

CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA  
SUBDIRECCION GENERAL ADJUNTA DE ENSEÑANZA

PROGRAMA DE POSTGRADO

EFFECTO DE CUATRO FUENTES ENERGETICAS SOBRE LA  
PRODUCCION DE LECHE DE VACAS EN PASTOREO SUPLEMENTADAS  
CON FOLLAJE DE PORO (*Erythrina poeppigiana* (Walpers)  
O.F. Cook).

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

MAGISTER SCIENTIAE

Por

JOSE GUILLERMO O. JIMENEZ FERRER

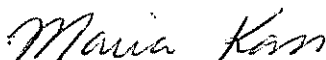
Turrialba, Costa Rica

1992

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

*MAGISTER SCIENTIAE*

FIRMANTES:



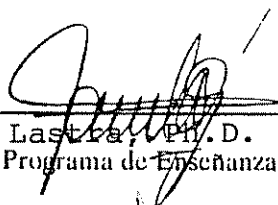
---

María L. Kass, Ph.D.  
Profesor Consejero



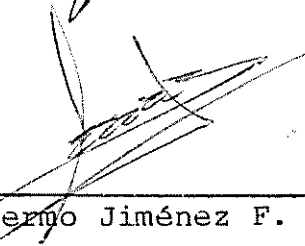
---

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



---

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



---

José Guillermo Jiménez F.  
Candidato

## DEDICATORIA

A María Lorena y a María Estelí  
amor y felicidad incansable.

A mi madre Sra. Martha E. Ferrer G.  
por su ejemplo de lucha.

A Yarmelli, Yllianna, Yovanna.

A la memoria de la Sra Carmen Guzman R.  
maestra rural.

## AGRADECIMIENTOS

La realización de esta tesis, fue posible gracias a un colectivo de trabajo, formado en el Area de Ganadería Tropical del CATIE Y teniendo como lider de proyecto a la Dra. María Kass. El tema central del trabajo, se enmarca en la búsqueda de alternativas sustentables para la producción animal, orientación que siempre enfatizó la Dra. Kass en sus enseñanzas. A la Dra Kass, asesora principal de esta tesis, debo agradecer su constante apoyo, disposición profesional y sincera amistad para poder llevar a fin nuestro compromiso en CATIE. Además la Dra. Kass me introdujo en la investigación práctica de la nutrición animal, experiencia que resultó fundamental para el desarrollo de esta tesis.

Quiero hacer patente al Dr. Danilo Pezo, miembro de mi comite asesor, mi agradecimiento por sus valiosas enseñanzas en el campo de la Investigación en pasturas. Con el adquiriré una gran deuda intelectual. Al Dr. Federico Hollman, por sus valiosas sugerencias en la parte económica de esta tesis.

A todo el personal y profesores del Area de Ganadería Tropical, en especial al Dr Assafaw Tewolde por su excelencia en la academia y sobre todo por la gran amistad y apoyo. Al Mag. Sci. Gerardo Rodríguez y a los Tec. Frank López y Erik López integrantes del equipo del Laboratorio de Nutrición Animal del CATIE.

Mi estudios en CATIE y la realización de este trabajo de tesis no hubiera podido llevarse a cabo, sin el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (CONACYT) y del proyecto CATIE AID-SCI 936-5542-12 .

Al personal del Programa de Postgrado del CATIE, en especial al Dr Ramón Lastra. A todos mis profesores y compañeros, principalmente a la Mag. Sci. María Lorena Soto Pinto por su incansable apoyo para que nuestro proyecto en Costa Rica fuera una bella experiencia.

## BIOGRAFIA

El autor, de nacionalidad mexicana nació el 27 de mayo de 1958 en la ciudad de Culiacán, Sinaloa.

En 1981 obtuvo el título de Ingeniero Agrónomo en la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco. Su labor profesional ha consistido principalmente en la asesoría y ejecución de proyectos de desarrollo rural para organizaciones independientes, en comunidades indígenas del sureste de México.

Becado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) México, ingresó al Programa de Postgrado del CATIE, en Octubre de 1990, obteniendo el grado de Magister Scientiae el 2 de Diciembre de 1992.

## RESUMEN

JIMENEZ F., J.G.O. 1992. Efecto de cuatro fuentes energéticas sobre la producción de leche de vacas en pastoreo suplementadas con follaje de poró (*Erythrina poeppigiana* (Walpers) O.F. Cook). Tesis Mag. Sci., Turrialba, Costa Rica, CATIE.

**Palabras claves :** Suplementación animal, fuentes energéticas, sorgo, banano, melaza, pulidura de arroz, fermentación ruminal, follaje de poró, producción de leche, pastoreo.

Con el objetivo de evaluar bioeconómicamente el efecto de la suplementación con cuatro fuentes energéticas (0.72 Mcal Ed/100 kg PV de sorgo, banano, pulidura de arroz y melaza) sobre la producción y calidad de la leche de vacas en pastoreo, recibiendo 0.5 Kg de MS/100 Kg PV de follaje de poró (*Erythrina poeppigiana*), se establecieron dos ensayos en la Finca ganadera del Centro Agronómico Topical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica.

En el primer ensayo se utilizaron 12 vacas puras y mestizas de las razas Criollo Lechero Centroamericano y Jersey, con más de dos lactancias y alrededor de 60 días postparto. Los animales pastorearon en potreros cuya composición botánica al inicio y al final del experimento fue de 11 y 17 % de pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*), 32 y 28 % de pasto ruzzi (*Brachiaria ruziziensis*) y 45 y 42 % de pasto natural (*Axonopus compressus* y *Paspalum conjugatum*), con una oferta de pasto de 30.14 kg de MS/vaca/día. El diseño experimental utilizado fue de sobrecambio en cuadrado latino con tres repeticiones, cada cuadrado constó de cuatro animales y cuatro períodos. Las vacas entraron al experimento una vez alcanzado el pico de lactación. Se asignaron catorce días de adaptación y siete de medición para las variables de producción y calidad de la leche y consumo de pasto y de poró durante cada periodo.

En el segundo ensayo, se determinaron los efectos de las diferentes fuentes energéticas sobre los parámetros de la fermentación ruminal (pH, concentración de nitrógeno amoniacal y ácidos grasos volátiles (AGV)). También se determinó la tasa de pasaje de la dieta y la degradabilidad ruminal de la materia seca del pasto y del poró, para lo que se utilizaron cuatro novillos fistulados.

Los resultados obtenidos muestran que no existió diferencia estadística ( $P < 0.05$ ) por efecto de los tratamientos (sorgo, banano, melaza y pulidura) sobre la producción total (9.0, 8.9, 8.6 y 8.8 kg/vaca/día) y calidad de la leche. La producción de leche (corregida al 4.0 % de grasa) y la cantidad de grasa en leche (kg/vaca/día)

aumentaron significativamente en los animales suplementados con sorgo y banano.

La suplementación con las diferentes fuentes energéticas no tuvo efecto sobre los parámetros de degradabilidad ruminal, tasa de pasaje, pH y concentración total de AGV y N anomiacal.

El análisis financiero mostró que todos los tratamientos fueron económicamente viables, sin embargo la suplementación con banano es la que mayores ventajas ofrece, dados los bajos costos de este producto en el mercado regional.

## SUMMARY

JIMENEZ, F. J. G. 1992. Effect of four energy supplement sources on milk yields on grazing cows supplemented with poró (*Erythrina poeppigiana* (Walpers) O. F. Cook.). Mag. Sci. Thesis. Turrialba, Costa Rica. CATIE.

Key words: Animal supplementation, energy sources, sorghum, banana, molasses, rice polishing, ruminal fermentation, poró (*Erythrina poeppigiana*), milk production, grazing.

Two essays were carried out at CATIE's Tropical Livestock Experimental Farm, Turrialba Costa Rica. The objective of the study was to evaluate the biological and economic effects of four energy sources (0.72 Mcal De/100 Kg LW of sorghum, green banana, rice polishing, and molasses of sugarcane) on the milk production and quality in dairy cows, in grazing. Cows received a supplementation of 0.5 Kg of DM/100 Kg LW of foliage of poró (*Erythrina poeppigiana*).

In the first experiment twelve cows (Jersey and Jersey X Centroamerican Criollo) were distributed in a replicated change over 4 x 4 Latin Square, with three replications, four cows per square and four periods (14 days adaptation and 7 days measurement). All cows were grazed african star grass (*Cynodon nlemfuensis*) pastures, under a rotational grazing systems of three days occupation at 24 days resting intervals. The pasture composition was 11 and 17% of star grass, 32 and 28% of ruzzi grass (*Brachiaria ruziziensis*) and 45 and 42% of natural grasses (*Axonopus compressus* and *Paspalum conjugatum*) at initial and final times of the experiment respectively. The grass allowance was 30.14 kg of WM/cow/day.

In the last experiment, four rumen cannulated steers were distributed in a 4 X 4 Latin Square Designs, with the same diets and management utilized above. This design was applied in order to determine the effects of the different energy source evaluated on the feed dry matter rumen degradability, rate of passage and fermentation pattern (pH, ammonia concentration and volatile fatty acids VFA).

Results obtained showed non statistical significant differences ( $p < 0.05$ ) among treatments (sorghum, green banana, molasses and rice polishing) on the total production (9.0, 8.9, 8.6 and 8.8 kg/cow/day) neither on milk quality. The milk production (4.0% of milk fat) and the quantity of fat milk (kg/cow/day) increased significantly on sorghum or banana supplemented animals.

The supplementation with different energy sources did not have affected the parameters of ruminal degradability, rate of passage, pH, total concentration of VFA and ammonia.

The economic analysis showed that every treatments were economically viable, nevertheless, the supplementation with banana resulted the best treatment due to its low costs in the regional market.



## INDICE GENERAL

1. INTRODUCCION.....	1
2. REVISION DE LITERATURA.....	2
2.1. LEGUMINOSAS ARBOREAS COMO FUENTE DE FORRAJE .....	5
2.2. FUENTES ENERGETICAS .....	7
3. MATERIALES Y METODOS .....	11
3.1. LOCALIZACION DE LOS EXPERIMENTOS.....	11
3.2. ENSAYOS EXPERIMENTALES .....	11
3.2.1. TRASTORNOS EN UNIDADES EXPERIMENTALES .....	11
3.3. DETERMINACION DE CONSUMO, PRODUCCION Y COMPOSICION DE LA LECHE.....	12
3.3.1. MANEJO DE LOS ANIMALES .....	12
3.3.2. VARIABLES DE RESPUESTA .....	14
3.3.2.1. PRODUCCION DE LECHE .....	14
3.3.2.2. COMPOSICION QUIMICA DE LA LECHE .....	14
3.3.2.3. CONSUMO .....	14
3.3.2.4. DISPONIBILIDAD Y COMPOSICION BOTANICA DE LA PASTURA .....	15
3.3.2.5. PESO DE LOS ANIMALES .....	15
3.3.3. DISEÑO EXPERIMENTAL .....	16
3.3.4. ANALISIS ECONOMICO .....	17
3.4. CARACTERIZACION DE LOS PARAMETROS DE FERMENTACION RUMINAL .....	17
3.4.1. MANEJO DE LOS ANIMALES .....	17
3.4.2. VARIABLES DE RESPUESTA .....	18
3.4.2.1. DEGRADABILIDAD <i>IN SITU</i> DE LA MATERIA SECA.....	18

3.4.2.2.	TASA DE PASAJE DE LA DIETA.....	18
3.4.2.3.	PH, ACIDOS GRASOS VOLATILES AMONIO EN EL LICOR ROMINAL.....	18
3.4.3.	DISEÑO EXPERIMENTAL .....	19
4.	RESULTADOS Y DISCUSION.....	22
4.1.	CARACTERIZACION NUTRITIVA DE LOS COMPONENTES DE LA DIETA .....	22
4.1.1.	COMPOSICION QUIMICA Y DIGESTIBILIDAD <i>IN VITRO</i> .....	22
4.1.2.	DEGRADABILIDAD <i>IN SITU</i> DE LA MATERIA SECA .....	24
4.1.3.	TASA DE PASAJE .....	31
4.1.4.	ACIDOS GRASOS VOLATILES (AGV).....	33
4.1.5.	NITROGENO AMONIAICAL .....	35
4.1.6.	PH .....	39
4.2..	DISPONIBILIDAD DEL PASTO .....	41
4.3.	CONSUMO .....	42
4.5.	PRODUCCION DE LECHE Y SUS CONSTITUYENTES .....	45
4.6.	ANALISIS ECONOMICO PARA LA PRODUCCION DE LECHE.....	52
5.	CONSIDERACIONES GENERALES .....	55
	CONCLUSIONES .....	59
	RECOMENDACIONES .....	60
6.	BIBLIOGRAFIA CITADA.. .....	61

## LISTA DE CUADROS

CUADRO NO.	TITULO	PAGINA
1	VALORES PRODUCTIVOS EN FINCAS DE GANADO DE DOBLE PROPOSITO EN OCHO PAISES DE AMERICA LATINA.	4
2	COMPOSICION QUIMICA Y DIGESTIBILIDAD <i>IN VITRO</i> DE LOS ALIMENTOS UTILIZADOS DURANTE EL EXPERIMENTO.	22
3	ANALISIS DE VARIANZA DE DEGRADABILIDAD RUMINAL DE LA MATERIA SECA DEL PORO Y DEL PASTO UTILIZADOS EN EL ENSAYO DE VACAS LECHERAS.	25
4	PARAMETROS DE DEGRADABILIDAD RUMINAL DE LA MATERIA SECA DEL PORO Y DEL PASTO UTILIZADOS EN EL ENSAYO DE VACAS LECHERAS.	28
5	PARAMETROS DE DEGRADABILIDAD DE LA MATERIA SECA DE LAS FUENTES ENERGETICAS.	31
6	EFECTO DE LOS SUPLEMENTOS ENERGETICOS SOBRE LA TASA DE PASAJE DE LA DIETA.	32
7	RESUMEN DE LOS ANALISIS DE VARIANZA PARA LA CONCENTRACION DE AGV.	33
8	CONCENTRACION DE NITROGENO AMONIACAL Y PH EN EL LICOR RUMINAL Y RESPECTIVOS ANALISIS DE VARIANZA.	38
9	DISPONIBILIDAD Y COMPOSICION BOTANICA DE LA PASTURA.	41
10	CONSUMO PROMEDIO DE MATERIA SECA, PROTEINA Y ENERGIA DISPONIBLE DEL PORO Y PASTO.	43
11	RESUMEN DE LOS ANALISIS DE VARIANZA PARA PRODUCCION DE LECHE Y SUS CONSTITUYENTES.	47
12	EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE LA PRODUCCION DE LECHE Y SUS COMPONENTES.	47
13	ANALISIS DE PRESUPUESTOS PARCIALES PARA LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS.	53

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA	TITULO	PAGINA
1	DEGRADABILIDAD DE LA MATERIA SECA DEL PORO.	26
2	DEGRADABILIDAD DE LA MATERIA SECA DEL PASTO.	27
3	DEGRADABILIDAD DE LA MATERIA SECA DE LOS SUPLEMENTOS ENERGETICOS.	29
4	CAMBIOS EN LA CONCENTRACION TOTAL DE AGV EN FUNCION DEL TIEMPO POST-SUPLEMENTACION ENERGETICA.	34
5	EFECTO DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE LA CONCENTRACION MOLAR DE LOS AGV.	36
6	CAMBIOS EN LA CONCENTRACION DE N AMONICAL EN FUNCION DEL TIEMPO POST-SUPLEMENTACION ENERGETICA	37
7	CAMBIOS DEL PH EN EL LICOR RUMINAL EN FUNCION DEL TIEMPO DE POST-SUPLEMENTACION ENERGETICA.	40
8	PRODUCCION DE LECHE TOTAL Y CORREGISA AL 4 % DE GRASA.	46
9	EFECTO DE LA SUPLEMENTACION ENERGETICA SOBRE LOS CONSTITUYENTES DE LA LECHE.	50
10	PRODUCCION DE PROTEINA, GRASA Y SOLIDOS TOTALES DE LA LECHE.	51

## 1. INTRODUCCION

La situación deficitaria de la producción de leche en los trópicos pone de manifiesto la importancia de incrementar los volúmenes de producción y así dar opciones nutricionales a la población.

