios hechos por Webb (1972), donde observó severa toxicidad en vacunos cuando la concentración de mitrógeno amoniacal de la sangre periférica excedia de 0.7 a 0.8 mg/dl.

Con forrajes de baja calidad, la mezcla melaza-urea puede ser utilizada como un suplemento o como un sustituto en condiciones de escasez de forraje (Romero, 1977).

Las limitaciones sobre el uso de la urea en la alimentación animal están dadas por lo siguiente: cantidad y naturaleza de la proteina verdadera proporcionada por los ingredientes de la ración; cantidad y calidad de los carbohidratos de la ración; nivel de administración de la urea; edad de los animales; alimentos toscos y duración del periodo de alimentación (Reid, 1953).

2.4. Heno de jaragua.

La utilización de henos en la alimentación animal es una de las alternativas empleadas durante la estación seca

en áreas tropicales donde la precipitación es estacional. Los henos producidos y comercializados en estas condiciones son, en general, de baja calidad, pues las limitaciones ambientales durante la estación lluviosa obligan a efectuar la henificación a inicios de la estación seca en pastizales con largos periodos de crecimiento (Castejón y Combellas, 1981).

El contenido de proteina cruda y digestibilidad del heno depende sobre todo de la especie forrajera, estado de madurez y tipo de manejo a que haya sido sometida la especie (Jackson, 1978). Nicholson (1984) conceptúa que los henos de forrajes son más altos en proteina cruda y digestibilidad de la materia orgánica, que los de cereales. La baja digestibilidad y densidad de nutrientes, acompañada por su consumo limitado, en comparación con otras fuentes de forrajes, ofrecen un reducido valor alimenticio para el ganado (Preston, 1978).

En los últimos tiempos, las pajas de cereales y henos de baja calidad (contenidos de proteina menor al 5% y digestibilidad entre 35 y 50%) han recibido especial atención para ser incluidos en raciones para bovinos, utilizándose también métodos físicos y quimicos para mejorar

su consumo (Smith y Broster, 1977; citados por Castejón y Combellas, 1981)

Pulido (1990), trabajando con heno de jaragua de baja calidad nutritiva (24.30 y 3.33 % de DIVMS y PC, respectivamente), encontró que el tratamiento del heno de jaragua con urea, mejoró el valor nutritivo y los parámetros de digestibilidad ruminal en bovinos

Preston (1972) señala que pequeñas cantidades de melaza adicionadas a henos secos molidos, mejoran el consumo voluntario. Asi mismo, el suministro de heno molido mezclado con el concentrado en raciones completas mejoran su consumo, como ha sido demostrado en paises templados, pero esto implica mayores inversiones en capital en los paises tropicales donde se encuentran disponibles estos recursos (Owen et al 1968; citado por Castejón y Combellas, 1991).

De todo lo anterior se deduce que la suplementación con follaje de leguminosas arbóreas como madero negro (*Gliricidia sepium*), poró (*Erythrina poeppigiana*) y urea, es una buena alternativa para producir leche, especialmente en aquellos sistemas basados en forrajes de baja calidad, ya que es sabido que las mayores respuestas a la suplementación se dan bajo condiciones en las cuales los pastos no estén

llenando los requerimientos minimos de los animales. También es importante resaltar, que el uso de árboles forrajeros en los sistemas de fincas ya sean en bancos de proteina, cercos vivos o intercalados en los potreros, conllevan beneficios adicionales tales como: el aumento de la carga animal como consecuencia de una mayor disponibilidad de alimento y beneficio de las pasturas establecidas, por efecto de la incorporación de nitrógeno al suelo por las leguminosas.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Localización:

El presente trabajo se realizó en la Finca Experimental del Area de Ganadería Tropical del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) en Turrialba, Costa Rica.

El CATIE está situado entre los 9º 58' latitud norte y 83º 31' longitud oeste, a 639 m.s.n.m., correspondiendo a la zona de vida de Bosque Húmedo Premontano Tropical (Holdridge, 1978).

Las lluvias se distribuyen a lo largo de todo el año, con un periodo de mínima precipitación entre los meses de enero a abril. La precipitación media anual es de 2400 mm, una humedad relativa del 90.8% y con una temperatura media anual de 22º C (CATIE, 1990). En la Figura 1, se presentan los datos de precipitación y temperatura promedios para el año 1990.

Los análisis bromatológicos del material forrajero de poró, madero negro y heno de jaragua, así como la composición química de la leche se realizaron en el

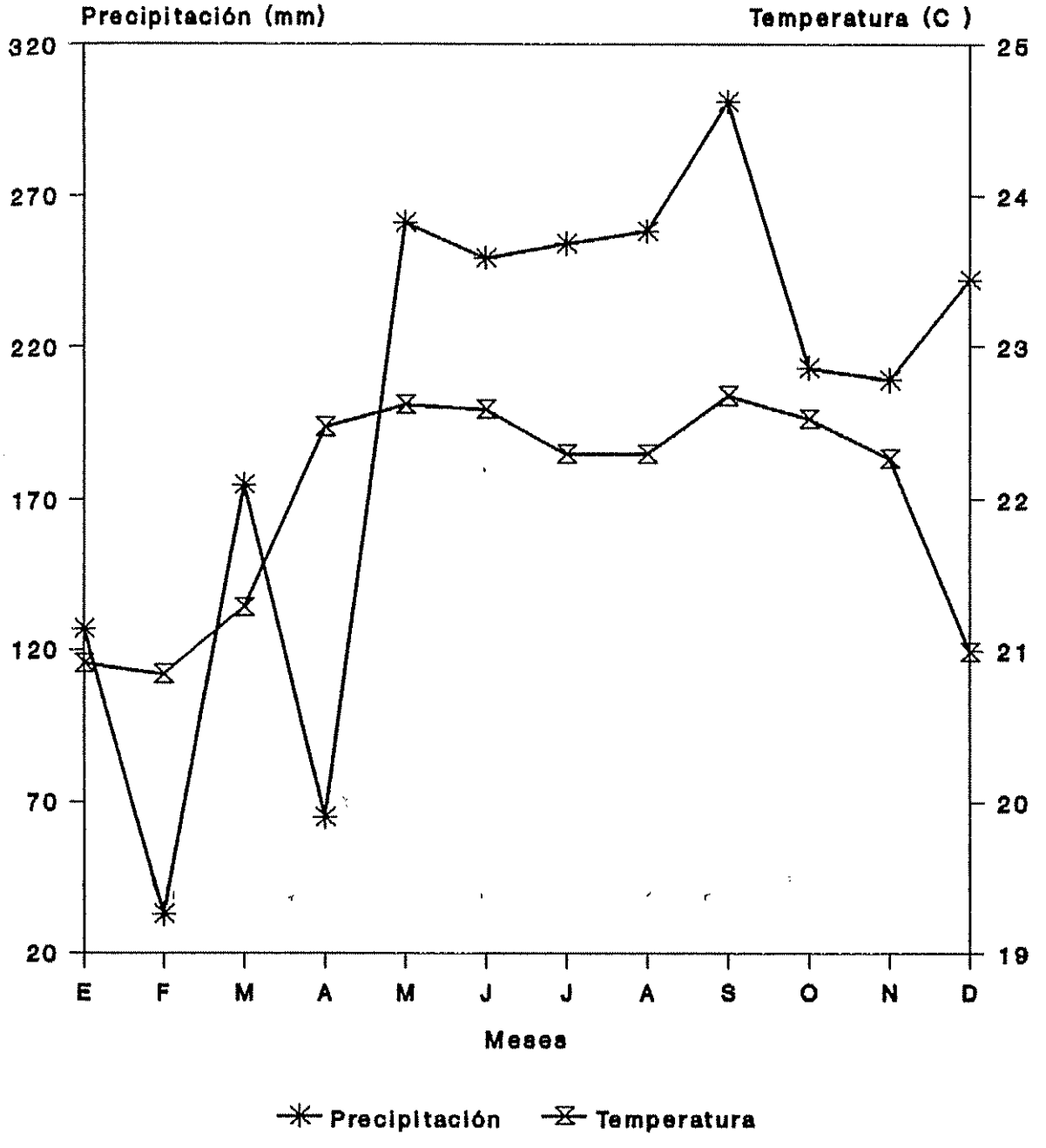


Figura 1. Datos promedios de temperatura y precipitación (CATIE, 1990)

Laboratorio de Nutrición Animal del Area de Ganadería Tropical del CATIE.

3.2 Manejo general del ensayo de producción de leche.

3.2.1. Animales y alimentación.

Para el presente trabajo se utilizaron 12 vacas (Jersey puras y mestizas de Criollo X Jersey) que se encontraban entre 45 y 60 días de lactancia. Las mismas se mantuvieron estabuladas en corrales individuales con un área de 30 m^2, donde recibieron los tratamientos asignados, además de agua y sal mineralizada ad libitum.

El material de poró para la suplementación de los animales se cosechó de una plantación existente dentro de un potrero de aproximadamente 5 ha, mientras que el madero negro se tomó de una parcela sembrada como banco de proteina y de las cercas vivas de la Finca Experimental del Area de Ganadería Tropical. Tanto el poró como el madero negro se podaron secuencialmente, a fin de que al momento de suministrarlo a los animales tuviesen una edad entre 4 a 5 meses de rebrote. El corte y acarreo del follaje se realizó un dia antes de suministrarlo a los animales y estaba compuesto de hojas, peciolos y tallos tiernos. El heno de

jaragua provino de la zona Pacifica de Costa Rica, siendo elaborado durante los meses de noviembre y diciembre del año anterior.

Los animales fueron pesados en ayuno al inicio de cada periodo experimental, para calcular con base en el peso vivo la dieta que llenara los requerimientos de producción y de mantenimiento. El alimento se sumistró una vez al día (6:00 a.m.), colocándose el poró y el madero negro en comederos aparte, y el heno mezclado con la pulidura de arroz y la melaza de caña, en otro comedero. Para el tratamiento con base a urea, la misma fue mezclada con la melaza y rociada sobre el heno.

3.2.2. Variables experimentales.

Para el desarrollo del presente trabajo se estudiaron los siguientes tratamientos:

Tratamiento 1:poró, heno de jaragua, pulidura de arroz y melaza de caña.

Tratamiento 2:madero negro, heno de jaragua, pulidura de arroz y melaza de caña.

Tratamiento 3:urea, heno de jaragua, pulidura de arroz y melaza de caña.

Las dietas fueron isoproteicas e isocalóricas (Cuadro 3) con base en el peso vivo del animal, para llenar los requerimientos de mantenimiento y producción de 6.6 kg de leche con un 4% de grasa (NRC, 1989).

Cuadro 3. Raciones balanceadas para los tratamientos experimentales (vaca de 300 Kg de peso vivo, 6.6 litros de leche con 4% de grasa).

Ingrediente	MS Kg	%	PC g	EM Mcal
		Tratamiento 1		
Heno	3.950	43	158	4.38
Poró	1.630	18	424	3.18
Pulidura	1.940	21	243	6.56
Melaza	1.710	18	86	4.72
Total	9.220	100	911	18.84
		Tratamiento 2		
Heno	3.950	43	158	4.38
Madero	1.630	18	440	3.18
Pulidura	1.940	21	243	6.56
Melaza	1.710	18	86	4.72
Total	9.220	100	927	18.84
		Tratamiento 3		
Heno	4.570	50	183	5.07
Urea	0.117	1	336	0.00
Pulidura	2.280	25	285	7.71
Melaza	2.150	24	108	5.93
Total	9.110	100	912	18.71

Las dietas fueron isoproteicas e isocalóricas (Cuadro 3) con base en el peso vivo del animal, para llenar los requerimientos de mantenimiento y producción de 6.6 kg de leche con un 4% de grasa (NRC, 1989).

Cuadro 3. Raciones balanceadas para los tratamientos experimentales (vaca de 300 Kg de peso vivo, 6.6 litros de leche con 4% de grasa).

Ingrediente	MS Kg	%	PC g	EM Mcal
		Tratamiento 1		
Heno	3.950	43	158	4.38
Poró	1.630	18	424	3.18
Pulidura	1.940	21	243	6.56
Melaza	1.710	18	86	4.72
Total	9.220	100	911	18.84
		Tratamiento 2		
Heno	3.950	43	158	4.38
Madero	1.630	18	440	3.18
Pulidura	1.940	21	243	6.56
Melaza	1.710	18	86	4.72
Total	9.220	100	927	18.84
		Tratamiento 3		
Heno	4.570	50	183	5.07
Urea	0.117	1	336	0.00
Pulidura	2.280	25	285	7.71
Melaza	2.150	24	108	5.93
Total	9.110	100	912	18.71

Debido a que los pesos de los animales utilizados en el experimento fueron inferiores a los que utiliza el NRC, para expresar los requerimientos proteicos y energéticos fue necesario generar ecuaciones de regresión lineal, para determinar los requerimientos de proteína y energia para producción y mantenimiento. Para ello se tomaron los datos de las tablas de la NRC (1989), para vacas en lactancia y se calcularon las siguientes regresiones:

$$EMm+p = 13.14 + 0.0201\ (X) \qquad R2= 0.99$$

$$PCm+p = 774.40 + 0.4220\ (X) \qquad R2= 0.99$$

Donde:

EMm+p=energia metabolizable (Mcal) para mantenimiento y producción de 6.6 litros de leche con 4% de grasa

PCm+p=proteina cruda (g) para mantenimiento y producción de 6.6 litros de leche con 4% de grasa

X=peso vivo (Kg)

3.2.3. Variables de respuesta.

3.2.3.1. Producción de leche.

Los animales fueron sometidos a un periodo de adaptación de 14 días a cada dieta, para luego proceder a tomar los datos por un periodo de 7 días. En este periodo las mediciones de producción de leche se hicieron diariamente, considerando la producción obtenida en los ordeños de la mañana y tarde.

3.2.3.2. Composición quimica de la leche.

Para los análisis de la composición quimica de la leche, se tomaron 6 muestras de leche por vaca durante el periodo de medición (2% de la producción en cada ordeño por 3 días consecutivos). A las muestras se les agregó 0.05 g de dicromato de potasio como preservante, refrigerándolas a 5º C para analizarlas al final de cada periodo experimental. Se determinó el porcentaje de grasa por el método de Babcock (Bateman, 1979), proteina por el método de titulación con formol (Bateman, 1970) y sólidos totales por el método gravimétrico (Leslei, 1982).

3.2.3.3. Consumo de materia seca.

La dieta ofrecida y rechazada por cada animal fue pesada diariamente. Durante el periodo de mediciones se tomaron muestras diarias, las cuales fueron secadas y homogenizadas, formándose una muestra compuesta para los análisis de: contenidos de materia seca (MS), proteina cruda (PC) por el método de Kjeldahl (Bateman, 1970) y digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) por el método de Tilley y Terry (1963). Con base en los resultados obtenidos en el laboratorio se determinaron la MS, PC y EM consumida por cada animal durante cada periodo experimental.

3.2.3.4. Diseño experimental y análisis estadistico.

Se instrumentó un diseño de sobrecambio en cuadrado latino repetido sin periodo extra (Lucas, 1983). Se establecieron cuatro cuadrados, con tres vacas, tres periodos (21 dias cada periodo) y tres tratamientos, según la Figura 2.

Cuadrado 1

Vacas

Periodo	1	2	3
1	1	3	2
2	3	2	1
3	2	1	3

Cuadrado 2

Vacas

Periodo	4	5	6
1	1	3	2
2	2	1	3
3	3	2	1

Cuadrado 3

Vacas

Periodo	7	8	9
1	1	2	3
2	2	3	1
3	3	1	2

Cuadrado 4

Vacas

Periodo	10	11	12
1	1	2	3
2	3	1	2
3	2	3	1

Nota. Los números dentro de los cuadros significan la distribución de los tratamientos.

Figura 2. Esquematización del diseño experimental.

Cuadrado 1

Vacas

Periodo	1	2	3
1	1	3	2
2	3	2	1
3	2	1	3

Cuadrado 2

Vacas

Periodo	4	5	6
1	1	3	2
2	2	1	3
3	3	2	1

Cuadrado 3

Vacas

Periodo	7	8	9
1	1	2	3
2	2	3	1
3	3	1	2

Cuadrado 4

Vacas

Periodo	10	11	12
1	1	2	3
2	3	1	2
3	2	3	1

Nota. Los números dentro de los cuadros significan la distribución de los tratamientos.

Figura 2. Esquematización del diseño experimental.

Para el análisis de las variables de respuesta se utilizó el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ijklm} = \mu + C_i + Gr_j + V(C*Gr)_{ijk} + P(C)_{il} + T_m + (T*C)_{im} + (TGr)_{jm} + E_{ijklm}$$

donde:

Y_{ijklm} = cualquier observación realizada bajo el cuadrado i-ésimo, durante el periodo k-ésimo y el l-ésimo tratamiento.

u = media general del experimento.

C_i = efecto del i-ésimo cuadrado.

Gr_j = efecto del j-ésimo grupo racial

$V(C*Gr)_{ijk}$ = efecto de la k-ésima vaca anidada en el i-ésimo cuadrado y j-ésimo grupo racial.

$P_{ij}j$ = efecto del l-ésimo periodo anidado en el i-ésimo cuadrado

T_m = efecto del m-ésimo tratamiento.

$(C*T)_{i(m)}$ = interacción cuadrado por tratamiento.

$(T*Gr)_{j(m)}$ = interacción tratamiento por grupo racial

$\epsilon_{ijkl(m)}$ = efecto del error experimental asociado a cada una de las observaciones.

En el caso de las interacciones que no fueron signifigicativas, se eliminaron del modelo.

3.2.3.5. Análisis económico.

Se llevó a cabo un estudio económico comparativo para determinar el comportamiento de los tratamientos. Para ello se utilizó la técnica de presupuesto parcial, propuesto por Dillon y Hardaker (1980). Los presupuestos parciales para cada tratamiento se basaron en promedios de los costos variables por vaca/dia, que se afectaron como producto de la dieta ofrecida y su relación con el ingreso bruto.

3.3. Caracterización de las dietas experimentales.

Para entender las relaciones entre dieta y producción de leche, se planteó un segundo experimento donde se midió la degradabilidad ruminal de la materia seca de los alimentos utilizados, producción de ácidos grasos volátiles, amonio, pH en licor ruminal y tasa de pasaje de la dieta a través del tracto digestivo. Para esto se utilizaron tres novillos mestizos (cruces cebú X criollo) con fistula ruminal permanente, manejados y alimentados de manera igual al experimento con vacas lecheras.

Para el análisis estadístico de los resultados, se instrumentó un diseño en cuadrado latino con tres animales y tres períodos, aplicándose el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + P_j + T_k + E_{ijk}$$

donde:

Y_{ijk} = Cualquier observación realizada en el i-ésimo animal, bajo el j-ésimo periodo y el k-ésimo tratamiento.

μ = Media general del experimento.

A_i = Efecto del i-ésimo animal.

P_j = Efecto del j-ésimo periodo.

T_k = Efecto del k-ésimo tratamiento

E_{ijk} = Efecto del error experimental asociado a cada una de las observaciones.

Para determinar la degradabilidad de la materia seca de los constituyentes principales de la dieta (heno, poró, madero y pulidura de arroz), se utilizó la técnica de digestión ruminal con bolsas porosas de dacrón, según la metodología descrita por Orskov et al (1980), utilizándose una cantidad aproximada de 5 gramos de muestra molida a 2 mm por bolsa, las cuales fueron incubadas en el rumen por 0, 1.5, 3, 6, 12, 24, 36, 48, 72, 96, 120 y 144 horas para el

heno y 0, 1.5, 3, 6, 12, 24, 36, 48, 72 horas para poró, madero negro y pulidura de arroz.

La degradación ruminal acumulativa en el tiempo de fermentación se determinó utilizando el modelo semilogarítmico propuesto por Orskov et al (1979), donde el porcentaje de material degradado "Y" en un tiempo determinado "t" está descrito por la siguiente ecuación:

$$Y = A + B\ (1 - e^{-ct})$$

donde:

Y =Porciento de degradación ruminal acumulada en el tiempo "t" (%).

A =Intercepto de la curva de degradación cuando t=0 (fracción rápidamente soluble) (%).

B =Degradabilidad de la fracción potencialmente disponible del alimento, cuando el tiempo no sea limitante, (%).

C =Constante de degradación de la fracción "B", (horas).

t =Tiempo de incubación en el rumen, (horas).

e =Base de los logaritmos naturales.

Para el ajuste de la curva de degradación acumulativa, se utilizó el procedimiento de regresión no lineal de Marquardt, incluído en el paquete estadístico SAS (1982).

El tiempo medio de degradación (T/2) se calculó a partir de la siguiente fórmula:

$$T/2 = Ln\ 2/C$$

donde:

T/2 = Tiempo en que se alcanza a digerir el 50% de la degradabilidad potencial.

Ln = Logaritmo natural.

C = Tasa de degradación.

Para la determinación de la degradabilidad real o efectiva se utilizó el método descrito por Orskov y McDonald (1981).

$$DR = A + (B*C/C+K)$$

donde:

DR = Degradabilidad real o efectiva.

A, B y C = Los parámetros estimados en la degradabilidad potencial.

K = Tasa de pasaje por el rumen.

Para determinar la velocidad de paso de las dietas a través del tracto gastrointestinal en cada uno de los tratamientos bajo estudio, se utilizó fibra impregnada con

cromo como marcador de fase sólida, según la técnica propuesta por Uden (1978).

Cien gramos de fibra marcada con aproximadamente 10% de cromo, fueron introducidos en el rumen del animal, procediéndose a tomar muestras del recto en los siguientes tiempos: 0, 6, 12, 18, 24, 27, 30, 33, 36, 42, 48, 54, 60, 72, 84, 96, 108 y 120 horas.

Para el cálculo de la tasa de pasaje se utilizó el método propuesto por Van Soest, Uden y Wirck (1983).

Al finalizar cada período de evaluación, se colectó licor ruminal a través de la cánula para determinar pH (lectura directa con un potenciómetro), amonio ruminal (Kass y Rodríguez, 1989) y ácidos grasos volátiles (cromatografía de gas según técnica propuesta por Playne, 1985). El primer muestreo se realizó antes de suministrar la dieta y los otros a las 1, 2, 3, 6, 9 y 12 horas de iniciado el consumo de alimento. Para el análisis de ácidos grasos volátiles se tomó una muestra compuesta del licor ruminal obtenido en los tiempos antes descritos

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Caracterización nutritiva de las dietas experimentales.

Como se observa en el Cuadro 4, los valores obtenidos demuestran que el poró y el madero negro son parecidos en su composición química y DIVMS. Estos resultados concuerdan, con los encontrados por CATIE (1991) y Espinoza (1984), donde el madero negro y el poró fueron evaluados bajo las mismas condiciones y a la misma edad de rebrote utilizada en este trabajo.

Por otro lado, el heno de jaragua, presentó una composición química y DIVMS superior a la encontrada por Pulido (1990), el cual trabajó con un material proveniente de la misma zona. Aunque no se dispone de la época en la cual fue cosechado el forraje para la elaboración del heno utilizado por Pulido (1990), es de suponer que este material fue de una madurez superior a la de heno utilizado en el presente trabajo. El heno de jaragua presenta valores de calidad nutritiva característicos de un material muy fibroso y pobre nutricionalmente (4% PC y 35% DIVMS), lo que refuerza la necesidad de que dietas básicas con henos

pobres, deben ser suplementada con otros materiales más nutritivos, a fin de lograr producciones de leche aceptables.

Cuadro 4. Digestibilidad *in vitro* de la materia seca y composición química de los alimentos utilizados en ambos ensayos.

Atributo	Material				1
	Poró	Madero	Heno	Pulid.	Melaza
DIVMS (%)[2]	52.4	54.3	35.4	66.5	-
P.C. (%)[3]	26.4	27.2	4.1	12.5	5.8
F.D.N. (%)[4]	59.2	53.3	79.1		
F.D.A. (%)[5]	34.5	32.7	46.2		
Hemicelulosa (%)	25.1	21.3	33.4		
Celulosa (%)	21.0	19.2	28.5		
Lignina (%)	13.4	12.3	18.2		
N-F.D.N. (%)[6]	53.1	47.2	72.5		
N-F.D.A. (%)[7]	13.3	14.1	19.7		

1= Los valores para melaza fueron tomados de la tabla NRC
2= Digestibilidad *in vitro* de la materia seca
3= Proteína cruda
4= Fibra detergente neutro
5= Fibra detergente ácido
6= Nitrógeno ligado a F.D.N. como % total del N
7= Nitrógeno ligado a F.D.A. como % total del N

En cuanto a la pulidura de arroz utilizada como suplemento energético en las dietas experimentales, el contenido de proteína cruda (12.5%) fue similar a la encontrada por Alagón (1990), pero la DIVMS fue inferior (66 *vs*. 83% DIVMS), posiblemente debido a un mayor contenido de material inerte, lignina y/o silice en el producto.

Para la degradabilidad *in situ* de la materia seca del heno de jaragua (Figura 3), se puede observar que la suplementación con base a árboles leguminosos, fue estadisticamente superior ($P<0.005$) a la suplementación con urea. En los Cuadros 1A, 2A, 3A, 4A, 5A y 6A se presentan los análisis de varianza para los parámetros de degradabilidad inicial, fracción de lenta degradación, degradabilidad potencial, tasa de degradación, degradabilidad real y tiempo medio de degradación de la materia seca del heno de jaragua.

Con respecto a la degradabilidad de la materia seca de la pulidura de arroz (Figura 4), no se encontró diferencias entre tratamientos (Cuadros 7A, 8A, 9A, 10A, 11A y 12A), determinándose que indiferentemente de la fuente proteica utilizada, como componente del tratamiento, la degradabilidad ruminal de este material es igual.

El poró y el madero negro (Figura 5), sólo difieren en la fracción de lenta degradación ejercida por acción microbial del rumen y en degradabilidad potencial de la materia seca. Para el resto de los parámetros evaluados, no se encontró diferencias significativas.