Los sistemas de producción animal en los trópicos, se basan principalmente en la utilización de pasturas, las cuales comunmente no satisfacen los requerimientos energéticos para llevar a cabo una satisfactoria producción. Normalmente la calidad de los pastos tropicales es la causante de que la productividad animal sea baja, dificultandose aun mas si consideramos la estacionalidad del clima que provoca disminuciones en cantidad y calidad del forraje disponible. Bajo éstas condiciones, es común que el productor se ve en la necesidad de utilizar suplementos, normalmente de alto costo, lo que demerita su economía.

Sin embargo, en varios países tropicales se están llevando a cabo diversos estudios tendientes a encontrar suplementos energéticos y protéicos de origen local que permitan elevar la producción. Mediante éstos recursos alimenticios se busca resultados baratos, de facil acceso y que no compitan con la alimentación humana. Algunos ejemplos de fuentes alternativas para la suplementación energética son los frutos de banano, yuca y subproductos agroindustriales, tales como la pulidura de arroz, etc. Por otra parte, el follaje de las leguminosas arbóreas por su alto contenido de nitrógeno, amplia distribución y bajo

costo de producción pueden constituir fuentes alternativas de proteína para la alimentación animal, así como en contribuir a la conservación de los recursos naturales (suelo, cobertura vegetal, reciclaje de nutrientes, etc.).

Con base en las consideraciones anteriores, el presente trabajo tuvo como objetivo general evaluar el efecto bioeconómico de diferentes fuentes energéticas como suplementos a raciones que incluyen el follaje de leguminosas arbóreas como fuente protéica para vacas lecheras en pastoreo. Los objetivos específicos fueron los siguientes :

- Determinar los efectos de la suplementación de cuatro fuentes de energía ( banano verde, pulidura de arroz, grano de sorgo y melaza), sobre el consumo de pasto, la producción y la calidad de la leche, en vacas en pastoreo y suplementadas con follaje de poró ( *Erythrina poeppigiana* ) .

- Evaluar las ventajas económicas relativas de los diferentes suplementos energéticos utilizados.

## 2.REVISION DE LITERATURA

Las exportaciones pecuarias en América Latina durante los años ochenta sufrieron un fuerte descenso segun estudios realizados por la FAO citados por Chauvet (1990). El valor promedio de las ventas anuales disminuyó en un 31.6 % en el lapso de 1978-1986, y para 1984 se reportan importaciones netas de leche y productos lácteos por un valor total de 789 millones de dolares (Seré, 1989).

La FAO recomienda un consumo de 500 mililitros diarios de leche, lo cual propociona parte importante de las proteínas y calorías necesarias para el organismo humano. Sin embargo, se estima que el consumo medio per capita en los países tropicales es de aproximadamente 200-300 ml./día, o sea 50 % menos que el mínimo recomendado (Banco Nacional de Comercio Exterior, 1979).

La producción de leche en las regiones tropicales, proviene principalmente de sistemas de "doble proposito", los cuales se caracterizan por ser sistemas extensivos de baja productividad, utiliza cruces de ganado de las razas cebú/europeas x criollo , la alimentación de las vacas está basada principalmente en el pastoreo de praderas nativas e introducidas y en donde la alimentación suplementaria es mínima. Los niveles de producción logrados en éste sistema son bajos y generalmente estacionales de 2 a 4 litros por vaca/día durante un período de 3 a 6 meses (Alvarez, 1986).

Vaccaro (1989), en un análisis de fincas comerciales mixtas en ocho países latinoamericanos, obtuvo los promedios productivos de ganado de doble proposito que se muestran en el Cuadro 1.

Esta autora señala que uno de los factores más susceptibles a mejorar en los sistemas de producción animal estudiados, son las condiciones de los pastos, destacando el papel de especies mejoradas asociadas con leguminosas. Sin embargo, la utilización de las leguminosas tiene sus

limitantes tecnico-sociales, principalmente por falta de conocimiento sobre el manejo de pasturas asociadas.

Cuadro 1. Valores productivos en fincas de ganado de doble proposito en ocho paises de América Latina.

Factor	Valores		
	Promedio	Minimos	Máximos
Producción de leche (kg/día)	4	2.8	6.5
Producción por lactancia (kg)	1180	749	1584
Días de lactancia	290	244	311
% de Parición	64	39	81
Edad al primer parto (meses)	37	32	43
Ganancia de peso becerros (kg/día)	0.370	0.290	0.400
Mortalidad de becerros (%)	13	12	24
Carga animal (UA/ha)	1.4	0.72	1.9
Productividad leche (kg/ha/año)	476	182	749
Productividad carne (kg/ha/año)	116	45	192

Fuente: Vaccaro (1989).

A pesar de que los pastos tropicales, tienen menor valor nutritivo y digestibilidad en comparación con los pastos de zonas templadas (Stobbs, 1978), los primeros ofrecen un gran potencial para incrementar la producción de leche, si coinciden los factores de manejo, especies mejoradas, suplementación estratégica, raza, inversión de capital y canales eficientes de comercialización entre otros (Stobbs, 1978; Fernández-Baca et al, 1986; Preston, 1989; García, 1991).



La pulidura de arroz, por su baja fermentación en el rumen hace que una parte importante de nutrientes sea aprovechado por acción enzimática en el tracto posterior, lo que ocasiona una utilización más eficiente. ( Elliot et al , 1978 ; Preston y Leng, 1989).

Banano verde o de "desecho" es otro recurso energético de disponibilidad en áreas de cultivo de banano para exportación y es una importante fuente de energía para animales que consumen pasto de baja digestibilidad (Cerdas, 1981; Le Dividich et al, 1976; San Martín, 1980).

El sorgo es otra fuente energética utilizada en diversas regiones tropicales para la alimentación animal (Combellas, 1986). A pesar de que el grano entero presenta problemas para el consumo de rumiantes, debido a que parte de él pasa a través del tracto digestivo sin ser digerido, cuando es procesado de diversas formas (triturado, macerado, etc.) los bovinos pueden aprovechar su alto contenido energético (Combellas,1986).

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Localización de los experimentos.

Este estudio se llevo a cabo en la finca ganadera y en el Laboratorio de Nutrición Animal del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). El CATIE, se encuentra en Turrialba, Costa Rica en una zona de vida de bosque muy húmedo premontano (Holdridge, 1978), a los 9° 5' de latitud norte y 83° 38' de longitud oeste, a una altitud de 602 m.s.n.m., con una temperatura media anual de 22.1 °C, una precipitación media anual de 2599 mm con distribución uniforme durante todo el año, y una humedad relativa de 90.4 % (CATIE, 1987).

#### 3.2 Ensayos Experimentales.

El presente trabajo consistió en dos ensayos experimentales, uno con vacas lecheras para evaluar consumo y la producción de leche y sus componentes; y otro con animales fistulados del rumen para medir los parámetros de fermentación ruminal.

##### 3.2.1. Trastornos en unidades experimentales.

Una vaca del primer cuadrado presentó problemas de adaptación, durante el primer periodo de medición, lo que obligó a reemplazarla por otro animal con características similares. Debido a éste incidente se eliminaron los datos de producción y consumo de la vaca reemplazada.

### 3.3. Determinación de consumo, producción y composición de la leche.

#### 3.3.1. Manejo de los animales.

Se utilizaron 12 vacas producto de los cruces de las razas Jersey y Criollo Lechero Centroamericano, con dos o más lactancias. Al momento de iniciado el experimento, todos los animales estaban entre 45 y 60 días postparto. El ensayo se efectuó en el período comprendido entre los meses de febrero a mayo de 1992.

Cada período experimental tuvo una duración de 21 días, de los cuales los primeros 14 fueron de adaptación a la dieta, y en los últimos siete se midió las variables bajo estudio (período de evaluación).

Las vacas pastorearon en potreros cuya composición botánica incluyó principalmente pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*), pasto Ruzzi (*Brachiaria ruziziensis*), y especies del complejo de pastos naturales (*Paspalum conjugatum* y *Axonopus compressus*). La carga animal fué de 2.5 UA/ha. durante todo el periodo experimental. El manejo del pastoreo fué rotacional con 3 días de ocupación y 24 días de descanso. Todas las vacas del experimento pastaron juntas y tuvieron suministro constante de agua y sal mineralizada. Asimismo se les suministró aproximadamente 0.300 Kg/día de melaza distribuida al momento de los dos

ordeños por razones de manejo. Las vacas fueron desparasitadas un día antes del experimento.

El suplemento proteico consistió en una mezcla de hojas, peciolas y tallos tiernos de poró ( 0.5 kg MS/100 kg PV), proveniente de la finca del CATIE . La edad promedio del follaje de poró al momento de la suplementación fué de 4 a 6 meses.

Los tratamientos evaluados fueron cuatro fuentes energéticas : a) pulidura de arroz; b) sorgo (grano); c) banano verde de desecho y d) melaza. El nivel de suplementación energética para los cuatro tratamientos fué equivalente a 0.72 Mcal ED/100 kg PV .

La suplementación de las diferentes fuentes energéticas se llevo a cabo después del primer ordeño. El banano verde se dio picado en pedazos de aproximadamente 5 cm. El grano de sorgo fué molido a 3.0 mm de grosor.

Después del primer ordeño llevado a cabo en la mañana, los animales fueron confinados 3 horas para suministrarles la totalidad del poró y los suplementos energéticos correspondientes a cada tratamiento. Posteriormente, los animales fueron trasladados al potrero donde pastaron un promedio de 6 horas, volviéndose a ordeñar por la tarde y reincorporándose a los potreros al término del segundo ordeño. En promedio los animales tuvieron 18 hrs/día de permanencia en los potreros.

### 3.3.2. Variables de respuesta.

#### 3.3.2.1. Producción de leche.

Cada periodo experimental tuvo una duración de 21 días. Durante los últimos 7 días se midió la producción diaria de leche en los dos ordeños.

#### 3.3.2.2 Composición química de la leche.

Durante los siete días de evaluación de cada período experimental, se tomaron muestras compuestas de 100 ml de leche por vaca en proporción a la producción de leche en los dos ordeños. Las muestras fueron preservadas con dicromato de potasio al 0.05 % y refrigeradas a 5°C. Posteriormente se determinará el porcentaje de grasa por el método de Babcock (Bateman, 1970), proteína por el método de titulación con formol (Bateman, 1970) y sólidos totales por el método gravimétrico (Leslie, 1982).

#### 3.3.2.3. Consumo

La cantidad de pasto consumido por cada animal se estimó durante cada periodo de medición mediante la técnica de marcadores externos utilizando óxido crómico, según la técnica descrita por Iturbide (1967). El consumo de poró y de los suplementos energéticos se calculó pesando el material ofrecido y rechazado.

Las muestras recolectadas de pasto, poró, banano, sorgo, pulidura y melaza se analizaron para determinar materia seca (MS) a 65 °C , proteína cruda (PC) por el método de microkjeldahl (Bateman, 1970), y la digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) por el método de Tilley y Terry modificado por Kass y Rodríguez (1989). De esta manera se calcularon los consumos de materia seca, proteína y energía para cada animal en el experimento.

#### 3.3.2.4. Disponibilidad y composición botánica de la pastura.

Durante el período en que se midió la producción de leche, se realizaron muestreos antes y después de iniciado el pastoreo en cada potrero, para determinar la disponibilidad de forraje según el método de rendimiento comparativo (Haydock y Shaw, 1975). La composición botánica de la pastura se midió utilizando la técnica del rango de peso seco (t`Mannetje y Haydock, 1963).

#### 3.3.2.5. Peso de los animales.

Al inicio de cada periodo (cada 21 días), se pesaron los animales con el objetivo de ajustar las cantidades de suplemento a suministrar. El pesaje se realizó después del ordeño en la mañana, para posteriormente asignar las dietas correspondientes a cada animal.

### 3.3.3. Diseño Experimental.

Se utilizó un diseño de sobrecambio en cuadrado latino repetido sin periodo extra (Lucas, 1983), con tres cuadrados 4 x 4 en los cuales las vacas fueron las columnas y los períodos las hileras. Cada animal dentro de cada cuadrado fué sometido a todos los tratamientos de acuerdo al esquema siguiente :

CUADRADO	1				2				3			
VACA	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
PERIODO												
I	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
II	2	1	4	3	3	4	1	2	4	3	2	1
III	3	4	1	2	4	3	2	1	2	1	4	3
IV	4	3	2	1	2	1	4	3	3	4	1	2

Los números dentro de los cuadrados corresponden a los tratamientos evaluados.

Las variables de respuesta fueron sometidas a un análisis de varianza, de acuerdo al siguiente modelo :

$$Y_{ijklmn} = u + C_i + GR_j + V(C*Gr)_{ijk} + P(C)_{il} + T_m + (C*T)_{im} + (T*GR)_{jm} + E_{ijklmn}$$

donde :

$Y_{ijklmn}$  = Cualquier observación en la  $ijklmn$ -ésima unidad experimental.

u	=	Media general del experimento.
Ci	=	Efecto asociado al i-ésimo cuadrado (i=1,2,3)
GRj	=	Efecto asociado al 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(C)il	=	Efecto del l-ésimo periodo anidado en el i-ésimo cuadrado.
Tm	=	Efecto del m-ésimo tratamiento.
(C*T)im	=	Interacción cuadrado por tratamiento.
(T*GR)jm	=	Interacción por grupo racial.
Eijklmn	=	Error experimental asociado con cada observación.

#### 3.3.4. Análisis Económico.

Con el propósito de determinar la viabilidad económica de los tratamientos, se realizó un estudio económico comparativo utilizando la metodología de presupuestos parciales y de retorno marginal (CIMMYT, 1988),

#### 3.4. Caracterización de los parámetros de fermentación ruminal.

##### 3.4.1 Manejo de los animales.

Para la determinación de los parámetros de fermentación ruminal de los alimentos a ser evaluados con los diversos tratamientos, se llevó a cabo un ensayo en el que se utilizó cuatro machos de la raza Romosinuano fistulados en el rumen, de 5 años y peso aproximado de 450 Kg. Los animales se mantuvieron en pastoreo y solamente se confinaron 3 horas en la mañana con el objetivo de suministrar los mismos tratamientos del ensayo con vacas lecheras.



### 3.4.2. Variables de respuesta.

Durante cada periodo de evaluación de siete días se determinaron las siguientes variables

#### 3.4.2.1. Degradabilidad in situ de la materia seca.

Se utilizó el método de la bolsa de nylon propuesto por Orskov (1980). Se incubaron muestras del poró y muestras de los forrajes existentes en los potreros. Los tiempos de incubación en el rumen fueron 0, 3, 6, 12, 24, 48, y 72 horas.

#### 3.4.2.2. Tasa de pasaje de la dieta.

Para evaluar ésta variable se marcó con óxido crómico la fibra de cada dieta experimental. A cada animal fistulado se le introdujo 100 g. de fibra mordante y posteriormente se tomaron muestreos de heces a las 0, 6, 12, 18, 24, 30, 36, 48, 72, 96, 120 h para determinar la cantidad de marcador excretada. La metodología utilizada fué la citada por Kass y Rodríguez (1989).

#### 3.4.2.3. pH, Acidos grasos volátiles y amonio en el licor ruminal.

En el último día de cada periodo experimental se tomaron dos muestras de licor ruminal (100 ml/cada una)

directas del rumen, a las 0, 3, 6, y 12 horas después de suministrados los tratamientos, en las cuales se determinó el pH, concentración total y proporción molar de los ácidos grasos volátiles y concentración de nitrógeno amoniacal.

La determinación de pH ruminal se realizó inmediatamente después de colectada la muestra, y se hizo por lectura directa por medio de un potenciómetro.

Para la determinación de los AGV, la muestra correspondiente fué preservada con cinco gotas de tolueno para inhibir la fermentación. A la muestra para nitrógeno amoniacal se le añadió cinco gotas de cloruro de mercurio ( $\text{HgCl}_2$ ). Posteriormente todas las muestras fueron congeladas hasta efectuarse los análisis respectivos.

### 3.4.3. Diseño Experimental

Se utilizó un diseño de cuadrado latino 4 x 4 en el cual los novillos representaron las columnas y los períodos las hileras. Cada periodo experimental tuvo una duración de 14 días, de los cuales los 7 primeros fueron de adaptación y los 7 restantes fueron de evaluación. Cada animal fué sometido a todos los tratamientos de acuerdo con el siguiente esquema :

TORO	A	B	C	D
PERIODO				
I	1	2	3	4
II	2	1	4	3
III	3	4	1	2
IV	4	3	2	1

Los números dentro de los cuadrados corresponden a los tratamientos evaluados.

Las variables de respuesta : degradación inicial, potencial y real, tasa de degradación del poró y el pasto, concentración de AGV totales, proporciones molares de los ácidos acético, propiónico y butírico, tasa de pasaje en el rumen-retículo y en el tracto posterior, y tiempo de tránsito en los alimentos, fueron sometidas a un análisis de varianza de acuerdo con el siguiente modelo :

---


$$Y_{ijk} = u + P_i + N_j + T_k + E_{ijk}$$


---

$Y_{ijk}$  = Variable de repuesta asociada a la  $ijk$ -ésima  
unidad experimental.

$u$  = Efecto de la media general.

$P_i$  = Efecto del  $i$  -ésimo periodo.

$N_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo toro.

$T_k$  = Efecto del  $k$ -ésimo tratamiento.

$E_{ijk}$  = Error experimental.

Para el análisis de las variables AGV, nitrógeno amoniacal y pH, el modelo estadístico utilizado fué modificado, utilizando un diseño de cuadrado latino en un arreglo de parcelas divididas, en donde se consideró como parcela la combinación periodo, toro y tratamiento, y la

subparcela fué el tiempo de muestreo. El modelo se describe como sigue :

$$\begin{aligned}
 & \text{-----} \\
 Y_{ijk} &= u + P_i + N_j + T_k + E(a) + H_l + (P*H)_{il} \\
 & \quad + (N*H)_{jl} + (T*H)_{kl} + E(b) \\
 & \text{-----}
 \end{aligned}$$

$Y_{ijk}$  = Variable de respuesta asociada a la  $ijk$ -ésima unidad experimental.

- $u$  = Efecto de la media general.
- $P_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo periodo.
- $N_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo toro.
- $T_k$  = Efecto del  $k$ -ésimo tratamiento.
- $E(a)$  = Error asociado a la parcela grande.
- $H_l$  = Efecto de la  $l$ -ésima hora de muestreo.
- $(P*H)_{il}$  = Efecto de la interacción hora de muestreo.
- $(N*H)_{jl}$  = Efecto de la interacción novillo-hora.
- $(T*H)_{kl}$  = Efecto de la interacción tratamiento\*hora.
- $E(b)$  = Error asociado a la sub-parcela.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1 Caracterización nutritiva de los componentes de la dieta.

#### 4.1.1 Composición química y digestibilidad in vitro.

En el Cuadro 2 se presentan la composición química y digestibilidad in vitro de los alimentos utilizados durante el experimento.

Cuadro 2. Composición química y digestibilidad in vitro de los alimentos utilizados durante el experimento.

	Materia Seca %	Proteína Cruda %	DIVMS <sup>1</sup> %	ED <sup>2</sup> Mcal/Kg MS
-----				
Alimento				
Sorgo	92.0	7.3	98.0	4.32
Pulidura	92.0	12.0	63.8	2.86
Banano	20.7	4.0	95.0	4.10
Poró ofrecido	23.2	30.0	52.0	2.29
Poró rechazado	19.2	26.6	51.6	2.27
Pasto ruzzi	17.9	8.1	52.2	2.31
Pasto estrella	19.5	8.5	50.2	2.21
Pasto natural	17.3	7.8	50.6	2.23
Pasto ofrecido (*)	18.2	9.0	48.8	2.15
Pasto rechazado(*)	16.3	8.4	48.4	2.13
Melaza (3)	75.0	3.0	----	3.37
-----				

1 DIVMS digestibilidad in vitro de la materia seca.

2 ED energía digestible calculada a partir de

$$ED = (\% \text{ NDT}) / 100 * 4.409$$

donde NDT  $\approx$  DIVMS

3 NRC (1989).

(\*) comprende una mezcla de los pastos estrella, ruzzi y natural.

Los recursos forrajeros de los trópico (principalmente pastos nativos) se caracterizan por presentar un nivel alto de constituyentes de la pared celular, alto grado de lignificación y bajo contenido de la fracción nitrogenada (Minson, 1981). Esta situación origina que la digestibilidad de éstos recursos tropicales, sea inferior a la de los pastos de regiones templadas (Van Soest, 1982).

Con relación a la calidad de la pastura en el presente experimento, los valores encontrados para PC y MS se encuentran entre los rangos reportados para la literatura (Vaccaro, 1989). Los valores para DIVMS del pasto fueron inferiores a lo reportado por Tobón, (1988) y Corado (1990). Factores como altas temperaturas y poca precipitación durante el ensayo, propiciaron que la calidad nutritiva de la pastura demeritara (Cuadro 1A). Sin embargo, ésta condicionante pone de manifiesto la importancia de buscar alternativas de suplementación animal para sistemas de producción de leche con fuertes problemas de insumos y estacionalidad.

En cuanto al poró utilizado durante el experimento, éste tenía al momento de corte una edad de 4 a 6 meses de edad. Los valores de MS, PC Y DIVMS son muy parecidos a los encontrados por Espinoza (1984), Medina (1988), Corado (1992) y CATIE (1991).

La composición química de la pulidura de arroz utilizada , fué similar para PC y MS a lo encontrado por Camero (1991) y Corado (1991). Sin embargo, los valores

hallados para DIVMS estuvieron por abajo de lo encontrado por éstos autores.

Para el sorgo (grano), los contenidos de MS , PC y DIVMS fueron de 92 , 7.3 y 98 % respectivamente; Asimismo, el banano estuvo en similitud con los valores presentados por los trabajos de McDowell et al (1974) y San Martín (1980).

#### 4.1.2. Degradabilidad in situ de la materia seca.

De importancia en la nutrición de rumiantes, es evaluar la degradabilidad ruminal de los alimentos, con miras a conocer y mejorar los procesos fermentativos en el rumen.

La degradabilidad de los alimentos representa la cantidad de materia seca que puede degradarse en el compartimento ruminal por acción de los microorganismos (Orskov et al, 1980 ).

En el Cuadro 3 se presentan los análisis de varianza para los parámetros de degradabilidad inicial (A), degradabilidad potencial (DP), tasa de degradación (c), tiempo medio de degradación (t/2) y degradabilidad real de la materia seca del poró y pasto utilizados en el experimento con vacas lecheras.

Cuadro 3. Análisis de varianza de degradabilidad ruminal de la materia seca del poró y del pasto utilizados en el ensayo de vacas lecheras.

Niveles de significancia (Pr > F)					
Efectos	Variables				
	A	DP	c	T 1/2	DR
PORO					
Periodo	0.2252	0.0571	0.9751	0.3556	0.0829
Animal	0.8815	0.8257	0.5097	0.2272	0.7852
Trat.	0.7835	0.6730	0.9020	0.4810	0.7556
PASTO					
Periodo	0.1243	0.1844	0.4994	0.4726	0.1693
Animal	0.2955	0.5208	0.8995	0.6987	0.4616
Trat.	0.4430	0.9710	0.3608	0.3563	0.9673

A = Degradabilidad inicial.

DP = Degradabilidad potencial.

c = Tasa de degradación.

T1/2 = Degradabilidad real.

Como se puede observar en el Cuadro 3 y 4, las diferentes fuentes energéticas suplementadas no afectaron significativamente ( $P < 0.05$ ) los parámetros de degradación ruminal de la dieta básica (Figuras 1 y 2). Alagón (1990), reporta valores de degradabilidad del follaje de poró de 34.7, 59.5, y 6.5 hrs. para degradabilidad inicial, degradabilidad potencial y para tiempo medio de degradación respectivamente, los cuales están por arriba de lo encontrado en éste trabajo. Esta situación pudo deberse a que el material utilizado en éste trabajo, se caracterizó por tener una edad de rebrote de hasta 6 meses, superior al utilizado por el autor mencionado anteriormente. Sin embargo, las estimaciones de degradabilidad llevadas a cabo



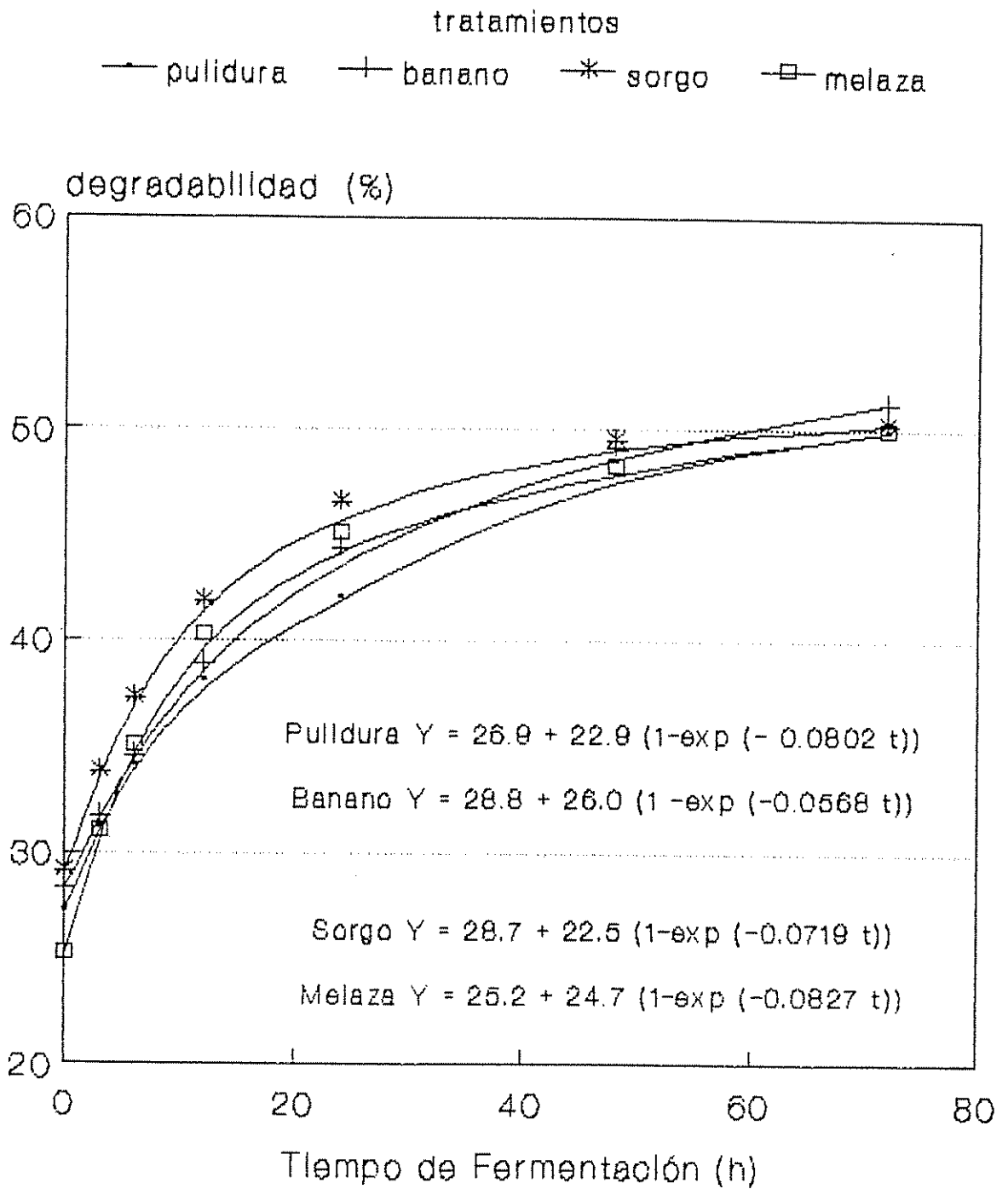


Figura 1 Degradabilidad de la MS del poró.