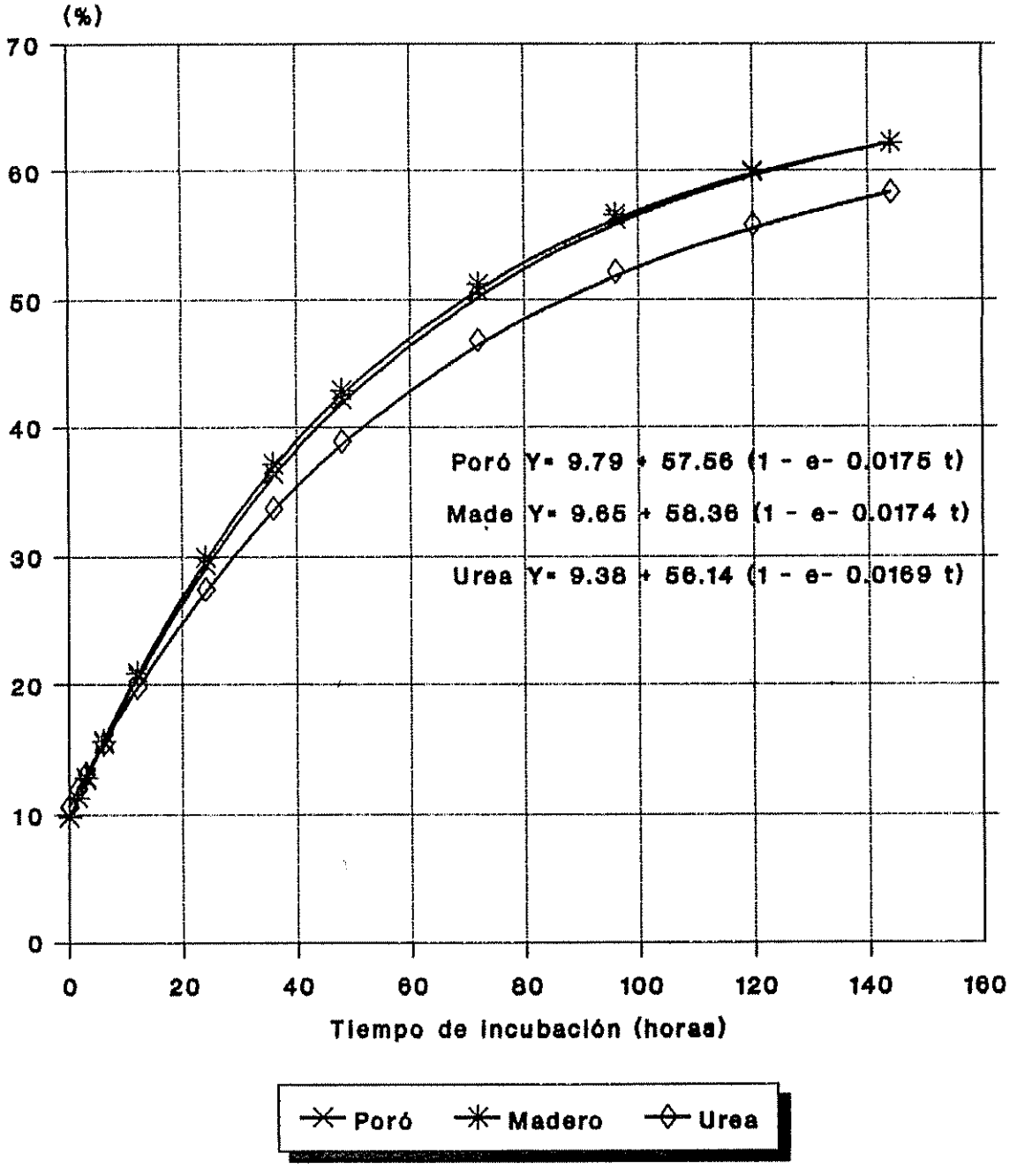


Figura 3. Efecto de los tratamientos sobre la degradabilidad de la materia seca del heno de jaragua

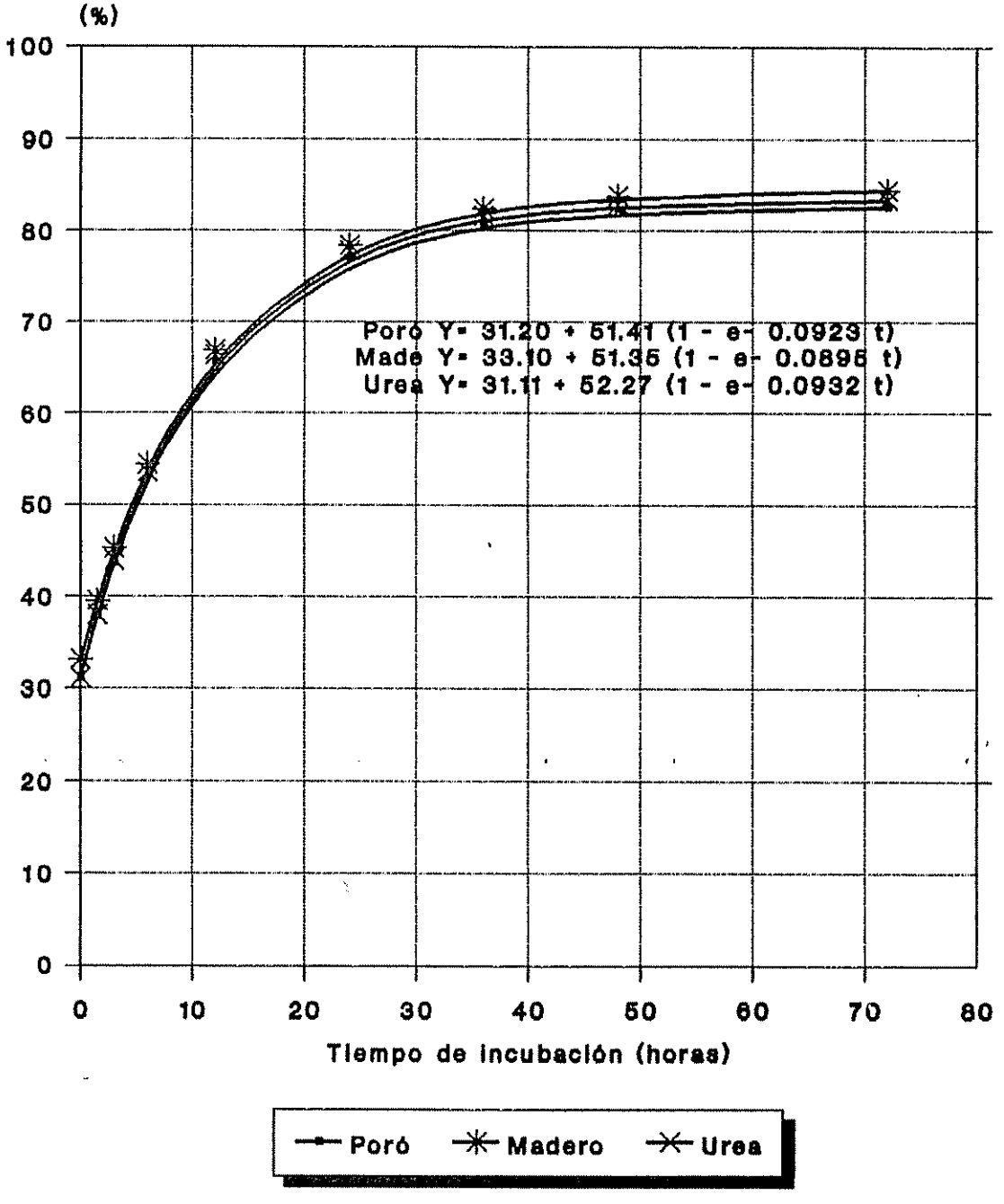


Figura 4. Efecto de los tratamientos sobre la degradabilidad de la materia seca de la pulidura de arroz

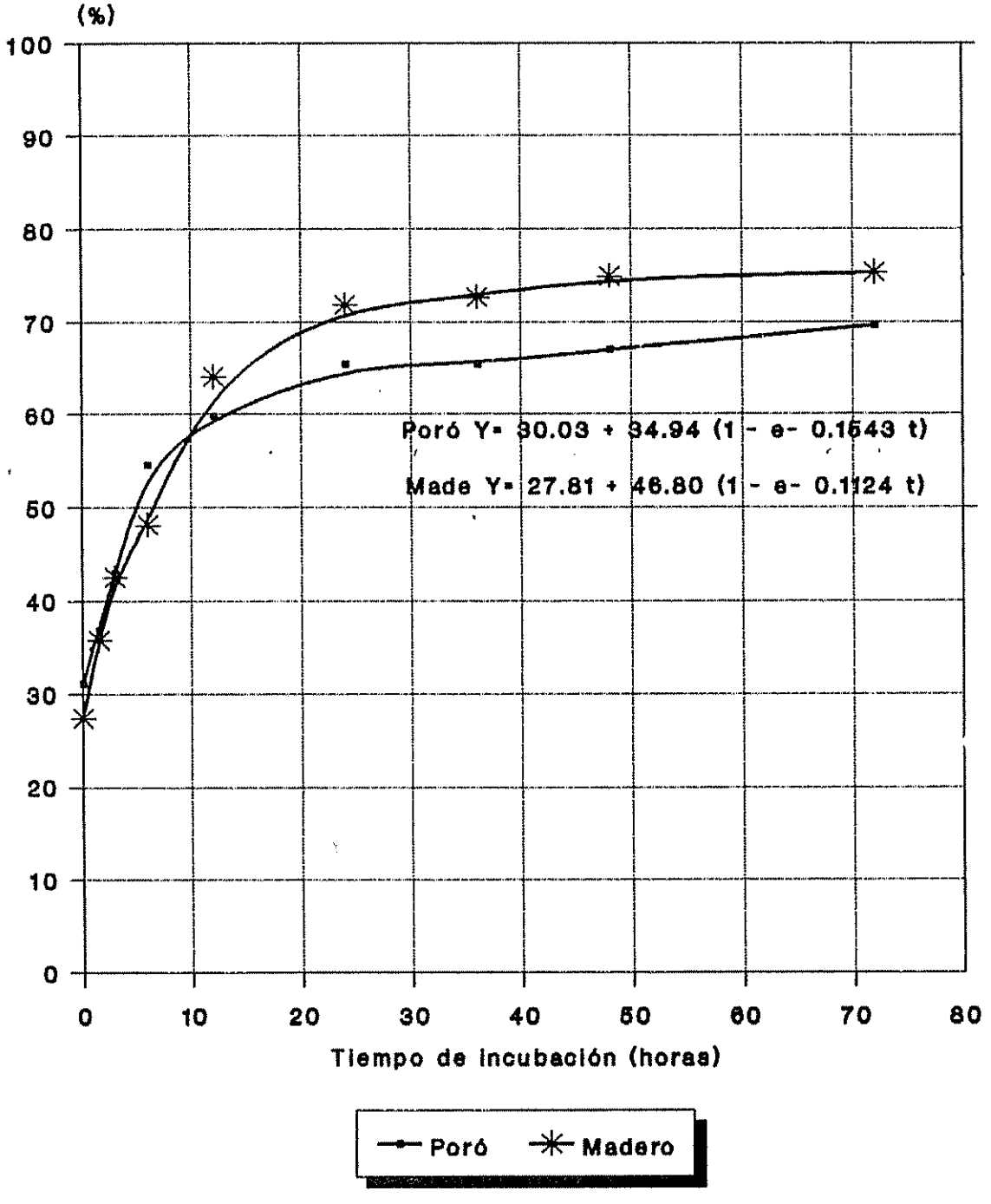


Figura 5. Degradabilidad de la materia seca del poró y madero negro

En el Cuadro 5 se presentan los valores promedios de los parámetros relacionados a la tasa de pasaje de las dietas experimentales, observándose que para ninguno de éstas se detectaron diferencias estadisticamente significativas entre los tratamientos estudiados (en los Cuadros 13A, 14A, 15A, 16A y 17A se detallan los análisis de varianza).

Cuadro 5. Efecto de los tratamientos sobre la tasa de pasaje.

Tratamiento	1 (%)	2 (%)	3 (horas)	4 (horas)	5 (horas)
Poró	2.67ᵃ	6.73ᵃ	37.45ᵃ	14.86ᵃ	6.87ᵃ
Madero	2.75ᵃ	6.96ᵃ	36.36ᵃ	14.37ᵃ	7.05ᵃ
Urea	2.63ᵃ	7.50ᵃ	38.02ᵃ	13.33ᵃ	7.06ᵃ

1 = Tasa de pasaje en el rumen-reticulo
2 = Tasa de pasaje por el tracto posterior
3 = Tiempo de retención en el rumen-reticulo
4 = Tiempo de retención en el tracto posterior
5 = Tiempo de transito

Tomando en cuenta que las dietas fueron isoproteicas e isoenergéticas, que el consumo de materia seca fue similar para todos los tratamientos (3.12, 3.12 y 3.08 Kg Ms/100 Kg PV) y la poca diferencia encontrada en cuanto a la degrabilidad ruminal de los ingredientes utilizados, esto pudo ocasionar que los parámetros considerados en la medición de la velocidad de pasaje, fueran similares.

Los valores promedios obtenidos para la concentración de amoniaco en el licor ruminal difieren estadisticamente ($P<0.005$) entre los tratamientos a base de leguminosas arbóreas y la urea(19, 21 y 32 mg/100 ml de licor ruminal para las dietas con base a poró, madero negro y urea, respectivamente), evidenciándose una rápida y completa degradación de la urea en el medio ruminal (Figura 6 y Cuadro 18A). El pH ruminal no mostró diferencias entre tratamientos siendo los valores promedios de 6.6, 6.5 y 6.4 para el poró, madero negro y urea, respectivamente (Cuadro 18A).

Para los tratamientos donde se incluyen el poró o el madero negro como fuentes proteicas, no se evidenció ninguna diferencia estadistica en cuanto a la concentración total de ácidos grasos volátiles (Cuadro 19A), siendo estos superiores al tratamiento con urea en un 24 y 15%. Esta diferencia pudo estar dada a una mayor degradabilidad de la materia seca del heno de jaragua en los tratamientos con base a poró y madero negro (Figura 7 y 8). En los Cuadros 20A, 21A, 22A, 23A, 24A y 25A se detallan los análisis de varianza para las concentraciones y proporciones molares en licor ruminal de cada ácido graso volátil

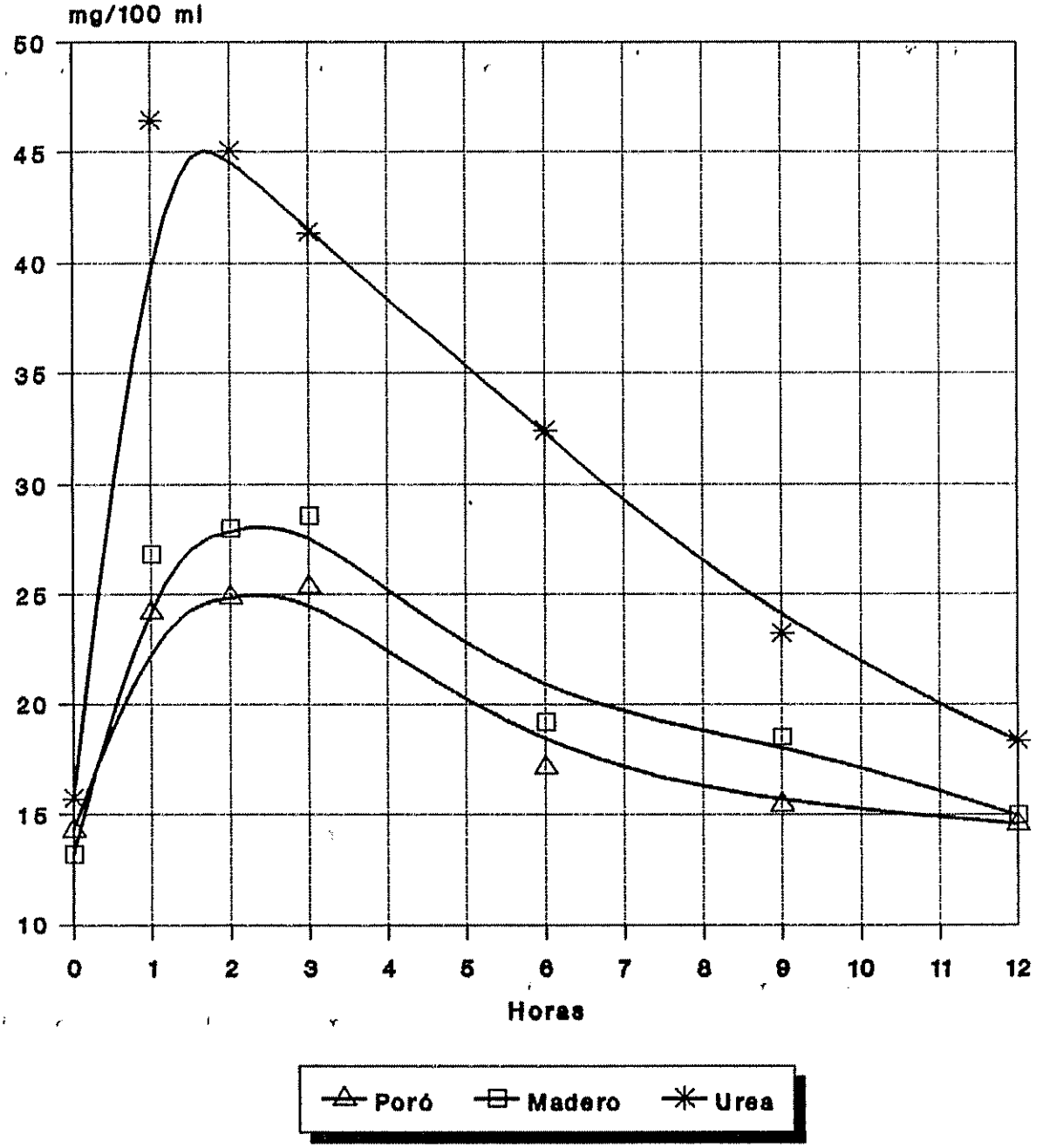
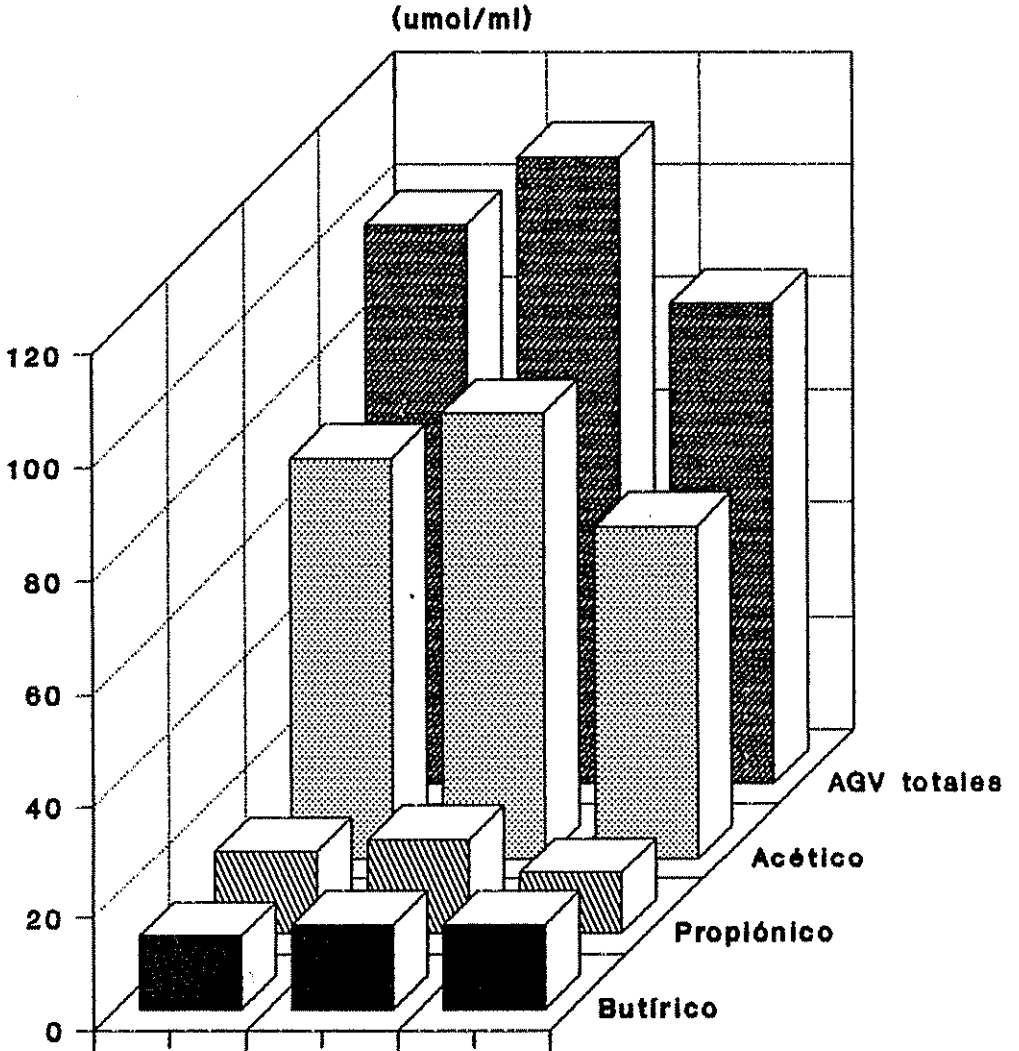
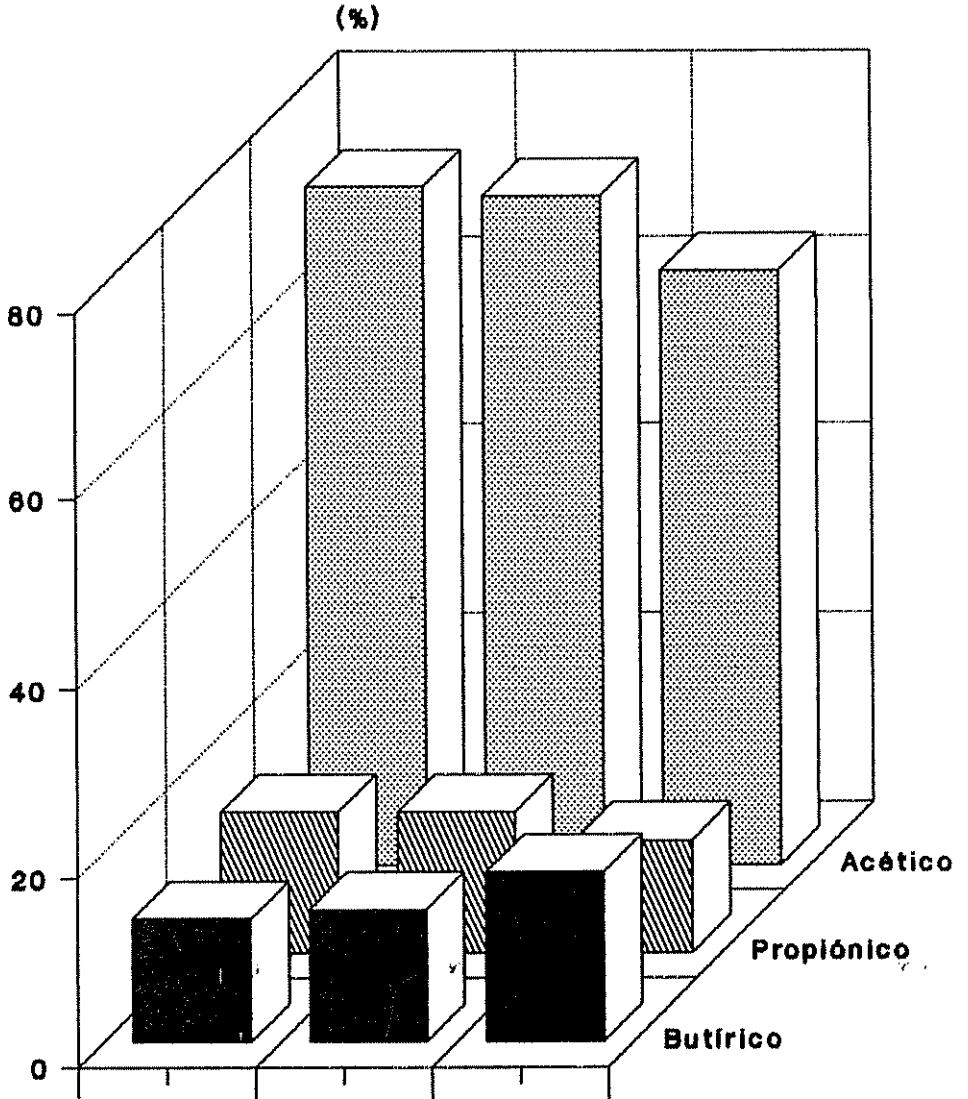


Figura 6. Efecto de los tratamientos sobre la concentración de amonio en licor ruminal



	Poró	Madero	Urea
AGV totales	99 a	111 a	85 b
Acético	71 a	79 a	59 b
Propiónico	15 a	17 a	11 a
Butírico	13 a	15 a	15 a

Figura 7. Efecto de los tratamientos sobre la concentración molar (umol/ml) de AGV en licor ruminal.



	Poró	Madero	Urea
Acético	72 a	71 a	63 a
Propiónico	15 a	15 a	12 a
Butírico	13 a	14 a	18 b

Figura 8. Efecto de los tratamientos sobre la proporción molar de AGV en licor ruminal

4.2. Consumo de materia seca.

No se encontró diferencias significativas entre tratamientos para consumo de materia seca en las vacas utilizadas en el ensayo (Cuadro 6 y 26A), debido a que los animales consumieron la totalidad de la dieta asignada.

Los cambios en consumo de materia seca en animales alimentados con dietas de baja digestibilidad (heno de jaragua) están regulados por factores como la capacidad física del animal, la tasa de pasaje y la digestibilidad de la materia seca (Conrad et al 1964, citado por Corado, 1991). Tomando en cuenta que en el presente trabajo los pesos de los animales sometidos a cada tratamiento fueron similares y no se encontró diferencias en tasa de pasaje y degradabilidad de la materia seca de los constituyentes de la dietas experimentales, es lógico no encontrar diferencias en el consumo de materia seca.