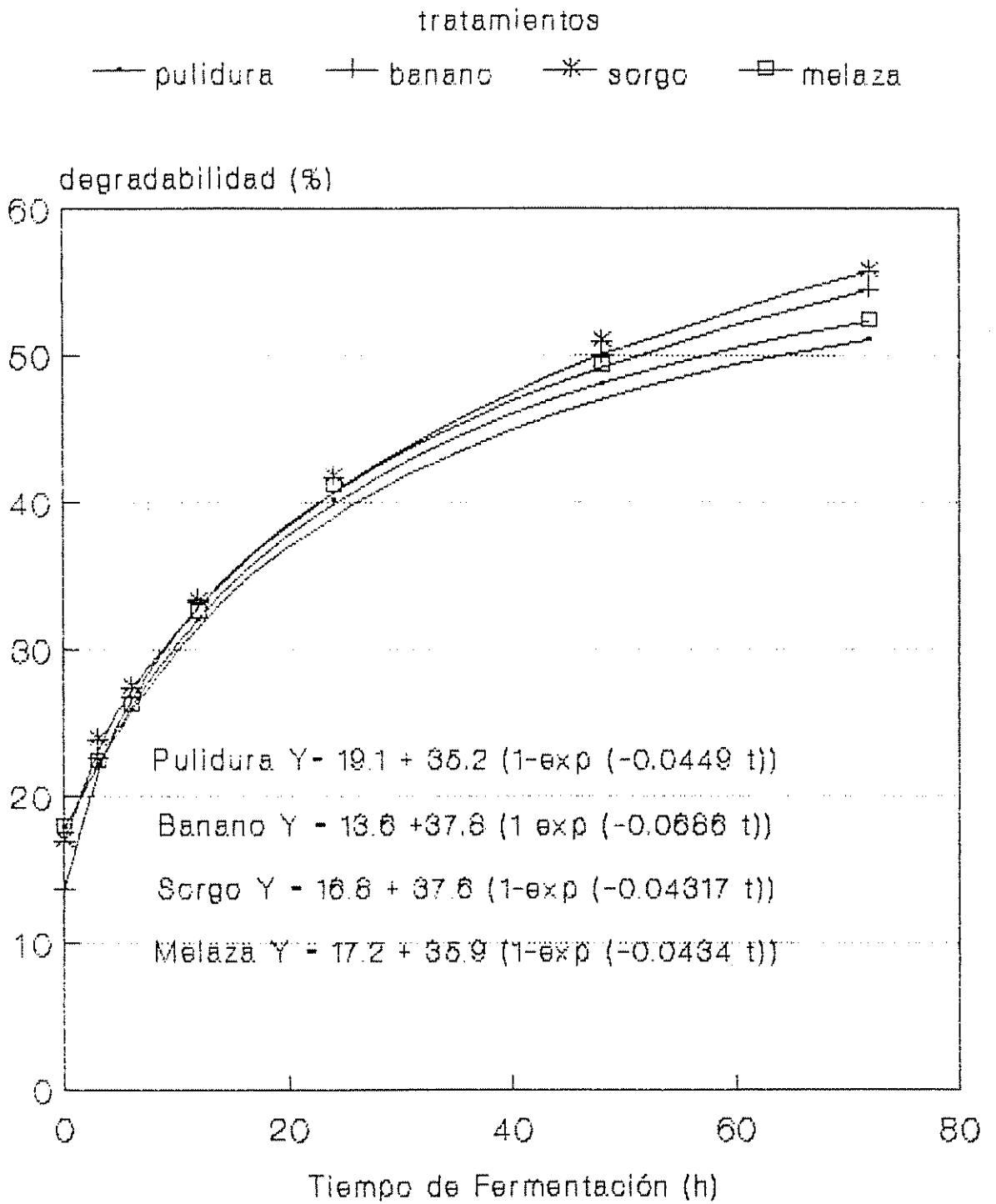


Figura 2 Degradabilidad de la MS del pasto.

por Corado (1991) concuerdan con los valores encontrados en el presente trabajo .

El Cuadro 5 y Figura 3 nos muestra los parámetros de degradabilidad de las fuentes energéticas utilizadas en este experimento. Como era de esperarse, los valores encontrados para degradabilidad inicial, degradabilidad potencial y tasa de degradación difieren entre si claramente, debido a las características específicas de cada alimento.

Cuadro 4. Parámetros de degradabilidad ruminal de la materia seca del poró y del pasto utilizados en el ensayo de vacas lecheras.

-----					
Parametros **					
tratamientos	A %	DP %	C h	T/2 h	DR hrs.
-----					
PORO					
PULIDURA	27.0a	49.9a	0.080a	8.6a	41.1a
BANANO	28.8a	54.9a	0.057a	12.2a	42.7a
SORGO	28.7a	51.3a	0.072a	9.6a	42.0a
MELAZA	25.2a	50.0a	0.083a	8.4a	40.7a
PASTO					
PULIDURA	19.1a	54.3a	0.045a	15.4a	35.6a
BANANO	13.6a	51.7a	0.068a	10.1a	35.5a
SORGO	15.8a	53.5a	0.043a	16.0a	33.3a
MELAZA	17.2a	53.0a	0.043a	15.9a	33.9a
-----					

\* Medias con igual letra, no difieren al nivel de  $P < 0.05$ . (Prueba de Duncan).

\*\* Según el modelo de Orskov et al (1979)

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

Parra et al (1984), en un estudio sobre la degradabilidad de diversas materias primas tropicales, reporta que la degradación de la materia seca del sorgo en grano y molido, fué de 13.3 y 73 % y un tiempo medio de degradación de 139 y 15 horas respectivamente, lo que

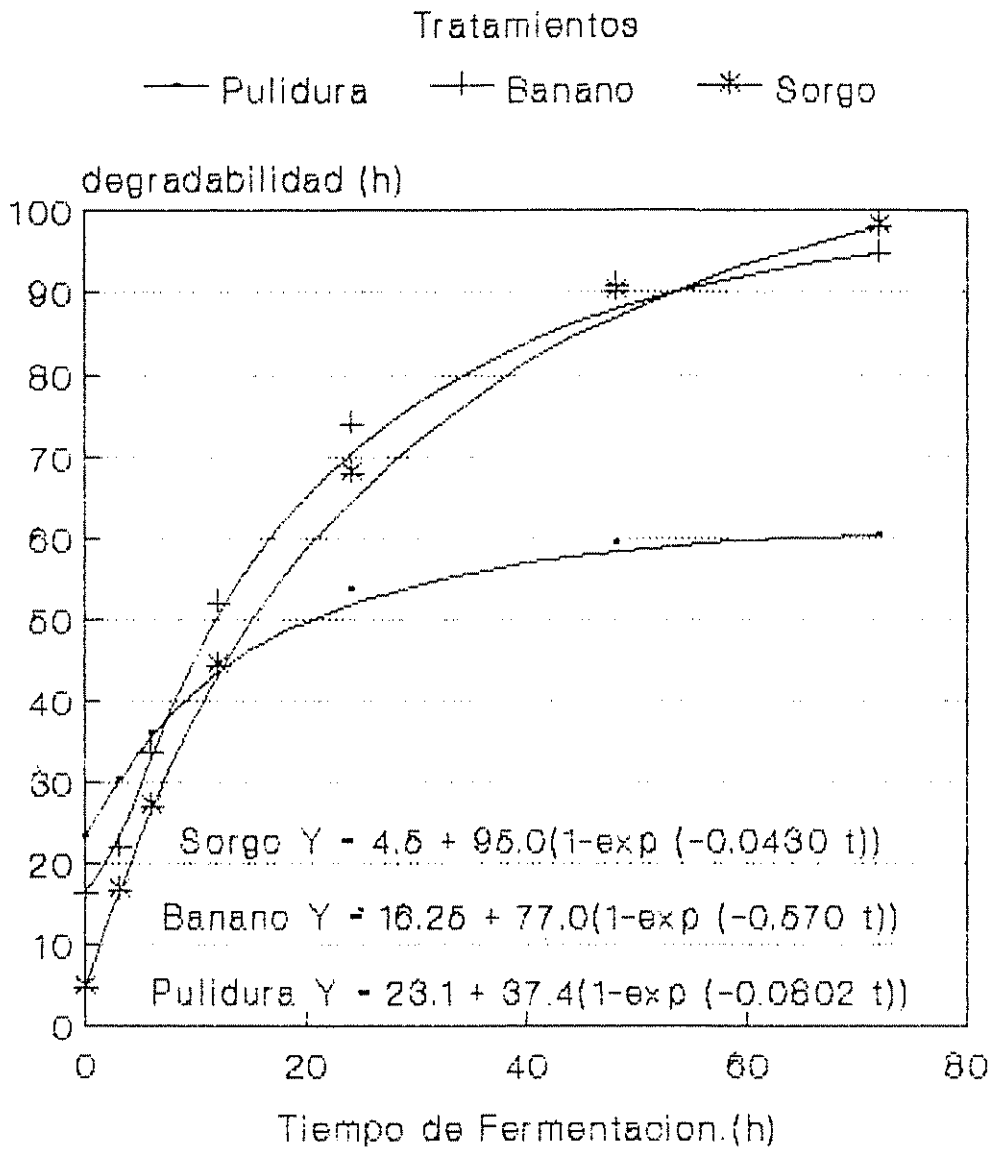


Figura 3 Degradabilidad de la materia seca de los suplementos energéticos.

coincide con los resultados obtenidos aquí. Sin embargo, las diferencias observadas en cuanto a la degradabilidad potencial, se deben seguramente al tipo de molienda realizado al grano. Noceck y Tamminga (1991) y Kempton (1980), hacen mención que la degradabilidad de la materia seca de los granos, se incrementa progresivamente a medida que se reduce el tamaño de las partículas por degradar.

Los valores de degradación de la materia seca de la pulidura encontrados en la presente investigación (Figura 3), estuvieron por abajo de los reportados por Corado (1991), los cuales fueron de 29.6, 85.05, 72.5 y 0.1337 horas para degradabilidad inicial, potencial, real y tasa de degradación.

Con respecto a los parámetros de degradación del banano. éstos fueron de 16.25 % para el parametro A, 93.26 para la degradabilidad potencial, y un tiempo medio de degradación de 12.16 horas.

Cuadro 5. Parametros de degradabilidad de la Materia Seca de las fuentes energéticas.

	Parametros			
	A %	DP %	c h-1	T/2 hrs.
-----				
Alimentos				
Pulidura	23.18	60.64	0.0686	10.10
Banano	16.25	93.26	0.0570	12.16
Sorgo	4.50	99.50	0.0430	16.11
-----				

A = degradabilidad inicial.

c = tasa de degradación.

T/2 = Tiempo medio de degradación.

DP = degradación potencial.

#### 4.1.3. Tasa de pasaje.

Desde un punto de vista nutricional, la tasa de pasaje y el tiempo de tránsito, son factores que determinan la eficiencia de utilización de los alimentos (Kotb y Luckey, 1972; Van Soest, 1982).

En el Cuadro 6 se muestra el efecto de los diferentes suplementos energéticos sobre la tasa de pasaje en el rumen-retículo, tracto posterior, tiempo de retención en el rumen, tiempo de retención en el tracto posterior y tiempo de tránsito. Para éstas variables no se detectaron diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0.05$ ) entre los tratamientos .

Se ha observado que el uso de suplementos energéticos en animales cuya dieta se basa en forrajes, causa reducción en la velocidad de digestión del forraje y consecuentemente,

un incremento en el tiempo de retención del forraje en el rumen (Campling, et al 1961 ; Campling, 1966).

Corado (1991), observó un efecto lineal positivo del nivel de pulidura de arroz sobre la tasa de pasaje, con valores promedios de 3.5, 6.3 y 5.0 horas, para tasa de pasaje en el retículo-rumen, tracto posterior y tiempo de tránsito respectivamente, los cuales son similares a los observados en el presente trabajo.

Cuadro 6. Efecto de los suplementos energéticos sobre la tasa de pasaje de la dieta.

Niveles de significancia (Pr > F)					
Efectos	Variables				
	Tasa R-R	Tasa T-P	Tiempo R-R	Tiempo T-P	Tiempo Tránsito
Periodo	0.220	0.020	0.307	0.014	0.267
Trata.	0.571	0.569	0.487	0.585	0.462
Animal	0.298	0.562	0.378	0.462	0.859
C V %	22.05	29.6	25.2	14.01	15.36
	Efectos				
	Tasa R-R %	Tasa T-P %	Tiempo R-R hrs	Tiempo T-P hrs	Tiempo Tránsito hrs
Tratamientos					
Pulidura	2.6a	6.0a	38.7a	16.6a	5.5a
Banano	2.7a	5.9a	37.0a	16.8a	6.5a
Sorgo	2.9a	5.1a	35.0a	19.3a	5.7a
Melaza	2.9a	6.5a	33.9a	15.5a	5.1a

\* Medias con igual letra, no difieren al nivel de  $P < 0.05$ .  
(Prueba de Duncan).

R-R = rumen-reticulo.

T-P = tracto posterior.

#### 4.1.4. Acidos grasos volátiles (AGV).

La adición de las fuentes energéticas a la dieta base de poró y pasto, no afectó la concentración total de los ácidos grasos volátiles presentes en el licor ruminal, como se puede observar en el Cuadro 7 y Figura 4.

Sin embargo, hay una tendencia de la suplementación con melaza a ocasionar una concentración menor de AGV, debido a una disminución en la concentración de ácido acético y butírico.

Cuadro 7. Resumen de los análisis de varianza para concentración de AGV.

-----				
Niveles de significancia (Pr > F)				
-----				
Efectos	Variables			
-----				
	Acido acético	Acido propionico	Acido butírico	AGV TOTALES
Periodo	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002
Animal	0.3058	0.0064	0.0018	0.0001
Tratamiento	0.2930	0.0699	0.0020	0.1225
P*A*T	0.4217	0.0815	0.8181	0.4340
Tiempo	0.1045	0.0001	0.0001	0.0208
A*T	0.9210	0.3612	0.0134	0.7641
P*T	0.2858	0.1029	0.0043	0.1776
T*T	0.6502	0.6382	0.7262	0.7367
C V %	16.6	15.08	12.48	15.12
-----				

Se puede apreciar que la concentración de los AGV totales tuvo una tendencia a aumentar después de ofrecidos los tratamientos, alcanzando un máximo a las 3 horas después de la suplementación. Los tratamientos con pulidura y sorgo



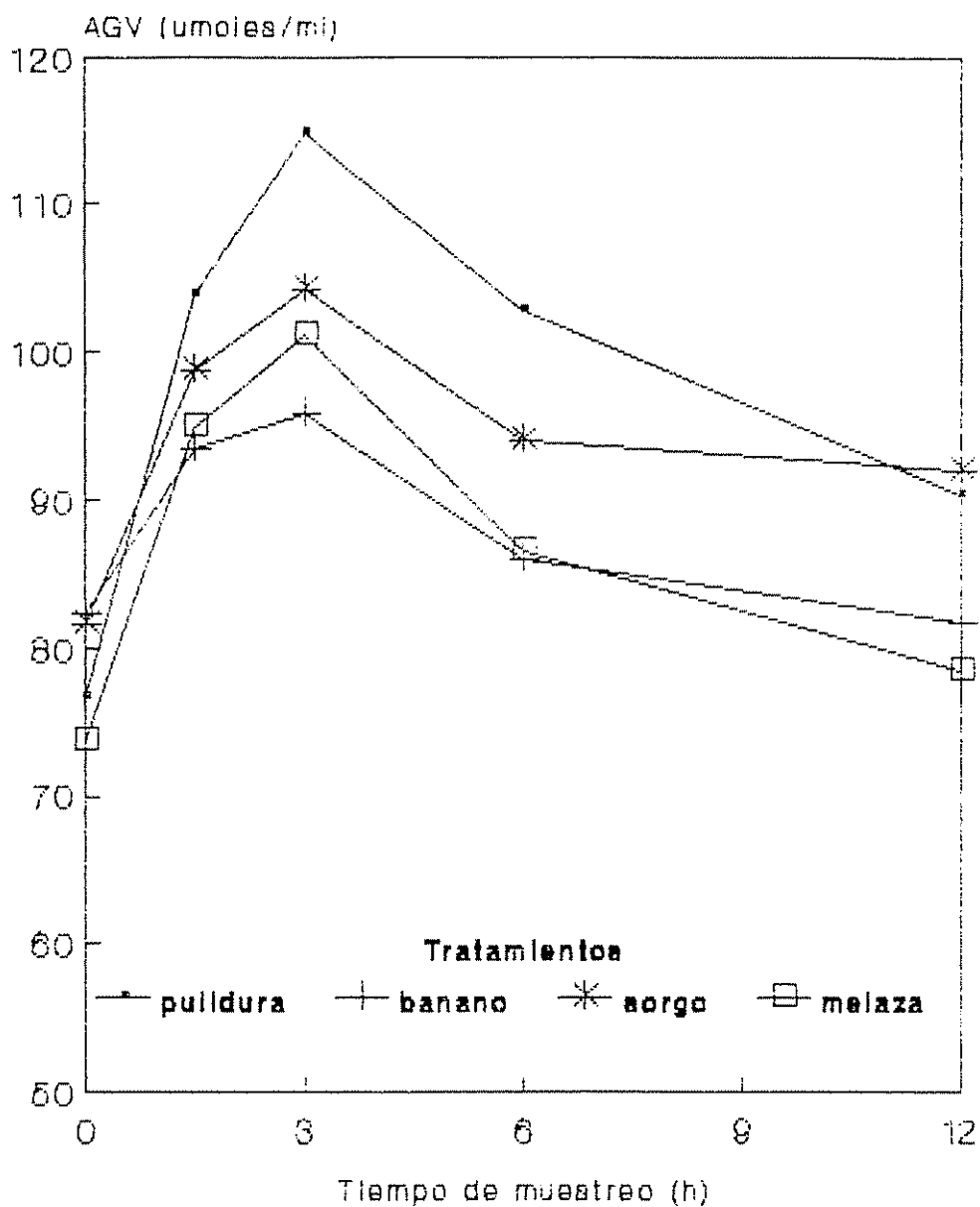


Figura 4. Cambios en la concentración total de AGV en función del tiempo post-suplementación energética

fueron los que más rápido alcanzaron el máximo de concentración, manteniendo una disminución mas lenta en el tiempo. Las suplementaciones con banano y melaza dejaron ver una disminución más drástica en la concentración de AGV totales (Figura 5).

La tendencia observada concuerda con los trabajo de Ferreiro et al (1977), y Nocek y colaboradores (1991), quienes indican que los niveles de AGV aumentan después de la suplementación, para ir disminuyendo conforme avanza el día. Este proceso está directamente relacionado con el comportamiento del pH ruminal, el cual está asociado al tipo y calidad de la dieta (Van Soest, 1982).

#### 4.1.5. Nitrógeno amoniacal y pH.

La concentración de nitrógeno amoniacal en el licor ruminal no presentó diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ ) entre los tratamientos ( Cuadro 8 ). Por otro lado, el efecto del tiempo de muestreo fué altamente significativo ( $P < 0.0001$ ) para ambas variables.

En la Figura 6, se observa la variación de la concentración de amonio ruminal en los diferentes tiempos de muestreo, en donde los valores máximos se alcanzan a las 3.0 h después de ofrecido el suplemento para todos los tratamientos . Sin embargo los valores más altos a las tres horas postsuplementación, correspondieron a la pulidura , la melaza y el banano. La dinámica de la concentración de amonio por efecto del sorgo, fué mas lenta a las 3 horas,

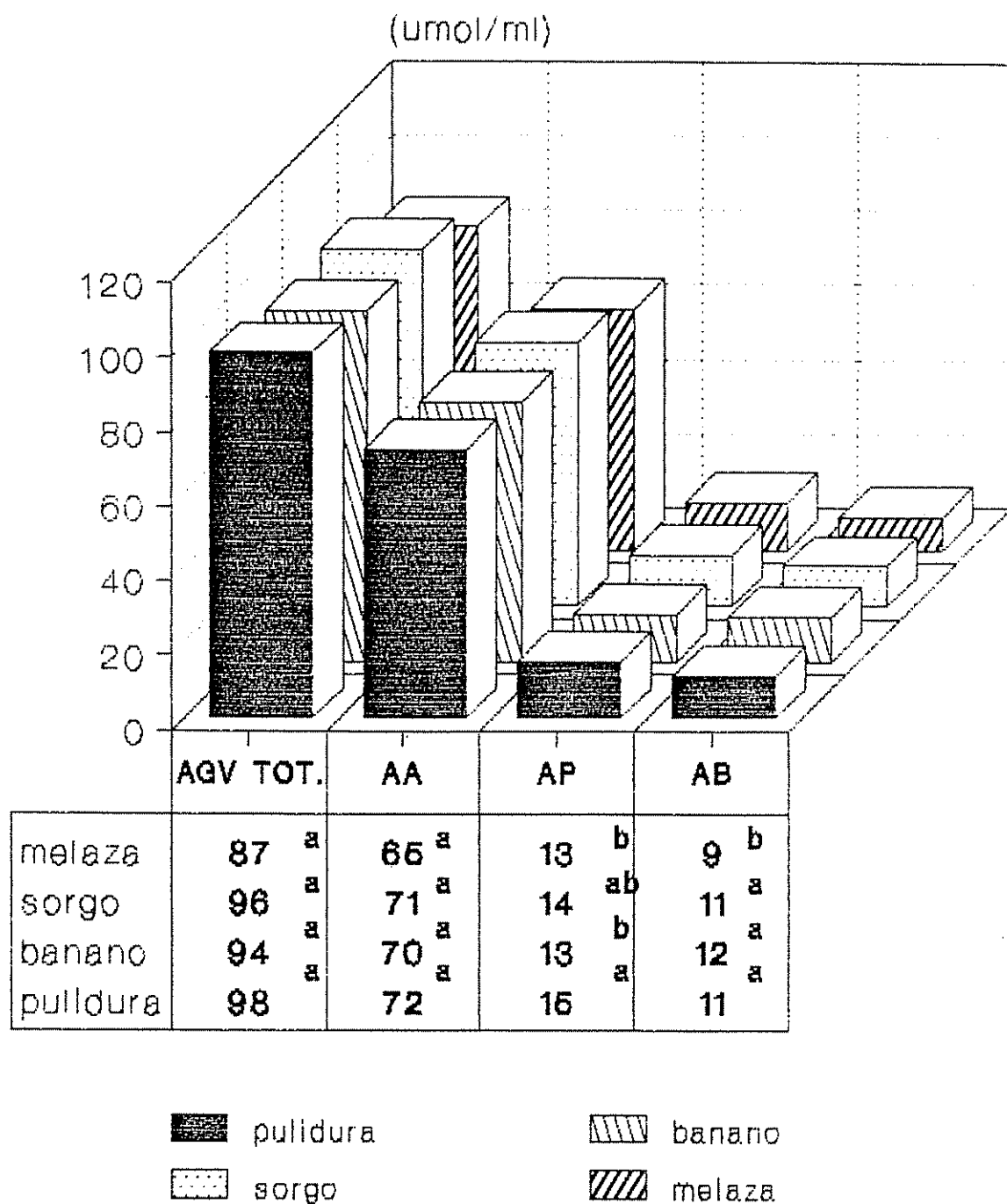


Figura 5. Efecto de los tratamientos sobre la concentración molar de los AGV.

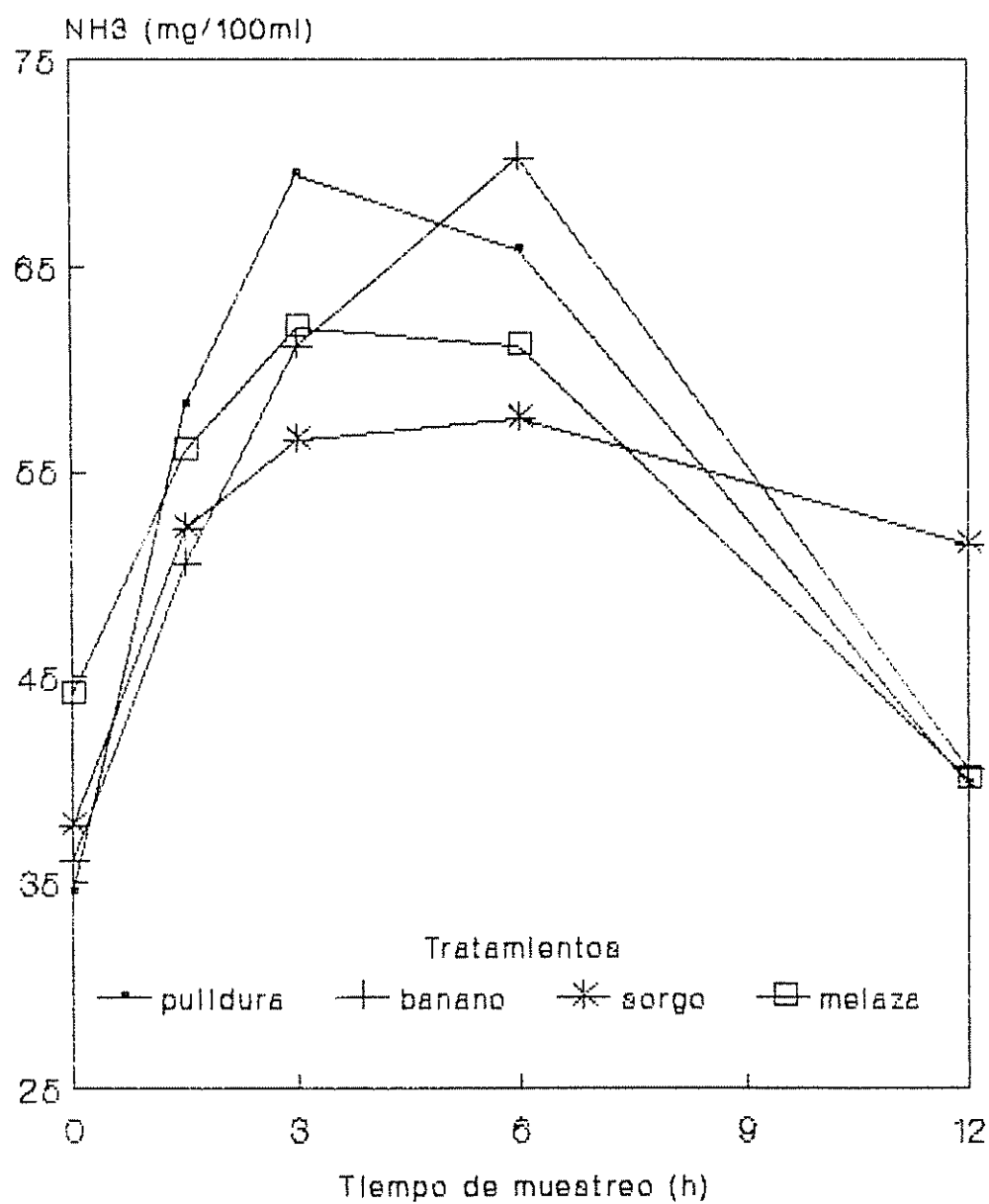


Figura 6 Cambios en la concentración de N amoniacal en función del tiempo post-suplementación energética

pero fué menos drástica la disminución en muestreos posteriores.

Cuadro 8. Concentración de nitrógeno amoniacal y pH en el licor ruminal y respectivos análisis de varianaza.

	Tratamientos			
	Pulidura	Banano	Sorgo	Melaza
N-NH <sub>3</sub> (mg/100ml)	53.4	51.7	51.6	52.8
pH	6.6	6.7	6.6	6.5
-----				
niveles de significancia (P > F)				
	Variables			
	N-NH <sub>3</sub>	pH		
-----				
Efectos				
Periodo	0.2661			0.0001
Animal	0.0519			0.1781
Tratamiento	0.8367			0.3471
P*A*T	0.9900			0.1952
Tiempo	0.0001			0.0075
A*T	0.7217			0.6861
P*T	0.8555			0.7905
T*T	0.8555			0.7905
C V %	16.78			2.12
-----				

Varios autores (Bondi, 1988; Preston, 1989; Church, 1974) mencionan que el nitrógeno amoniacal se encuentra en el rumen en concentraciones que oscilan entre 2 y 50 mg/100 ml de licor ruminal, dependiendo de la ración y el tiempo transcurrido desde la ingestión. Normalmente la concentración máxima se alcanza 2 horas después de la ingestión de los alimentos que aportan proteína. Cuando el amonio producido en el rumen está por encima de la capacidad de los microorganismos para asimilarlo, éste se absorbe por

sangre, es transportado al hígado y convertido en uréa, la cual se excreta a través del riñón con la orina y otra parte es reciclada via saliva al rumen.