Cuadro 6. Efecto de los tratamientos sobre el consumo de materia seca de la ración.

Tratamiento	kg Ms/100 kg PV
Poró	3.12*
Madero	3.12*
Urea	3.08*

Medias con diferentes letras difieren al nivel (P<0.05)

4.3. Producción de leche y sus constituyentes.

En el Cuadro 7 se presenta el resumen de análisis de varianza, para la producción de leche y sus constituyentes. Se puede observar que hubo diferencias altamente significativas para producción de leche total (Cuadro 27A) y leche corregida a 4% de grasa (Cuadro 28A), entre cuadrados ($P<0.0001$), grupo racial ($P<0.0001$), vacas dentro de cuadrados ($P<0.0008$), periodos dentro de cuadrados ($P<0.007$) y entre tratamientos ($P<0.0002$)

Las diferencias entre cuadrados se debieron posiblemente a que no existió homogeneidad en cuanto a días de lactancia de las vacas cuando entraron a los difentes cuadrados; asi, hubo cuadrados donde las vacas presentaban lactancias de 45 dias y otros donde la lactancia se encontraba en 60 días; asi mismo, los cuadrados no se establecieron al mismo tiempo pudiendo haber una variación por ese efecto.

Los grupos raciales (Criollo, Jersey y mestizas de Criollo X Jersey), presentan variabilidad en cuanto a producción de leche. Esto fue corroborado por Campos (1989), en estudios con el hato de donde proceden las vacas que se

utilizaron en el presente trabajo, lo que explica la diferencia significativa entre grupos raciales.

Cuadro 7. Resumen de los análisis de varianza para la producción de leche y sus diferentes constituyentes.

	Efectos					
Variables	1	2	3	4	5	6
Leche[7], Kg	0.0001	0.0001	0.0008	0.0070	0.0002	4.70
Leche[8], Kg	0.0042	0.0010	0.0036	0.0404	0.0195	7.27
Grasa, %	0.0010	0.0143	0.0016	0.0135	0.4695	5.21
Grasa, Kg	0.0093	0.0032	0.0095	0.0851	0.2018	10.39
Prote, %	0.0005	0.1122	0.0607	0.0287	0.5602	5.67
Prote, Kg	0.4131	0.1019	0.0062	0.0019	0.0011	7.13
Solid, %	0.0211	0.1362	0.0803	0.1170	0.9154	10.12
Solid, Kg	0.0036	0.0270	0.0037	0.0241	0.0039	7.14

1= cuadrado
2= grupo racial
3= vaca
4= periodo
5= tratamiento
6= coeficiente de variación
7= leche total (dia^{-1})
8= leche corregida a 4% de grasa (dia^{-1})

La producción de leche tiende a bajar a medida que se alarga la curva de lactancia, produciendo la diferencia entre periodos observados en este tipo de diseño.

En cuanto a la producción de leche total y corregida a 4% de grasa, los tratamientos en los cuales se utilizó las leguminosas arboreas poró y madero negro, como fuentes proteicas, fueron significativamente iguales, pero

superiores ambos en un 10% al tratamiento en el cual se usó urea como fuente proteica (Figura 9).

Castejón y Combellas (1981), evaluando el efecto de concentrado, sobre el consumo y producción de leche en vacas consumiendo heno de bermuda, encontraron producciones de 9.5 Kg/vaca/dia, cuando la ración contenia 5 Kg de concentrado con 16.5% de PC y un consumo diario de 2.9 Kg de heno con un contenido proteinico de 4%.

Alagón (1990), evaluando la producción de leche en vacas estabuladas, consumiendo una ración compuesta por caña de azúcar, melaza, pulidura de arróz y poró, encontró producciones de 9.5 Kg/vaca/dia. En este mismo trabajo, pero utilizando urea como fuente proteica en la dieta, encontró valores de producción en el orden de 9.26 Kg/vaca/dia.

En trabajos realizados por Tobón (1988) evaluando niveles crecientes de poró (0, 0.19, 0.37 y 0.53% del PV en MS) como suplemento proteico en vacas que pastoreaban una mezcla de pasto ruzi (*Brachiaria ruziziensis*), estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) y pasto natural, obtuvo una respuesta lineal positiva en la producción de leche a la suplementación (8.7, 9.1, 9.2 y 9.5 Kg/vaca/dia para cada uno de los niveles evaluados. Estos resultados superiores a

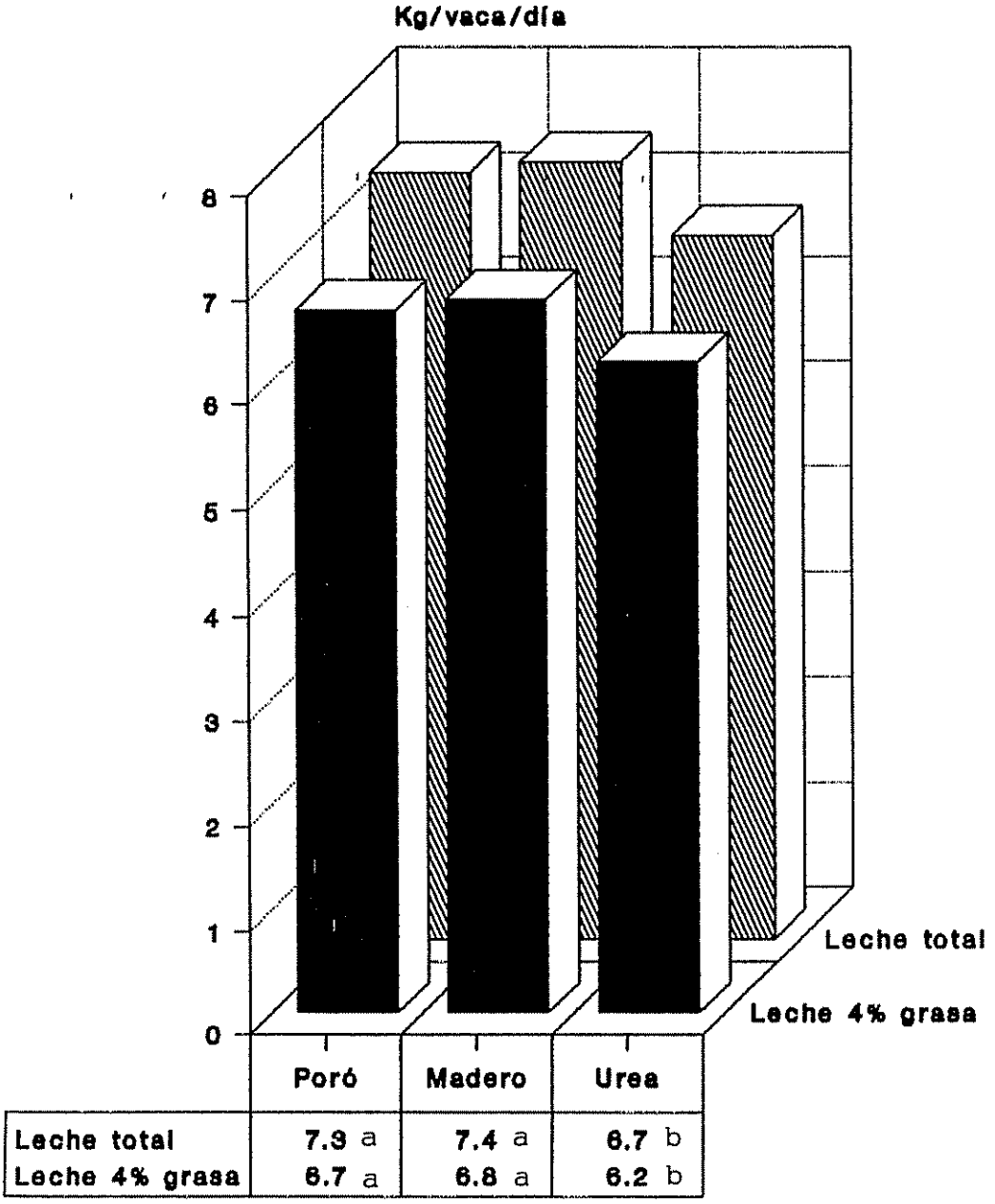
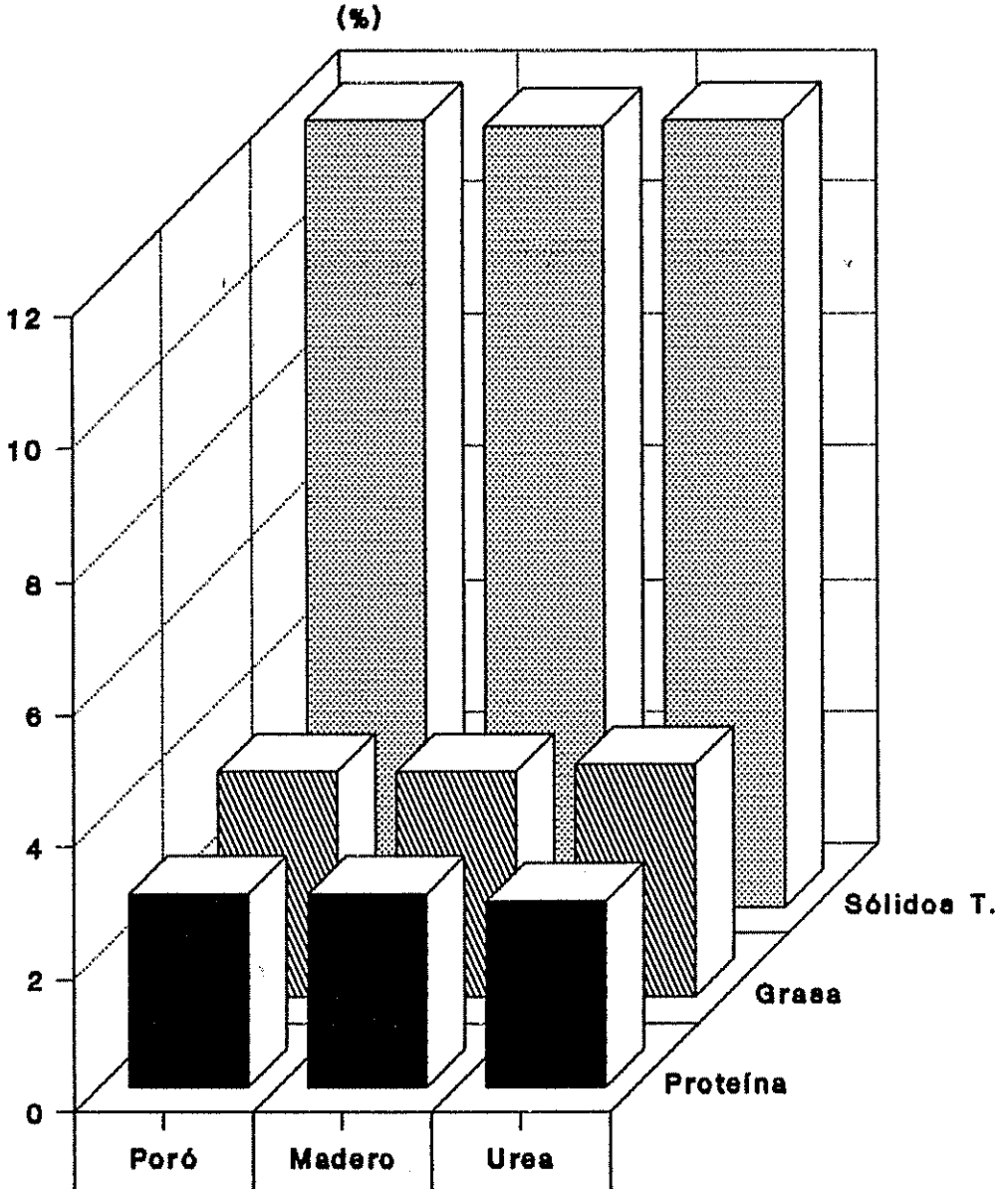


Figura 9. Efecto de los tratamientos sobre la producción de leche total y corregida al 4% de grasa.

los encontrados en el presente trabajo, son reflejo de un mejor contenido nutricional de los pastos utilizados como base de la dieta en comparación con la calidad del heno de jaragua.

Para los constituyentes de la leche (grasa, proteína y sólidos totales), no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, (Figura 10, Cuadros 29A, 30A y 31A). En el Cuadro 8, se presentan los valores medios para los constituyentes de la leche, así los valores para porcentaje de grasa en la leche fueron de 3.4, 3.4 y 3.5%, para los tratamientos con poró, madero negro y urea, respectivamente. En cuanto al contenido porcentual de proteína en la leche, tampoco se observaron diferencias entre tratamientos, siendo los valores medios para esta variable de 2.9, 2.9 y 2.8% para los tratamientos con poró, madero negro y urea, respectivamente. Estos valores son inferiores a los encontrados por Tobón (1988), que encontró 3.76, 3.61, 3.80 y 3.78% de grasa para vacas en pastoreo consumiendo 0, 0.18, 0.36 y 0.54% del peso vivo en materia seca de poró, respectivamente, no encontrandose diferencias significativas entre tratamientos.