Alvarez citado por Preston (1989), menciona que en las dietas en donde predominan los forrajes toscos y se suplementan con carbohidratos altamente solubles, las concentraciones críticas de amonio a nivel ruminal deben ser más altas que cuando sólo se suplementa con alimentos ricos en proteína.

#### 4.1.6. pH

La variación existente en función de los tiempos muestreados, reflejó que el pH más alto para cada tratamiento fué antes de ofrecer las fuentes energéticas. Luego los valores de pH decrecieron para alcanzar los minimos a las 1.5 h, y nuevamente se elevaron alcanzando a las 12 horas niveles de pH equivalentes al inicio de la suplementación. A pesar de no existir diferencia estadísticas ( $P < 0.05$ ), la disminución más baja de pH se observó con los tratamientos de sorgo y melaza (Figura 7). El efecto de el tiempo de muestreo y los periodos, fueron altamente significativos (Cuadro 8). Esta tendencia fué similar a la encontrada por Corado (1991) en vacas en pastoreo alimentadas con poró y diferentes niveles de pulidura de arroz.

El comportamiento del pH ruminal por efecto de los tratamientos, mostró un comportamiento acorde a lo expuesto por varios autores ( Van Soest, 1982; Preston, 1989; Church,

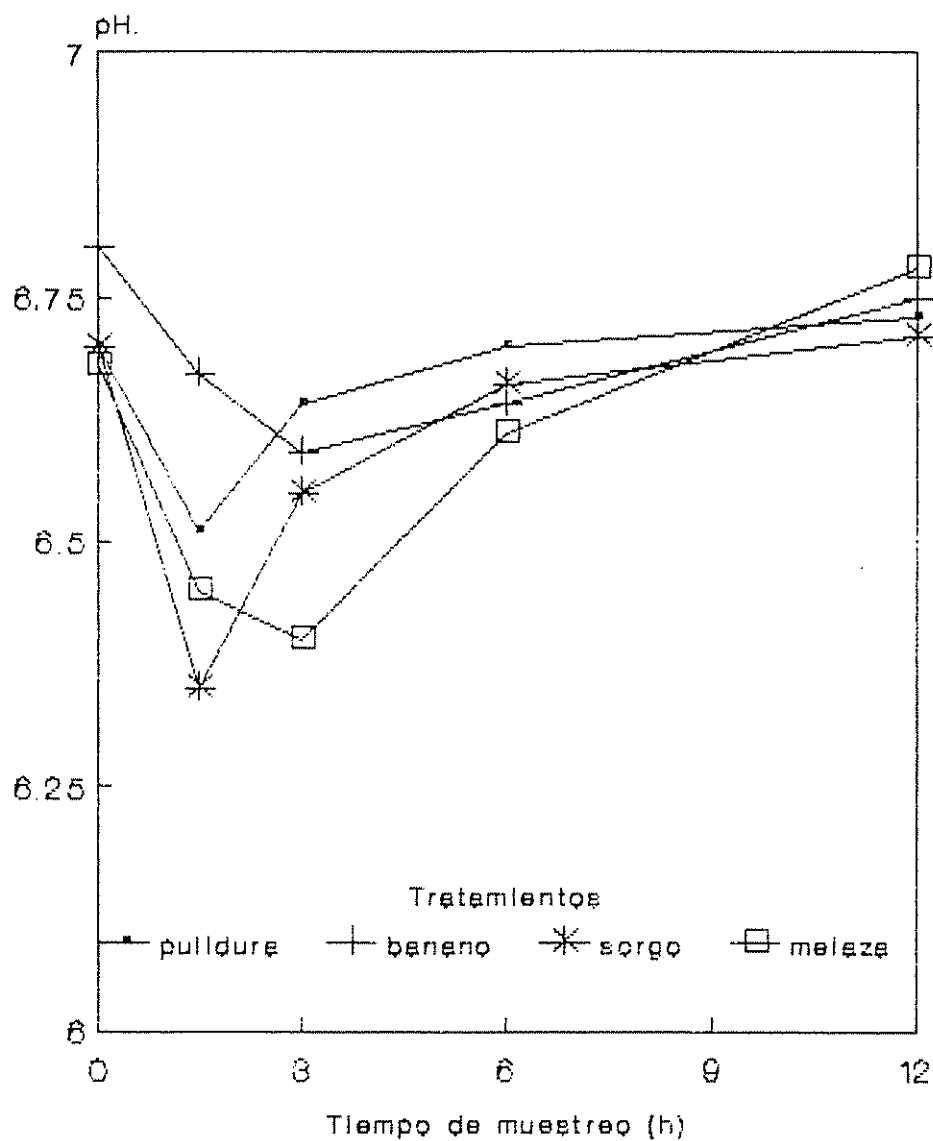


Figura 7 Cambios del pH en el licoor ruminal en función del tiempo post-suplementación energética

1984), quienes demuestran que la dinámica del pH ruminal después de ingeridos los alimentos tiende a disminuir y en cierto tiempo vuelve a aumentar. Asimismo, se constató la relación inversa que existe entre la concentración de AGV y el comportamiento del pH.

#### 4.2. Disponibilidad del pasto.

La disponibilidad promedio y composición botánica de la pastura se muestra en el Cuadro 9 .

Cuadro 9. Disponibilidad y composición botánica de la pastura.

Disponibilidad inicial ( kg MS/ha)		3256
Disponibilidad final ( kg MS/ha)		2238
Oferta de pasto (kg MS/vaca/día)		30.14
Composición botánica :	Inicio (%)	Final (%)
Estrella (Cynodon nlemfuensis)	11	17
Ruzi (Brachiaria ruziziensis)	32	28
Otras gramíneas *	45	42
Malezas	12	13

\* Principalmente Axonopus compressus, Paspalum conjugatum

La composición botánica de la pastura al inicio y final del experimento fue la siguiente : pasto Estrella 11-17 % ; pasto Ruzzi (Brachiaria ruziziensis) 32-28.0 ; pastos naturales (Axonopus compresus y Paspalum conjugatum ) 45-42 % y malezas 12-13 % .



Como puede observarse, la dinámica de la composición botánica de la pastura no mostró cambios sustanciales, sin embargo se pudo ver que el pasto estrella aumento su presencia , mientras que el pasto ruzzi disminuyó al final del experimento. El porcentaje de malezas y de otras gramíneas no tuvieron variación sustancial.

La disponibilidad promedio antes del ingreso de los animales y luego de su salida fueron de 3256 y 2238 Kg Ms/ha, lo que permitió un nivel de oferta de la pastura de 30.14 Kg MS/vaca/día.

Leaver (1985), encuentra que en condiciones de pastoreo ofertas de 45-55 g Ms/Kg PV permiten producciones de leche aceptables.

Los resultados de Sierra (1980) y González, (1989), comprueban que la baja productividad de pastizales con predominancia de pastos naturales, se debe a la poca calidad de éstos y a su baja tasa de crecimiento (16-21 Kg Ms/ha/día).

#### 4.3 Consumo.

La suplementación con las diferentes fuentes energéticas utilizadas afectó el consumo de materia seca del pasto (Cuadro 10). Los tratamientos con sorgo y banano tuvieron un ligero efecto aditivo sobre el consumo de materia seca del pasto ( 2.49 y 2.53 kg MS/100 Kg PV ).

Cuadro 10. Consumo promedio de materia seca, proteína y energía digestible del poró y pasto.

Tratamientos	Poró	Consumo (*)		TOTAL
		pasto	tratamiento	
		Materia seca (Kg MS/100 Kg PV)		MS
Melaza	0.485	2.00	0.303	2.78
Sorgo	0.478	2.49	0.271	3.23
Banano	0.443	2.53	0.247	3.22
Pulidura	0.486	2.10	0.275	2.86
		Proteína cruda (Kg/100 Kg PV)		PC
Melaza	0.146	0.181	0.009	0.336
Sorgo	0.143	0.224	0.018	0.385
Banano	0.139	0.227	0.009	0.375
Pulidura	0.145	0.189	0.033	0.367
		Energía digestible (Mcal/100 Kg PV)		ED
Melaza	1.08	4.63	0.72	7.39
sorgo	1.06	5.75	0.72	8.49
banano	1.02	5.84	0.72	8.54
pulidura	1.07	4.85	0.72	7.60

Por otro lado, los resultados obtenidos en el presente ensayo, parecen indicar que los niveles de suplementación energética no tuvieron un efecto sustitutivo sobre el pasto.

Danelón citado por Gallardo (1991), encontró una tasa media de sustitución del orden de 0.850 kg. MS de pasto/kg de grano de sorgo en vacas lecheras en pastoreo. Por otro lado, Gaglostro (1988) trabajando con ganado de leche en pastoreo, no detectó una reducción significativa del consumo

de pastura cuando se suministró 2-4 kg. de concentrado/vaca/día.

Por otro lado, San Martín (1980), con vaquillas de lechería encontró consumos linealmente decrecientes de forraje (punta de caña), al suministrar niveles de banano de 0 hasta 1.98 kg de MS de banano verde/100 kg PV. De igual forma, Villegas (1979) reporta que al aumentar el nivel de banano de 0 hasta 1.2 kg MS/100 kg PV a vacas en lactación, disminuyó el consumo de pasto estrella desde 3.3 hasta 2.16 kg Ms/100 kg PV, mostrando una tendencia exponencial en la que se alcanzó un valor asintótico cuando el consumo fué de 0.5 kg MS de banano/100 kg PV.

Asímismo, Corado (1991) en un ensayo de vacas lecheras en pastoreo, sugiere que el consumo de pasto disminuye cuando aumenta la suplementación con pulidura de arroz de 0.0 a 0.6 kg MS/100 kg PV.

Abarca (1989), al evaluar el efecto de dos niveles de melaza (1.5 y 3.0 kg /vaca/día) sobre el consumo de pasto, obtuvo resultados sin diferencias significativas entre los dos tratamientos.

En el presente ensayo, los consumos totales de materia seca del poró representaron aproximadamente el 16-18 % del consumo total de materia seca. Los rechazos observados en el consumo de poró estuvieron principalmente determinados por la edad de la planta y el manejo del follaje. Se observó una tendencia de mayor rechazo en la medida que el

follaje tenía más edad de rebrote y más días de cortado antes de que se ofreciera a los animales.

Los consumos de proteína cruda provenientes del poró y pasto representaron en promedio el 35 % y 60 % del consumo total, respectivamente. El aporte de PC de la fuentes energéticas fué muy bajo (aproximadamente 5 %).

En cuanto a los consumos de energía digestible (ED) en Mcal/100 Kg PV, la principal fuente que aportó este requerimiento fué la pastura (70-75 %). El poró contribuyó con un 15 % para todos los tratamientos y la suplementación energética con un 10 %.

#### 4.5. Producción de leche y sus constituyentes.

En los Cuadros 11 y 12, se presentan los resúmenes de análisis de varianza y el resumen de producción de leche total, producción de leche corregida a 4 % de grasa, producción y porcentaje de grasa, proteína y sólidos totales respectivamente.

Se puede observar que para las variables bajo estudio, el efecto de los tratamientos fué significativo para producción corregida a 4 % de grasa ( $P > 0.0442$ ).

El contenido de grasa, proteína y sólidos totales no reflejaron efectos de los tratamientos.

En cuanto a la producción de leche total (Figura 8), los tratamientos utilizados no tuvieron diferencias significativas entre si ( $P > 0.2554$ ), con una producción de

leche de 9.0, 8.9, 8.8 y 8.6 kg/vaca/día para sorgo, banano, melaza y pulidura respectivamente.

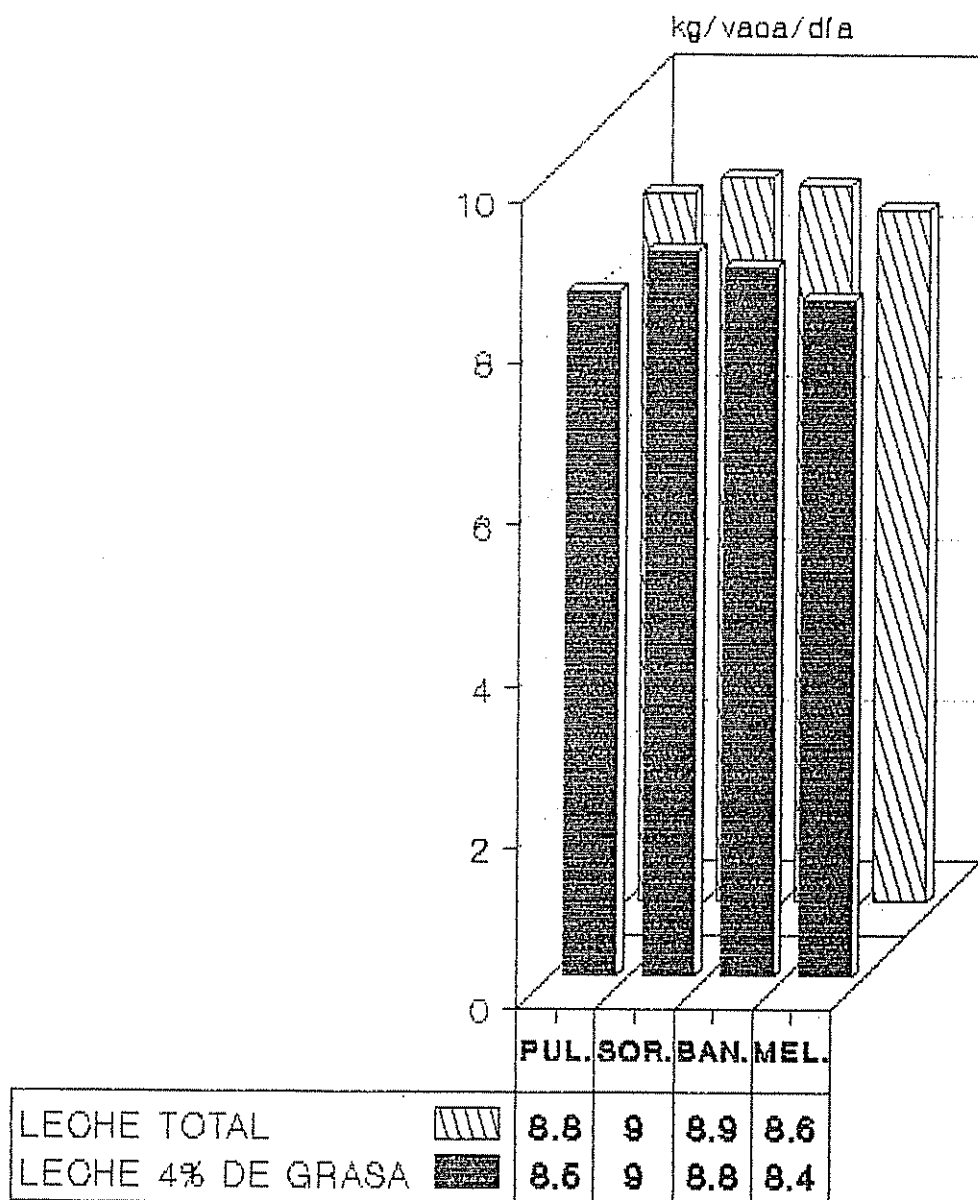


Figura 8 Producción de leche total  
y corregida al 4 % de grasa

Cuadro 11. Resumen de los análisis de varianza para producción de leche y sus constituyentes.