Las variables medidas como kilogramos de grasa, proteína y sólidos totales en la leche, mostraron



	Poró	Madero	Urea
Sólidos T.	11.9 a	11.8 a	11.9 a
Grasa	3.4 a	3.4 a	3.5 a
Proteína	2.9 a	2.9 a	2.8 a

Figura 10. Efecto de los tratamientos sobre los constituyentes de la leche

diferencias significativas entre tratamientos (Cuadros 32A, 33A y 34A), siendo superiores para los tratamientos donde se utilizaron las leguminosas arbóreas, como fuentes de proteina en comparación a la urea (Cuadro 9). Para la variable kilogramos de proteina, la superioridad de los tratamientos suplementados a base de leguminosas arbóreas fueron en el orden del 10%, mientras que para grasa y sólidos totales fueron de 8 y 10%, respectivamente. Estas diferencias son reflejo de las producciones de leche encontradas para los diferentes tratamientos estudiados.

Cuadro 8. Efecto de los tratamientos sobre la producción de leche y sus constituyentes.

Variables	Tratamientos		
	Poró	Madero	Urea
Leche total*	7.3±0.1ᵃ	7.4±0.1ᵃ	6.7±0.1ᵇ
Leche 4% grasa*	6.7±0.1ᵃ	6.8±0.2ᵃ	6.2±0.1ᵇ
Grasa**	3.4±0.1ᵃ	3.4±0.1ᵃ	3.5±0.1ᵃ
Grasa*	0.25±0.01ᵃ	0.25±0.01ᵃ	0.23±0.01ᵃ
Proteina**	2.9±0.1ᵃ	2.9±0.1ᵃ	2.8±0.1ᵃ
Proteina*	0.21±0.014ᵃ	0.21±0.01ᵃ	0.18±0.01ᵇ
Solidos**	11.9±0.1ᵃ	11.8±0.1ᵃ	11.9±0.1ᵃ
Solidos*	0.87±0.02ᵃ	0.88±0.02ᵃ	0.79±0.02ᵇ

* = Kg/vaca/dia
** = Porciento

4.4. Análisis económico para la produción de leche.

Los resultados del análisis económico de presupuestos parciales, demuestran que los tratamientos con base en leguminosas arbóreas como fuentes proteicas fueron superiores en 20 y 19%, respectivamente, al tratamiento con urea (Cuadro 9).

Esta diferencia se dió principalmente, por el hecho de que para poder llenar los requerimientos energéticos de producción y mantenimiento de los animales, fue necesario incluir mayores cantidades de pulidura de arróz y de heno en el tratamiento con urea, además de la menor producción de leche obtenida en éste.

Lo anterior indica que las leguminosas arbóreas representan una alternativa económica como fuentes proteicas en sistemas de producción con base en forrajes de baja calidad, como el caso del heno de jaragua. Además, pueden existir beneficios adicionales como empleo de la mano de obra familiar de la finca, sombra para los animales, leña, postes para cercas, incorporación de nitrógeno al suelo y reciclaje de nutrientes por vía hojas y ramas caídas al suelo.

Cuadro 9. Análisis de presupuestos parciales para los diferentes tratamientos.

	Tratamientos		
	Poró	Madero	Urea
Ingresos			
Producción de leche (Kg)	7.30	7.40	6.70
Precio de leche* ($)	0.26	0.26	0.26
Beneficio bruto ($)	1.90	1.92	1.74
Costos variables			
Insumos**			
Heno ($)	0.25	0.25	0.30
Semolina ($)	0.40	0.40	0.45
Melaza ($)	0.07	0.07	0.08
Poró (1) ($)	0.10		
Madero (1) ($)		0.10	
Urea ($)			0.03
Total costos variables ($)	0.82	0.82	0.86
Beneficio neto parcial			
Vaca/día ($)	1.08	1.10	0.88
% del ingreso total	56.84	57.29	50.57

* Precio de venta de la leche según comprador (CATIE)
** Costos de los insumos puestos en la finca:
Heno: 0.063 $/Kg
Semolina: 0.185 $/Kg
Melaza: 0.033 $/Kg
Urea: 0.276 $/Kg
(1)Costo de corte, acarreo y suplementación de poró y madero negro incluido cargas sociales de ley:0.011 $/Kg

5. CONSIDERACIONES GENERALES.

Los resultados de caracterización nutritiva de los ingredientes de las dietas experimentales, indican que el poró y el madero negro no difieren mayormente en sus constituyentes nutritivos ni en DIVMS. Para los parámetros de fermentación ruminal determinados en los novillos fistulados al rumen, se encontró que las diferentes fuentes proteicas no afectaron la tasa de pasaje a través del tracto gastro intestinal. La degradabilidad de los constituyente de las dietas experimentales sólo se vió afectada un poco en el caso de la materia seca del heno de jaragua, siendo menor para el tratamiento con base en urea. Las concentraciones de AGV totales, fueron superiores en los tratamientos con base en leguminosas arbóreas, al compararlas con la urea. En cuanto a las proporciones molares de cada ácido graso volátil, sólo el butírico fue levemente superior en el tratamiento con urea, esto posiblemente debido a que para poder llenar los requerimientos de energéticos con esa dieta fue necesario aumentar los niveles de pulidura de arroz y melaza. Para la concentración de nitrógeno amoniacal, se encontró diferencias significativas entre tratamientos, siendo superiores estas concentraciones en la dieta con base en urea como fuente proteica.

Estas diferencias en cuanto a concentraciones de AGV y nitrógeno amoniacal, posiblemente, son las responsables de las mayores producciones de leche bajo los tratamientos con base en leguminosas arbóreas en relación a la urea.

La mayor concentración de nitrógeno amoniacal encontrada con el tratamiento con base en urea es razonable desde el punto de vista de que la urea es hidrolizada rápidamente en el rumen por acción de la ureasa microbial (Miller, 1979).

Hay contradicción sobre las concentraciones óptimas de amoniaco a nivel ruminal, que permiten un eficiente crecimiento microbial y degradación de materia seca en el rumen. Varios autores, citados por Mehrez et el (1977), señalan una concentracióm óptima de amoniaco ruminal de 8 a 10 mg/100 ml, siempre y cuando no se presenten limitaciones de caracter energético. Informaciones generadas por Mehrez et al (1977), indican que la concentración de amonio ruminal que permitió la más alta degradación de materia seca y crecimiento microbial, fue de 25 mg/100 ml de licor ruminal. Por otra parte, Satter y Roffler (1977), reportan valores de amonio de 5 mg/100 ml de licor ruminal, como óptimo para la síntesis de proteína microbial por unidad de sustrato fermentado.

Los trabajos realizados por Mehrez et al (1977), indican que la concentración de amonio en el rumen para obtener un rendimiento óptimo de la masa microbiana, no es igual al necesario para una máxima tasa de degradación, o que diferentes sustratos requieren niveles diferentes de amonio ruminal, para alcanzar niveles óptimos de crecimiento microbiano. Sin embargo, Leng (1982), sugiere que lo más conveniente es sostener alrededor de 20 a 25 mg/100 ml los niveles de amonio en el rumen.

La parte de amonio ruminal que no es utilizado por los microorganismos, se difunde desde el rumen hacia la sangre (Houp y Houp, 1968); otros porcentajes abandonan el rumen en conjunto con la ingesta, hacia el tracto digestivo posterior, donde es absorbido y llevado al hígado (Nolang y Leng, 1972). Este amoniaco, que se difunde desde el rumen y tracto digestivo posterior a la sangre portal, es convertido en urea por el hígado (Chalupa, 1968; Nolan y Leng, 1972).

Es claro, que las concentraciones de amonio ruminal en cada uno de los tratamientos estudiados en el presente trabajo, no son limitantes para un buen crecimiento de la masa microbial. En el caso del tratamiento con urea, las concentraciones de aproximadamente 46 mg/100 ml de amonio

ruminal, podrian estar sobrepasando la capacidad de utilización del amonio por parte de los microrganismos del rumen; en consecuencia el excedente tiene que ser de alguna manera reciclado en el organismo, para formar nuevamente urea. Esta sintesis de urea a partir de amonio, por reacciones del ciclo de Krebs-Hensleit, es un proceso energéticamente caro. Martin y Blaxter (1965), informan que en ovejas este gasto llega hasta 10 Kcal/mol de urea sintetizada.

Lo expuesto anteriormente, aunado a los valores más bajos en la concentración de ácidos grasos volátiles encontrados en el rumen, con el tratamiento con base en urea, estaria manifestándose en producciones lácteas inferiores a las obtenidas con los tratamientos con base en leguminosas arbóreas, como fuentes proteicas.

Los procesos de fermentación microbial en el rumen, generan como productos finales ácidos grasos volátiles, amonio, aminoácidos, ácidos grasos de cadena ramificada y células microbiales (Hungate 1966; bergen y Yokohama 1977). Los ácidos grasos volátiles son fuente de energia metabolizable, que los rumiantes utilizan para llevar a cabo procesos fisiológicos, dentro de los cuales se encuentra la producción lactea y sus constituyentes.

En el presente estudio, los tratamientos con base en leguminosas arbóreas, demostraron ser superiores (poró 15% y madero 24%) al tratamiento con base en urea, en cuanto a producción de AGV. Estas diferencias se manifiestaron especialmente en la concentración de ácido acético producido.

A pesar de que hubo diferencias significativas en cuanto a concentraciones de ácidos grasos volátiles en el rumen, no se detectaron diferencias en cuanto a concentracion de grasa en la leche, esto podría explicarse debido a que las proporciones molares de cada ácido graso volatil (acético y propiónico), fueron similares independientemente de la fuente proteica utilizada en cada tratamiento. Blaxter (1964), señala que la depresión de la grasa láctea está asociada con un cambio acusado en las proporciones molares de los ácidos grasos en el rumen, lo anterior concuerda con lo encontrado por Armstrong y Blaxter (1965), cuando informaron diferenecias en el porcentaje de grasa de la leche al infundir en el rumen de cabras ácido acético puro versus una mezcla de AGV (en proporciones molares 55:32:13 de acético, propiónico y butirico, respectivamente), concluyemdo que en caso de la infusión de acético puro, el porcentaje de grasa de la leche aumentó.

Corado (1991) no observó ningun efecto importante en el porcentaje de grasa de la leche cuando suplementó con pulidura de arróz a razón de 0, 0.2, 0.4 y 0.6 Kg MS/100 Kg PV y poró a razón de 0.5 % del PV a vacas en pastoreo, relacionando esta falta de respuesta con una pequeña variación en la relación acético:butírico y propiónico.

La concentración de proteína en la leche está directamente relacionada con la EM y proteina consumida por el animal. En trabajos realizados por Emery (1978), informa que al aumentar un 1% en la proteina de la dieta, hay una respuesta lineal de 0.02% de aumento en la proteina de la leche. Con respecto a la EM, Spondly (1989) informa la existencia de una alta correlación entre la concentración de EM consumida y el porcentaje de proteina de la leche ($P<0.0001$). Van Horn et al (1975), reportan que el aumento de la concentración de proteina en la leche se debe a una mayor disponibilidad de aminoácidos en la glándula mamaria; sin embargo, al suministrar nitrógeno no proteico en la ración tal efecto no se nota claramente.

El suminstro de proteina verdadera en la dieta sobre los porcentajes de proteina en la leche fue demostrado por Spire et al (1975), quienes determinaron que infusiones de

proteina o aminoàcidos en el abomaso de cabras, provocaron un aumento del porcentaje de proteina en la leche. Resultados similares informa Alagón (1990), al encontrar porcentajes superiores cuando suministró harina de pescado y harina de soya (3.42 y 3.38% de proteina en la leche de vacas, respectivamente) comparadas con la suplementación con urea.

La igualdad entre tratamientos para concentración de proteina en la leche en el presente trabajo, podria explicarse por el alto contenido de nitrógeno no proteico de las leguminosas arbóreas utilizadas como suplemento.

Los resultados del análisis económico de presupuestos parciales, demuestran que los tratamientos con base en leguminosas arbóreas como fuentes proteicas fueron superiores al tratamiento con urea. Esta diferencia está dada principalmente, en el hecho de que para poder llenar los requerimientos energéticos de producción y mantenimiento, fue necesario incluir mayores cantidades de pulidura de arroz y de heno en el tratamiento con urea, además de la menor producción de leche obtenida en éste.

6. CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos en el presente trabajo, se concluye:

1. El uso del poró y madero negro como suplementos proteicos para vacas lecheras alimentadas con heno de jaragua de baja calidad, permiten producciones de leche aceptables.

2. El tipo de suplemento proteico (poró, madero negro o urea) no afectó las concentraciones de grasa, proteina y sólidos totales de la leche.

3. El tipo de suplemento proteico (poró, madero negro o urea) no afectó la proporción molar de los ácidos grasos volátiles acético y propiónico a nivel ruminal, pero el uso del poró y madero negro negro, promovieron una mayor producción de ácidos grasos volátiles totales y una menor concentración de amonio a nivel ruminal.

4. El uso del poró o madero negro constituyen una alternativa de suplementación proteica más económica que la urea para vacas que reciben una dieta basal de heno de jaragua de baja calidad.

7. RECOMENDACIONES

1. Realizar investigación similar a la presente bajo condiciones de trópico seco.

2. Trabajar con animales de menor potencial lechero (doble propósito).

3. Debido a que la pulidura de arroz se caracteriza por poseer proteína muy sobrepasante, es recomendable utilizar otro material como fuente energética.

8. LITERATURA 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). Teis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 68 p.

ALAGON, H. G. 1990. Comparación del poró (Erythrina poeppigiana) con otras fuentes nitrogenadas de diferentes potencial de escape a la fermentación ruminal como suplemento de vacas lecheras alimentadas con caña de azücar (Saccharum officinarum). Teis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 145 p.

BATEMAN, V.J. 1970. Nutrición animal. Manual de métodos analiticos. Herrero, México, D.F. 468 p.

BEER, J. W. 1980. Erythrina poeppigiana con pastos. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 4 p.

BELIARD, C. A. 1984. Producción de biomasa de Gliricidia sepium (Jacq) Steud, en cercas vivas bajo tres frecuencias de poda. Tesis Mag. Sc. , Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE. 97 p.

BENAVIDES, J. E. 1986. Utilización del follaje de poró (Erythrina poeppigiana) para alimentar cabras bajo condiciones de trópico hümedo. Trabajo presentado al 2do Congreso de la Asociación Mexicana de Zootecnistas y Técnicos en Capricultura (AZTECA). Turrialba, Costa Rica, CATIE. 27 p. (mimeografiado).

BERGEN, W. C.; YOKOHAMA, M. T. 1877. Productive limits to rumen fermentation. Journal of Animal Sci. (E.E.U.U.) 45:573.

BLAXTER, K. L. 1964. Metabolismo energético de los rumiantes. Acribia, Zaragoza, España. 314 p.

CAMPOS, M. 1989. Caracterización de la curva de lactancia y utilización de registros parciales en genotipos lecheros bajo condiciones del trópico húmedo. Teis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica, CATIE. 109 p.

CASTEJON, M. y COMBELLAS, j. 1981. Efecto del concentrado, el molido y la adición de melaza sobre el consumo de heno de baja calidad en vacas lecheras. Producción Animal Tropical (R.D.) 6:381-386.

CASTRO, A. 1989. Producción de leche de cabras alimentadas con King Grass (Pennisetum purpureaum X Pennisetum typhoides) suplementadas con diferentes niveles de follaja de poró (Erythrina poeppigiana) y platano verde (Musa sp. c.v. "Pelipita"). Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE. 57 p.

CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. 1987. Resumen de datos meteorológicos. Turrialba, Costa Rica 1 p.

--------, 1989. Informe anual de actividades. Proyecto Sistemas Silvopastoriles. Turrialba, Costa Rica (CATIE).

CHADHOKAR,P.A. Y KANTHARAJU, H.R. 1980. Effect of Gliricidia maculata on growth and breeding of Bannur ewes. Tropical Grassland (Auatralia), 14:78-82.

---------, SIVASUPIRAMANIAM, S. 1983. Gliricidia maculata leaveds and protein supplement to paddy straw in growing cross-bred heifers. Indian J. Anim. Sci.(India), 53:20-33.

CHALUPA, W. 1968. Problems in feeding urea to ruminants. J. Animal Sci (EEUU). 27:207-212.

CHANA, C. 1989. Producción de Gliricidia sepium y Erythrina berteroana en cercas vivas bajo tres frecuencias de poda en siete localidades de la Zona Atlántica de Costa Rica. Tesis Ing. Agr. Turrialba, Costa Rica. UCR. 93 p.

CORADO, L. 1991. Efecto de cuatro niveles de pulidura de arroz sobre la producción de leche de vacas en pastoreo suplementadas con poró (Erythrina poeppigiana (Walpers) O.F. Cook). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa rica. CATIE. 90 p.

DILLON, J.I.; HARDAKER, J.B. 1980. Análisis del presupuesto parcial. In La investigación sobre la administración rural para el desarrollo del pequeño agricultor. FAO. Boletín de servicios agrícolas No. 41. p. 151-159.

EMERY, R. S. 1978. Feeding for increased milk protein. Journal of Dairy Science (EEUU) 61:825-828.

ESPINOZA, J. E. 1984. Caracterización nutritiva de la fracción nitrogenada del forraje de madero negro (Gliricidia sepium) y poró (Erythrina poeppigiana). Tesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica, CATIE, 46 p.

HERNANDEZ, M. J. 1988. Efecto de las podas al final de la época lluviosa en cercos vivos de piñón cubano (Gliricidia sepium) sobre la produccioón y calidad nutritiva de la biomasa en la época seca. Tesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica, CATIE. 106 p.

HOLDRIDGE, L. R. 1978. Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica. IICA 206 p.

HUNGATE, R. E. 1966. The rumen and its microbes. New York, Academic Press. 533 p.

HOUP, T. R.; HOUP, K. A. 1968. Transfer of urea nitrogen across the rumen wall. Ann. J. Physiol. (EEUU), 214:1296

JACKSON, M. G. 1978. La paja de arroz como alimento para el ganado. Nutrición de Rumiantes. Artículos Seleccionados de la Revista Mundial de Zootécnia. FAO. Roma, Sanidad Animal Nº 12. p. 113-119.

KASS, M. L.; RODRIGUEZ, G. 1989. Manual de evaluación nutricional de pastos y forrajes. Turrialba, Costa Rica, CATIE, Dpto. de Producción Animal. 43 p.

LESLIE, F. y JOHNSTONE, H. 1982. Análisis moderno de los alimentos. Trad. Justino Burgos. España, Acribia. 619 p.

LITTLE, E. L., WADSWORTH, F. H. 1964. Common trees of Puerto Rico and the Virgin Islands. Washington, D.C., US Departament of Agriculture. Agricultura Handbook Nº 246.

LUCAS, H. L. 1983. Desing and analysis of feeding experiments with milking dayre cattle. North Carolina, North Carolina State University. p. 16.1 a 16.51. (Mimeo Serie 18).

MILLER, W. J. 1979. Dairy catlle and nutrition. London. Academia Press. 411 p.

MEHREZ, A. Z.; ORSKOV, E. R.; McDONALD, I. 1977. Rates of rumen fermentation in relation to ammonia concentration. British Journal of Nutrition (G.B.) 38:437-443.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1989. Nutrient Requeriments of Domentic Animals; Nutrient Requirements of Dairy Catlle. Washinton, D.C. 85 p.

NICHOLSON, J.W. 1984. Digestibility, nutritive value and feed intake. In Straw and other fibrous by-products as feed. Ed by F. Sundstal y E. Owen. Ansterdam, Elsevier. p. 334.

NOLAN, J. V.; LENG, R. A. 1972. Dinamic aspects of ammonia and urea metabolism in sheep. British Journal of Nutrition (G.B.) 27:177-194.

ORSKOV, B. R.; HOVELL, F. D.; MOULD, F. 1980. Uso de la técnica de la bolsa de nylon para la evaluación de los alimentos. Producción Animal Tropical (R.D.). 8:213-233.

PINEDA, M. O. 1986. Utilización del follaje de poró (Erythrina poeppigiana) en la alimentación de terneros de lecheria. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE. 65 p.

PRESTON, T.R. 1978. Estrategias para producción de bovinos en los tropicos. Nutrición de rumiantes. Articulos seleccionados de la Revista Mundial de Zootecnia. FAO. Roma, Sanidad Animal No. 12 p. p. 113-119.

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, Costa Rica, CATIE. 130 p.

REID, J.T. 1953. Urea as a protein replacement for ruminants: a review. J. Dairy Sc. (EEUU), 36(9):141-153.

RODRIGUEZ, Z., BENAVIDES, J.E., CHAVES, C., SANCHEZ, G. 1987. Gliricidia sepium (Jacq.) Walp.: Management and improvement. Proceeding of a Workshop held at CATIE, Turrialba, (CR), June 1987. Nitrogen Fixing Tree Association Special Publication 87-01 p. 212-216.

RODRIGUEZ, R. A. 1985. Producción de biomasa de poró gigante (Erythrina poeppigiana (Waloers) O. F. Cook) y King grass (Pennisetum purpureaum X Pennisetum typhoides) intercalados, en función de la densidad de siembra y frecuencia de poda del poró. Tesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE. 96 p.

ROJAS, C.B. 1978. Estudio de las interrelaciones urea-nivel y fuentes de carbohidratos y sus efectos sobre la utilización de la paja de trigo por ovinos. Tesis Ing. Agr., Santiago, Chile.81 p.

ROLDAN, G. 1981. Degradción ruminal de algunos forrajes proteicos en función del consumo de banano verde suplementario. Teis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE. 71 p.

ROMERO, F. 1977. Predicción del crecimiento del ganado en pastoreo con suplementación de melaza y urea. Tesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE. 62 p.

RUSSO, R.O. 1982. Resultados preliminares de biomasa de la poda de Erythrina poeppigiana (Walpers) O. F. Cook en Turrialba. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 10 p.

SAS INSTITUTE. 1982. SAS user's guide basic. Cary, North Caroline. 921 p.

SAMUR, R. C. 1984. Producción de leche en cabras alimentadas con King grass (Pennisetum purpureaum) y poró (Erythrina poeppigiana) suplementadas con fruto de banano (Musa sp. c.v. "Cavendish"). Tesios Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE. 51 p.

SATTER, L. D.; ROFFLER, R. R. 1977 Requerimientos proteicos y utilización de nitrógeno no proteico. Producción Animal Tropical (R.D.), 2:248-257.

SENTHESHANMUGANATHAN, S., DURAND, S. 1969. Insolation and composition of proteins from leaves of plants grown in Ceylan. J. Sci. Food Agric., 20:603-608.

SPIRES, H. R.; CLARK, J. H.; PERRIG, R. G.; DAVIS, C. L. 1975. Milk production and nitrogen utilitation in response to postruminal infusion of sodium caseinate in lactating cows. Journal of Nutrition (EEUU), 105:1111.

SPORNDLY, E. 1989. Effects of diet on milk composition and yield of dairy caws with special emphasis on milk protein content. Swedish Journal of Agricultural Research (Suecia) 19:99-106.

STILES, J. 1970. Fedd Processing. VII. Effect of and expantion processed mixture of grain and urea (Starea) on rumen metabolism in cattle and on urea toxicity. J. Dairy Sci (EEUU), 53:1486.

TILLEY, J. M.; TERRY, R. A. 1963. A two-stage techniqui for the in vitro digestion of forage crops. Journal of The British Grassland Society (G.B.) 18:104.

TOBON, C. J. 1988. Efecto de la suplementación con cuatro niveles de follaje de poró (Erythrina poeppigiana) sobre la producción de leche en vacas en pastoreo. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 72 p.

UDEN, P. 1978. Comparative estudies on rate of forage, particle size and rate of digestion in ruminants, equines, rabbits and man. Thesis PhD. Ithaca, N.Y. Cornell Universite. 242 p.

VAN HORN, H. H.; MARSHALL, S. P.; WILCOX, C. J.; RANDEL, P. F.; WING, J. M. 1975. Complete ration for dairy cattle. III Evaluation of protein percent and quality, and citrus pulp-corn substitutions. Journal of Dairy Science (EEUU) 58:1101.

VANSOEST,P. J.; UDEN, P.; WRICK, K. F. 1983. Critique and evaluation of markerr for use in nutrition of human and farm and laboratory animals. Nutritional Reports International (EEUU) 27:17-28.

VARGAS, A. 1987. Evaluación del poró (Erythrina cocleata) como suplemento proteico para toretes en pastoreo. Tesis Mag. Sc. UCR/CATIE, Turrialba, Costa Rica. 88 p.

WEBB, D. W. 1972. A comparison of nitrogen metabolism and ammonia toxity fron ammonia acetate and urea in cattle. J. Animal Sci (EEUU), 35:760-773.

9. ANEXOS

Cuadro 1A. Análisis de varianza para degradabilidad inicial de la materia seca del heno.

Fuente de variación	GL	CM	F	Pr>F
Tratamientos	2	0.129	224.79	0.0494
Periodos	2	0.018	31.17	0.0311
Animal	2	0.069	120.25	0.0082
Error	2	0.0006		
Total	8			
C.V. 0.25				

Cuadro 2A. Análisis de varianza para degradabilidad de la fracción B de la materia seca del heno.

Fuente de variación	GL	CM	F	Pr>F
Tratamientos	2	3.153	17.06	0.0554
Periodos	2	1.903	10.29	0.0885
Animal	2	0.307	1.66	0.3756
Error	2	0.185		
Total	8			
C.V. 0.75				

Cuadro 3A. Análisis de varianza para degradabilidad potencial de la materia seca del heno.

Fuente de variación	GL	CM	F	Pr>F
Tratamientos	2	4.316	23.24	0.0412
Periodos	2	2.077	11.19	0.0821
Animal	2	0.518	2.79	0.2638
Error	2	0.186		
Total	8			
C.V. 0.64				

Cuadro 4A. Análisis de varianza para tasa de degradación de la materia seca del heno.