Variables	niveles de significancia (P> F)					
	Efectos					
	Cuadrado	Vaca	Periodo	Trat.	Raza	CV
Produccion de leche*	0.0091	0.0001	0.5419	0.2544	0.0001	5.8
Producción* corregida 4%	0.0257	0.0001	0.4338	0.0442	0.0001	5.9
Grasa %	0.6328	0.1808	0.7045	0.4460	0.2310	6.0
Grasa*	0.0850	0.0001	0.6479	0.0846	0.0001	7.19
Proteina %	0.7270	0.0072	0.0001	0.1434	0.2955	10.8
Proteina*	0.0924	0.0001	0.0007	0.1706	0.0003	13.1
Sólidos Tot. %	0.2183	0.0059	0.0063	0.2487	0.2733	3.12
Sólidos Tot.*	0.0053	0.0001	0.1542	0.5418	0.0001	7.00

(\*) Kg/vaca/día

Cuadro 12 . Efecto de los tratamientos sobre la producción de leche y sus componentes.

Variables	Tratamientos			
	sorgo	banano	melaza	pulidura
Leche total*	9.0a	8.9a	8.6a	8.8a
Leche 4%				
grasa*	9.0a	8.8ab	8.4b	8.5b
Grasa**	4.0a	3.9a	3.9a	3.8a
Grasa*	0.358a	0.349ab	0.333b	0.338ab
Proteina**	3.4a	3.1a	3.2a	3.1a
Proteina*	0.308a	0.278A	0.280a	0.278a
Solidos T.**	12.2a	12.2a	12.3a	12.1a
Solidos T.*	1.102a	1.099a	1.064a	1.073a

+ Letras desiguales en la misma fila difieren significativamente  $P < 0.05$  (Prueba de Duncan).

\* = Kg/vaca/día.

\*\*= porciento.

Las diferencias significativas encontradas entre cuadrados ( $P > 0.0091$ ), se puede entender debido a que cada cuadrado estuvo compuesto por vacas con diferente número de partos.

El efecto racial fué altamente significativo para producción total de leche ( $P < 0.0001$ ), producción total de grasa ( $P < 0.0001$ ), producción total de proteína ( $P < 0.0003$ ) y producción total de sólidos totales ( $P < 0.0002$ ).

El efecto de los periodos está estrechamente relacionado al comportamiento de la curva de la lactancia de los animales. Para la producción de leche total de las vacas utilizadas en el experimento, se evidenció una importante persistencia de la producción láctea, lo que constató las bondades de la suplementación llevada a cabo en el presente trabajo, a pesar del stress climático.

Cabe resaltar que la respuesta positiva en la constancia y calidad de la producción de leche durante el experimento, se entiende también por el fuerte potencial genético que aportan los cruces de Criollo Centroamericano x Jersey, para mantener lactancias en condiciones tropicales (Alba y Kennedy, 1985).

Con respecto al efecto de vaca dentro de cada cuadrado, se observaron diferencias altamente significativas ( $P < 0.0001$ ), debido a la heterogeneidad racial de la que proviene cada animal y a las diferencia por efecto de días de lactancia de cada vaca al inicio del período experimental.

Abarca (1988) al evaluar dos niveles de melaza ( 1.5 y 3.0 Kg de MS/vaca/día) y dos fuentes protéicas ( harina de pescado y poró), no encontró efecto significativo de éste suplemento en la producción y composición de la leche.

Corado (1991), trabajando con vacas de la misma raza, y con similares condiciones de pastura, encontró que los porcentajes de grasa en la leche no variaron al suplementar con pulidura de arroz ( 0. 0.2, 0.4 y 0.6 kg MS/vaca/día) obteniendo porcentajes de grasa de 3.5, 3.6, 3.5, y 3.4 respectivamente. Estos valores son inferiores a los encontrados en el presente trabajo , los cuales fueron de 4.0, 3.9, 3.9 y 3.8 % para sorgo, banano, melaza y pulidura (Figuras 9 y 10).

Milera y colegas (1986) evaluaron la influencia de la oferta de la matéria seca de la pastura en la producción de la leche, y encontraron que la producción diaria de leche (9.5, 10.4, 11.5, kg/vaca/día) mostró una tendencia a incrementarse a medida que aumentaba el nivel de asignación de pasto ( 15, 32 y 50 kg/MS/vaca/día respectivamente). De la misma manera Stobbs (1977) observó un sustancial aumento en la producción lactea, sólidos no grasos y proteína al incrementar (15, 25 y 35 kgMS/vaca/día) la disponibilidad de fitomasa de *Panicum maximum*. En cambio, la variación en el nivel de asignación de 35 a 55 kg MS/vaca/día no significó incrementos en la producción de leche.



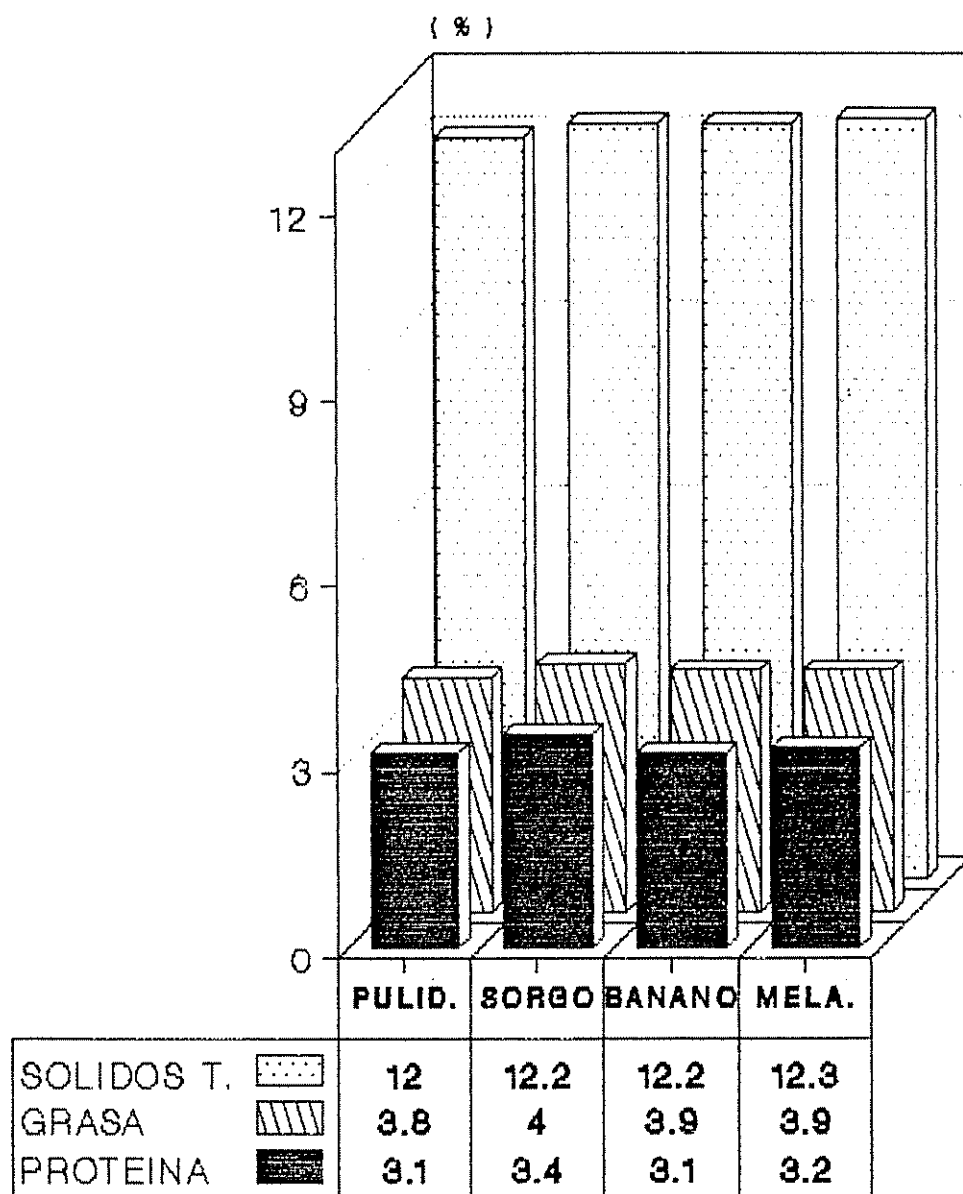


Figura 9 Efecto de la suplementación energética sobre los constituyentes de la leche.

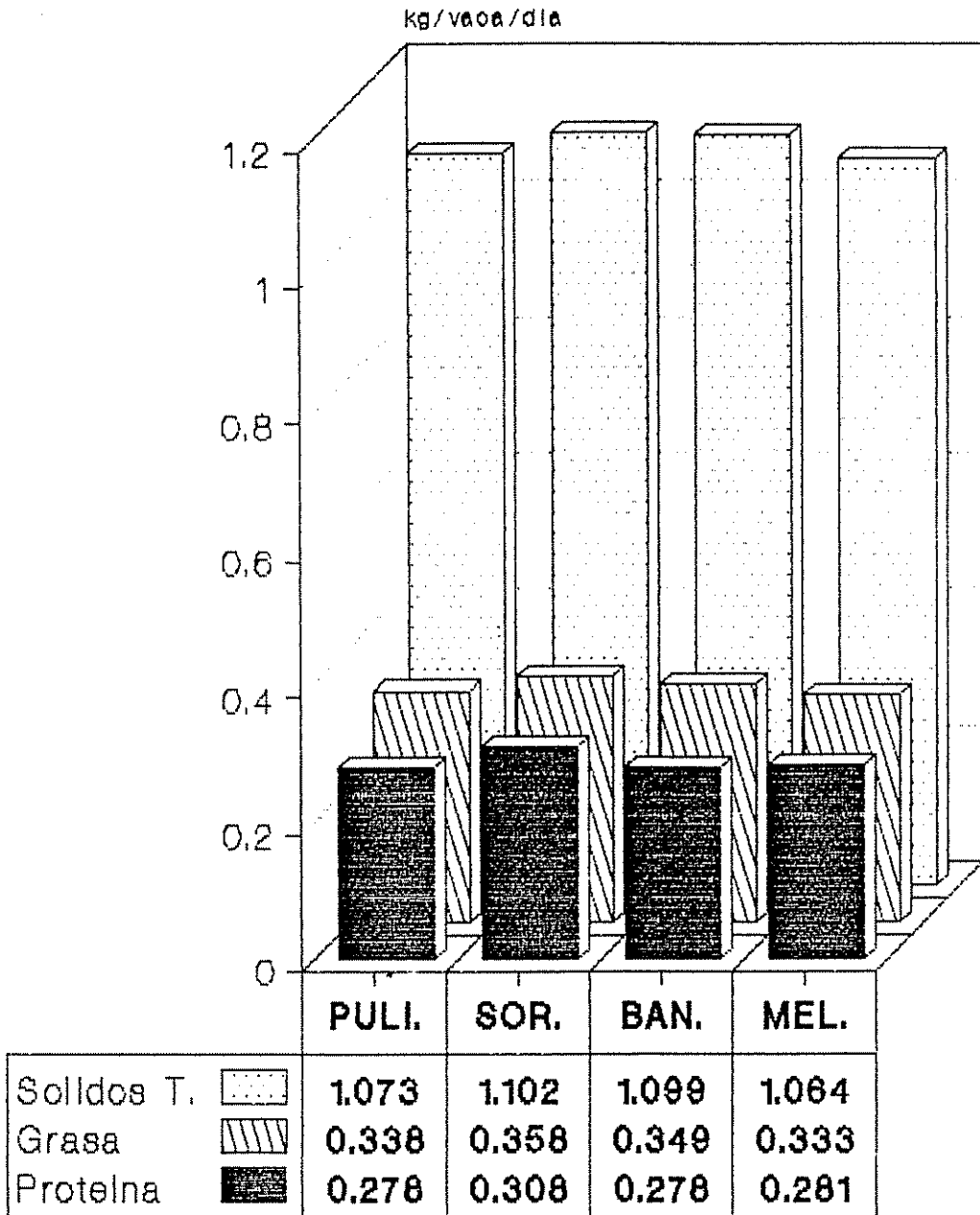


Figura 10. Producción de proteína, grasa y solldos t. de la leche (kg/vaca/día)

#### 4.6. Analisis económico para la producción de leche.

Las alternativas tecnológicas para los sistemas de producción animal, deben ser acordes a las condiciones técnico-sociales existentes en el medio de los productores (IICA, 1992).

Una de las limitantes principales para que las unidades de producción animal sean rentables , principalmente en lechería, es la adquisición de insumos que sean accesibles y de bajo costo. Los recursos naturales existentes en el trópico latinoamericano, ofrecen una enorme ventaja y posibilidades para que los productores puedan buscar alternativas y mejorar la suplementación animal. Sin embargo, es una realidad que la mayoría de los productores desconocen las bondades de emplear nuevas tecnologías.

La utilización de árboles y arbustos forrajeros en la alimentación animal, ha demostrado no solo el valor potencial que tienen como alimento forrajero, sino también las ventajas adicionales de sus uso (sombra, leña, mejoradores del suelo, etc.) para las condiciones sociales de los productores y mejorar la conservación de los recursos naturales (Devendra, 1990 ; Pezo et al, 1990).

Cuadro 13. Análisis de presupuestos parciales para los diferentes tratamientos.