Fuente de variación	GL	CM	F	Pr>F
Tratamientos	2	0.0000003	24.25	0.0396
Periodos	2	0.0000001	9.75	0.0930
Animal	2	0.00000002	1.75	0.3636
Error	2	0.0000001		
Total	8			
C.V. 0.67				

Cuadro 5A. Análisis de varianza para degradabilidad real de la materia seca del heno.

Fuente de variación	GL	CM	F	Pr>F
Tratamientos	2	0.961	37.91	0.0257
Periodos	2	0.347	13.69	0.0681
Animal	2	0.163	6.45	0.1343
Error	2	0.025		
Total	8			
C.V. 0.51				

Cuadro 6A. Análisis de varianza para tiempo medio de degradación de la materia seca del heno.

Fuente de variación	GL	CM	F	Pr>F
Tratamientos	2	1.772	22.11	0.0433
Periodos	2	0.692	8.64	0.1037
Animal	2	0.115	1.44	0.4097
Error	2	0.080		
Total	8			
C.V. 0.70				

Cuadro 7A. Análisis de varianza para degradabilidad inicial de la materia seca de la pulidura de arroz.

Fuente de variación	GL	CM	F	Pr>F
Tratamientos	2	3.809	1.54	0.3932
Periodos	2	2.116	0.86	0.5384
Animal	2	2.106	0.85	0.5397
Error	2	2.468		
Total	8			
C.V. 4.94				

Cuadro 8A. Análisis de varianza para degradabilidad de la fracción B de la materia seca de la pulidura de arroz.

Fuente de variación	GL	CM	F	Pr>F
Tratamientos	2	0.792	0.56	0.6425
Periodos	2	2.236	1.57	0.3888
Animal	2	0.305	0.21	0.8236
Error	2	1.422		
Total	8			
C.V. 2.31				

Cuadro 9A. Análisis de varianza para degradabilidad potencial de la materia seca de la pulidura de arroz.

Fuente de variación	GL	CM	F	Pr>F
Tratamientos	2	2.582	2.92	0.2554
Periodos	2	0.002	0.01	0.9974
Animal	2	0.816	0.92	0.5204
Error	2	0.886		
Total	8			
C.V. 2.04				

Cuadro 10A. Análisis de varianza para tasa de degradación de la materia seca de la pulidura de arroz.

Fuente de variación	GL	CM	F	Pr>F
Tratamientos	2	0.000017	13.55	0.0687
Periodos	2	0.0000009	0.71	0.5859
Animal	2	0.0000001	0.04	0.9641
Error	2	0.000001		
Total	8			
C.V. 1.21				

Cuadro 11A. Análisis de varianza para degradabilidad real de la materia seca de la pulidura de arroz.

Fuente de variación	GL	CM	F	Pr>F
Tratamientos	2	3.421	1.78	0.3599
Periodos	2	1.339	0.70	0.5893
Animal	2	1.795	0.93	0.5171
Error	2	1.923		
Total	8			
C.V. 3.29				

Cuadro 12A. Análisis de varianza para tiempo medio de degradación de la materia seca de la pulidura de arroz.

Fuente de variación	GL	CM	F	Pr>F
Tratamientos	2	0.122	13.99	0.0667
Periodos	2	0.006	0.70	0.5883
Animal	2	0.0003	0.04	0.9650
Error	2	0.0086		
Total	8			
C.V. 1.23				

Cuadro 13A. Análisis de varianza para tasa de pasaje en el rumen reticulo.

Fuente de variación	GL	CM	F	Pr>F
Tratamientos	2	0.011	0.09	0.9173
Periodos	2	0.030	0.24	0.8037
Animal	2	0.013	0.11	0.9035
Error	2	0.122		
Total	8			
C.V. 12.92				

Cuadro 14A. Análisis de varianza para tasa de pasaje en el tracto posterior.

Fuente de variación	GL	CM	F	Pr>F
Tratamientos	2	0.363	0.16	0.8590
Periodos	2	0.414	0.19	0.8423
Animal	2	0.390	0.18	0.9035
Error	2	2.213		
Total	8			
C.V. 20.36				

Cuadro 15A. Análisis de varianza para tiempo de retención en el rumen reticulo.

Fuente de variación	GL	CM	F	Pr>F
Tratamientos	2	1.875	0.07	0.9306
Periodos	2	5.472	0.22	0.8211
Animal	2	2.923	0.12	0.8957
Error	2	25.122		
Total	8			
C.V. 13.46				

Cuadro 16A. Análisis de varianza para tiempo de retención en el tracto posterior.

Fuente de variación	GL	CM	F	Pr>F
Tratamientos	2	0.879	0.14	0.8805
Periodos	2	1.076	0.17	0.8576
Animal	2	1.042	0.16	0.8614
Error	2	6.476		
Total	8			
C.V. 18.36				

Cuadro 17A. Análisis de varianza para tiempo de tránsito.

Fuente de variación	GL	CM	F	Pr>F
Tratamientos	2	0.027	0.13	0.8873
Periodos	2	0.088	0.41	0.7093
Animal	2	0.234	1.09	0.4786
Error	2	0.215		
Total	8			
C.V. 6.58				

Cuadro 18A. Efecto de los tratamientos sobre la concentración de amoniaco (mg/100 ml) y pH en el licor ruminal.

Tiempo	Tratamientos					
horas	Poró		Madero		Urea	
	N-NH3	pH	N-NH3	pH	N-NH3	pH
0	14.29	7.1	13.19	6.8	15.70	6.9
1	24.19	6.4	26.82	6.2	46.43	6.3
2	23.21	6.4	27.98	6.4	45.03	6.2
3	25.35	6.3	28.53	6.2	41.36	6.1
6	17.11	6.5	19.17	6.5	32.38	6.2
9	15.48	6.5	18.51	6.5	23.21	6.6
12	14.58	6.8	14.96	6.7	18.32	6.5
Medias	19.18[b]	6.6[a]	21.30[b]	6.5[a]	31.78[a]	6.4[a]

Cuadro 19A. Análisis de varianza para concentración de AGV totales en el rumen.

Fuente de variación	GL	CM	F	Pr>F
Tratamientos	2	542.26	30.91	0.0313
Periodos	2	61.74	3.52	0.2213
Animal	2	147.43	8.40	0.1064
Error	2	4.32		
Total	8			
C.V. 2.96				

Cuadro 20A. Análisis de varianza para concentración de ácido acético en el contenido ruminal.

Fuente de variación	GL	CM	F	Pr>F
Tratamientos	2	313.07	151.30	0.0066
Periodos	2	77.14	37.28	0.0261
Animal	2	115.51	55.82	0.176
Error	2	2.07		
Total	8			
C.V. 2.09				

Cuadro 21A. Análisis de varianza para concentración de ácido propiónico en el contenido ruminal.

Fuente de variación	GL	CM	F	Pr>F
Tratamientos	2	32.85	4.32	0.1879
Periodos	2	1.27	0.17	0.8564
Animal	2	7.66	1.01	0.4979
Error	2	7.60		
Total	8			
C.V. 19.66				

Cuadro 22A. Análisis de varianza para concentración de ácido butírico en el contenido ruminal.

Fuente de variación	GL	CM	F	Pr>F
Tratamientos	2	3.04	4.70	0.1755
Periodos	2	3.00	4.65	0.1771
Animal	2	0.03	0.04	0.9621
Error	2	0.075		
Total	8			
C.V. 5.63				

Cuadro 23A. Análisis de varianza para proporción molar de ácido acético en el contenido ruminal.

Fuente de variación	GL	CM	F	Pr>F
Tratamientos	2	2.38	0.55	0.6442
Periodos	2	8.02	1.86	0.3501
Animal	2	9.28	2.15	0.3175
Error	2	4.32		
Total	8			
C.V. 2.96				

Cuadro 24A. Análisis de varianza para proporción molar de ácido propiónico en el contenido ruminal.

Fuente de variación	GL	CM	F	Pr>F
Tratamientos	2	8.10	1.68	0.3732
Periodos	2	1.94	0.40	0.7135
Animal	2	6.59	1.37	0.4226
Error	2	4.82		
Total	8			
C.V. 15.48				

Cuadro 25A. Análisis de varianza para proporción molar de ácido butírico en el contenido ruminal.

Fuente de variación	GL	CM	F	Pr>F
Tratamientos	2	18.90	21.56	0.0543
Periodos	2	8.61	9.82	0.0924
Animal	2	3.00	3.43	0.2258
Error	2	0.88		
Total	8			
C.V. 6.29				

Cuadro 26A. Análisis de varianza para consumo de materia seca.

F DE V	GL	CM	F	Pr > F
Cuadrado	3	0.1234	7.78	0.0032
Grupo racial	1	0.9607	60.57	0.0001
Vaca(Cuadrado*GR)	7	0.0100	0.63	0.7225
Periodo (Cuadrado)	8	0.0302	1.90	0.1452
Tratamiento	2	0.0098	0.62	0.5551
Error	13	0.0159		
TOTAL	34			

CV = 4.50

Cuadro 27A. Análisis de varianza para producción de leche total.

F DE V	GL	CM	F	Pr > F
Cuadrado	3	2.9051	26.30	0.0001
Grupo racial	1	3.3018	29.89	0.0001
Vaca(cuadrado*GR)	7	0.8723	7.90	0.0008
Periodo (cuadrado)	8	0.5181	4.69	0.0070
Tratamiento	2	1.9179	17.36	0.0002
Error	13	0.1105		
TOTAL	34			

CV = 4.70

Cuadro 28A. Análisis de varianza para leche corregida al 4% de grasa

F DE V	GL	CM	F	Pr > F
Cuadrado	3	1.5957	7.22	0.0042
Grupo racial	1	3.9517	17.89	0.0010
Vaca(cuadrado*GR)	7	1.2501	5.66	0.0036
Periodo (cuadrado)	8	0.6521	2.95	0.0404
Tratamiento	2	1.1943	5.41	0.0196
Error	13	0.2209		
TOTAL	34			

CV = 7.27

Cuadro 29A. Análisis de varianza para % de grasa de la leche.

F DE	GL	CM	F	Pr>F
Cuadrado	3	0.5738	17.99	0.0010
Grupo racial	1	0.2692	8.44	0.0143
Vaca(cuadrado*GR)	7	0.2469	7.74	0.0016
Período (cuadrado)	8	01396	4.38	0.0135
Tratamiento	2	0.0259	0.81	0.4695
Tratamiento * Gr	2	0.2015	6.32	0.0149
Error	13	0.0580		
TOTAL	34			

CV = 5.21

Cuadro 30A. Análisis de varianza para % de proteína de la leche.

F DE V	GL	CM	F	Pr > F
Cuadrado	3	0.3103	11.83	0.0005
Grupo racial	1	0.0762	2.90	0.1122
Vaca(cuadrado*GR)	7	0.0698	2.66	0.0607
Período (cuadrado)	8	0.0855	3.26	0.0287
Tratamiento	2	0.0159	0.61	0.5602
Error	13	0.0262		
TOTAL	34			

CV = 5.67

Cuadro 31A. Análisis de varianza para % de sólidos totales de la leche.

F DE V	GL	CM	F	Pr > F
Cuadrado	3	0.7507	4.59	0.0211
Grupo racial	1	0.4123	2.52	0.1362
Vaca(cuadrado*GR)	7	0.3952	2.42	0.1170
Período (cuadrado)	8	0.3385	2.07	0.1170
Tratamiento	2	0.0145	0.09	0.9154
Error	13	0.1634		
TOTAL 34				

CV = 10.12

Cuadro 32A. Análisis de varianza para poducción de grasa (Kg)

F DE V	GL	CM	F	Pr > F
Cuadrado	3	0.0040	9.60	0.0021
Grupo racial	1	0.0091	21.58	0.0007
Vaca(cuadrado*GR)	7	0.0025	5.88	0.0050
Periodo (cuadrado	8	0.0013	3.03	0.0460
Tratamiento	2	0.0016	3.90	0.0526
Tratamiento * Gr	2	0.0018	4.31	0.0415
Error	11	0.0004		
TOTAL	34			

CV = 8.46

Cuadro 33A. Análisis de varianza para producción de proteina (Kg).

F DE V	GL	CM	F	Pr >F
Cuadrado	3	0.0002	1.03	0.4131
Grupo racial	1	0.0006	3.10	0.1019
Vaca(cuadrado*GR)	7	0.0010	4.99	0.0062
Periodo (cuadrado)	8	0.0013	6.32	0.0019
Tratamiento	2	0.0025	11.99	0.0011
Error	13	0.0027		
TOTAL	34			

CV = 7.13

Cuadro 34A. Análisis de varianza para producción de sólidos totales (kg).

F DE V	GL	CM	F	Pr >F
Cuadrado	3	0.0269	7.51	0.0036
Grupo racial	1	0.0223	6.210	0.2700
Vaca(cuadrado*GR)	7	0.0203	5.64	0.0037
Periodo (cuadrado)	8	0.0123	3.42	0.0241
Tratamiento	2	0.0314	8.75	0.0039
Error	13	0.0036		
TOTAL	34			

CV = 7.13