	Tratamientos			
	Sorgo	Banano	Pulidura	Melaza
<b>Ingresos</b>				
Produccion de leche (Kg/vaca/día)	9.02	8.94	8.86	8.61
Precio de la leche** (Kg/día/\$ US)	0.30	0.30	0.30	0.30
<b>Beneficio bruto</b>	<b>2.70</b>	<b>2.68</b>	<b>2.65</b>	<b>2.58</b>
<b>Costos Variables</b>				
<b>Insumos*</b>				
Melaza (\$)	-	-	-	0.07
Pulidura (\$)	-	-	0.15	-
Banano (\$)	-	0.04	-	-
Sorgo (\$)	0.31	-	-	-
Poró (\$)+	0.12	0.12	0.12	0.12
Pastoreo	0.10	0.10	0.10	0.10
<b>Total costos variables</b>	<b>0.53</b>	<b>0.26</b>	<b>0.37</b>	<b>0.29</b>
<b>Beneficio Neto Parcial</b>				
Vaca/día	2.15	2.42	2.28	2.29
<b>% del Ingreso Total</b>	<b>80.37</b>	<b>90.02</b>	<b>86.03</b>	<b>88.75</b>

\*\* Precio de venta de leche según comprador (CATIE).

\*Costos de los insumos puestos en la finca

Melaza \$ 0.06/kg

Pulidura \$ 0.19/Kg

Banano \$ 0.01/Kg

Sorgo \$ 0.41/Kg

+Costos de corte, acarreo, y suplementación de poró,  
se incluyen cargas sociales de ley (\$0.010).

En este mismo sentido, la utilización de subproductos agroindustriales , es una alternativa que ayuda a mejorar las condiciones existentes en la alimentación animal en el trópico ; de ahí la importancia de que productos como el banano de desecho, melaza, pulidura de arroz, granos molidos, harinas, rastrojos, etc, sean incorporados en los sistemas de producción.

Los resultados obtenidos del análisis económico en el presente ensayo se muestran en el Cuadro 13. Como se puede observar, los beneficios netos obtenidos mediante la utilización de banano y melaza son los que presentan mayores beneficios netos, lo cual constata la importancia de su utilización como recursos alimenticios accesibles y de bajo costo al productor.

## 5. CONSIDERACIONES GENERALES

Las características nutritivas del poró, hacen de ésta arbórea forrajera una opción en la suplementación protéica de vacas lecheras en pastoreo. Sin embargo, es necesario mencionar que la composición química del poró, varía según la edad del follaje. Por otro lado Alagón (1990) informa que no obstante que la cantidad de proteína es mayor del 20 % , el 50 % está en forma soluble, principalmente NNP, cerca del 40 % del N se encuentra en forma insoluble en la pared celular y el 10 % se encuentra ligado a la fibra detergente ácido, el cual no es aprovechado.

Los valores nutritivos de la pastura durante el ensayo, concuerdan con los expuesto por Minson (1981), indicando que los rangos de PC existentes en pastos tropicales estan entre 7-9 % PC y una degradabilidad de la matéria seca entre 35-55 %.

Los cambios en la composición química asociados con incrementos en la maduración del pasto, ocasiona que éstos reduzcan la cantidad de carbohidratos fácilmente fermentables y por lo consiguiente ocurra un incremento en los carbohidratos estructurales ( celulosa y hemicelulosa ) y lignina ligada a la pared celular (Amstrong, 1979).

Minson 1981, sugiere que el principal factor que controla la producción de leche, es la cantidad de energía neta (EN), y los factores que controlan el consumo de EN, dependen de la composición química y física de la pastura.

Los parámetros de degradabilidad del poró y del pasto, a pesar de no tener diferencias estadísticas por efecto de los tratamientos, muestran un ligero aumento sobre la degradabilidad inicial y potencial, cuando se adicionó melaza y pulidura de arroz. Al respecto, San Martín (1980) en un ensayo de digestibilidad in vivo con novillos de la raza Romosinuano, suplementados con banano y una dieta basal de caña de azúcar, encontró que la tasa de degradabilidad de la materia seca de la caña en función del nivel de banano, mostró una tendencia a disminuir a partir del nivel de 21.6 % de banano.

Cuando los niveles de suplementación energética son altos, la degradabilidad de los alimentos tiende a disminuir. Esto puede ser explicado por una variación en la flora ruminal al disminuir los procesos enzimáticos celulolíticos debido a una predominancia de bacterias amilolíticas. Sin embargo, se ha observado que bajos niveles de energía en la suplementación, mejora el balance Energía/Nitrógeno a nivel ruminal ocasionando un mejor aprovechamiento del nitrógeno y por lo tanto un aumento en la actividad celulolítica ( Hoover, 1991; San Martín, 1986).

La concentración total de AGV observada en este trabajo no fué afectada por los tratamientos.

Las concentraciones de ácido acético obtenidas corroboran lo expuesto por Van Soest (1982) y Bondi (1988), en relación a que las raciones ricas en forrajes (celulosa) dan lugar a una elevación en la relación de ácido acético

respecto al ácido propiónico, lo que en caso de vacas lecheras, va acompañado de un aumento en el tenor graso de la leche.

Varios autores (Bondi, 1988; Gallardo, et al 1991; Nocek y Tamminga, 1991) mencionan que las suplementaciones con almidón, a expensas del forraje, puede reducir el contenido graso de la leche al cambiar las fermentaciones en el rumen. El aumento en el contenido de almidón en la ración aumenta la concentración de AGV totales en el rumen, principalmente al incrementarse la proporción molar de ácido propiónico y reducirse la proporción de ácido acético.

Sutton (1981) señala que los cereales contienen una alta proporción de almidón, los cuales deprimen el contenido de la grasa de la leche, proceso que está asociado con tasas de rápida digestión en el rumen. Sin embargo, granos como el sorgo, son digeridos más lentamente y no propician la fermentación ruminal, produciendo así una alta relación de Acético/Propiónico en el rumen y un alto contenido de grasa en la leche.

Con relación a las concentraciones de amonio en el licor ruminal, éstas reflejaron valores más altos comparados con otros trabajos (Alagón, 1990; Corado, 1991)

La concentración óptima de amonio en el líquido ruminal, se define como aquella que propicia una máxima tasa de fermentación en el rumen, con lo que permite una máxima producción de proteína microbiana por unidad de substrato fermentado. La concentración mínima necesaria para maximizar



la degradabilidad de la materia seca oscila en los rangos de 20-27 mg/100 ml de licor ruminal (Bondi, 1986).

Los consumos de pasto encontrados, indican que hubo un ligero aumento cuando se suplementó con sorgo. Sin embargo, el consumo total de materia seca estuvo entre 2.5 - 3.0 % del PV, que coincide con los resultados obtenidos en otras investigaciones en el trópico bajo condiciones de pastoreo (Leaver, 1976).

La oferta promedio de materia seca, provenientes del pastoreo fué baja (30.1 Kg MS/vaca/día). A pesar de ésta situación, la producción total de leche fué de 9.0, 8.9, 8.6, y 8.8 Kg/vaca/día para los tratamientos de sorgo, banano, melaza y pulidura respectivamente, mostrando las bondades de la suplementación.

Los resultados económicos muestran que la utilización de recursos locales para la producción de leche, es una alternativa viable para mejorar la rentabilidad de los sistemas de producción animal.

## CONCLUSIONES

1. La adición de las fuentes energéticas utilizadas en la dieta básica de pasto y poró no afectó el pH ruminal, la tasa de pasaje de la dieta básica a través del tracto digestivo, las concentraciones de nitrógeno amoniacal y ácidos grasos volátiles en el licor ruminal.
2. Las diferentes fuentes energéticas estudiadas (sorgo, banano, melaza y pulidura de arroz) no afectaron la producción de leche de vacas en pastoreo suplementadas con poró. Sin embargo, la producción de leche (4.0 % de grasa) y la cantidad de grasa en leche (kg/vaca/día) mostraron incrementos por efecto de la suplementación con sorgo.
3. La suplementación energética con los niveles ofrecidos, permitió que los tratamientos con sorgo y banano tuvieran un mayor consumo de pasto.
4. Todos los suplementos energético resultaron económicamente rentables, sin embargo las inversiones en los costos variables fueron menores al suplementar con banano, haciéndolo comparativamente más rentable.

## RECOMENDACIONES

1. En sistemas de alimentación con poró y pasto es recomendable la adición de suplementos energéticos para satisfacer el balance energía-proteína de la dieta.
2. Es necesario continuar las investigaciones en cuanto a los niveles de suplementos energéticos necesarios para obtener producciones óptimas de leche.
3. Se recomienda la búsqueda de recursos locales aprovechables como fuente de energía que puedan ser incorporados a bajo costo en los sistemas de producción animal.

## 6. BIBLIOGRAFIA CITADA

- ABARCA, S. 1989. Efecto de la suplementación con Poró (*Erythrina poeppigiana*) y melaza sobre la producción de leche de vacas pastoreando estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis*). Tesis Mag. Sci. Turrialba, C.R. CATIE 68p.
- ALAGON, H. G. 1990. Comparación del poro (*Erythrina poeppigiana*) con otras fuentes nitrogenadas de diferente potencial de escape a la fermentación ruminal como suplemento de vacas lecheras alimentadas con caña de azucar (*Saccharum officinarum*). Tesis Mag. Sci. Turrialba, C.R. CATIE 145p.
- ALVAREZ, F. J. 1986. Sistemas de producción bovina de doble propósito en el trópico mexicano. In Memórias del Panorama de la ganadería de doble propósito en la America tropical. (Bogotá, Col.). Edit. Arango-Nieto, Charry A., Vera, R. ICA-CIAT p. 45-57.
- AMSTRONG, D.G., R. R. SMITHARD. 1979. The fat of Carbohydrates in the small and large intestines of the ruminant. Proc. Nutr. Soc. 38, 23. p. 283-294.
- BANCO NACIONAL DE COMERCIO EXTERIOR. 1979. La producción de leche y sus problemas. Revista de Comercio Exterior (México). 29:152-160.
- BATEMAN, J. V. 1970. Nutrición Animal. Manual de Métodos Analíticos. México. D. F. Ed. Herrero. 446 p.
- BENAVIDES, J. 1986. Utilización del follaje de poró (*Erythrina poeppigiana*) para alimentar cabras bajo condiciones de trópico húmedo. Turrialba, Costa Rica, CATIE, Departamento de Producción animal. 31 p.
- BONDI, A. 1988. Nutrición animal. Zaragoza, Esp. Ed. Acribia. 539 p.
- CABALLERO, G. 1989. Manejo de praderas en las zonas tropicales. In Memoria del seminario sobre ganadería de doble propósito. (1986, Bogota, Col). Edit. Arango-Nieto, Charry A., Vera, R. ICA-CIAT. p 75-95.
- CAMPLING, R. C., M. FREER, C.C., BALCH. 1961. Factors affecting the voluntary intake of food by cows. II. The relationship between the voluntary intake of roughages, the amount of digesta in the reticulo-rumen and the rate of disappearance of digesta from the alimentary tract. British Journal of Nutrition. 15:531-540.

- CAMPLING, R. C. 1966. The effect of concentrate on the rate of disappearance of digesta from the alimentary tract of cows given hay. *Journal of Dairy Research* 33(1):13-23.
- CAMERO, R. L. 1991. Evaluación del Poró (*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 Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 91p.
- CASTRO, A. 1989. Producción de leche de cabras alimentadas con *Pennisetum purpureum* X *Pennisetum typhoides* suplementadas con diferentes niveles de follaje de poró (*Erythrina poeppigiana*) y plátano verde (*Musa sp. c.v. "pelipita"*). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. UCR/CATIE. 57 p.
- CATIE. 1987. Resumen de Datos Meteorológicos. Turrialba, Costa Rica. 1 p.
- CATIE. 1990. Bancos de proteína como una alternativa de suplemento proteico para la producción de carne y leche en el trópico húmedo de Costa Rica. Documento del Curso Nutrición de Rumiantes (Postgrado) . Programa de Ganadería. Turrialba, Costa Rica. CATIE
- CATIE. 1990. Sistemas Silvopastoriles para el trópico Húmedo bajo. Primer Informe anual. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 170 p.
- CATIE. 1991. Use of Poró (*Erythrina spp.*) and madero negro (*Gliricidia sepium*) as a protein source for dairy cattle. Interin progress report No. 2. Turrialba, Costa Rica. CATIE
- CERDAS, R. 1981. Banano de desecho como suplemento a vacas lecheras en pastoreo en diferentes estados de lactancia, Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 98 p.
- CHAUVET, S. M. 1990. ¿ La ganadería nacional en vías de extinción ? In *Revista de Comercio Exterior (Mex.)*. Banco de México. 40 (9): 868-875.
- CHURCH, D.C. 1974. Fisiología digestiva y nutrición de los rumiantes. Ed. Acribia (Esp.) 374p.
- CIMMYT. 1988. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Un manual metodológico de evaluación económica. Mexico, D. F. 80 p.

- COMBELLAS, J. 1986. Alimentación de vacas lecheras en el tropico. Ed. J. Combellas. Maracay. 160 p.
- CORADO, C. L. 1991. Efecto de cuatro niveles de pulidura de arroz sobre la producción de Leche de vacas en pastoreo suplementadas con follaje de Poró (*Erythrina poeppigiana* (Walpers) O.F. Cook). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 95 p.
- DEVENDRA, C. 1990. Shrubs and tree fodders for farm animals. Proceedings of a workshop in Denpasar, Indonesia, 1989. C. Devendra (Ed). IDRC 349 p.
- DE ALBA, J., B. W. KENNEDY. 1985. Milk production in the Latin-American milking criollo and its crosses with the jersey. Anim. Prod 41:143-150.
- ELLIOT, R., H. M. FERREIRO, A. PRIEGO, T. R. PRESTON. 1978. Pulidura de arroz como suplemento en dietas a base de caña de azucar: cantidades de almidón (polímero de la glucosa) que pasan al duodeno proximal. Producción animal Tropical 3:30-35.
- ECHEVARRIA, M.G. 1987. Nutrición y Productividad animal de pasturas bajo pastoreo. In Curso taller sobre establecimiento, mantemimiento y producción de pasturas en la selva Peruana. Edit. Durán, C., Salinas, S., Schaus R. (1987, Pucallpa, Peru) INIIA-IVITA-CIAT.
- 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. 106 p.
- FERNANDEZ-BACA, DE LUCIA R., L. JARA. 1986. México, producción de leche y carne en pastos tropicales. In Revista Mundial de Zootecnia No. 58. FAO Roma. p. 2-12.
- FERREIRO, H.M., T. M. SUTHERLAND, A. WILSON. 1977. Efecto de la fuente de nitrógeno sobre la fermentación ruminal en dietas de caña de azucar. Producción Animal Tropical (R.D.) 2:369-392.
- GARCIA, T. R. 1991. Milk Productions Systems in the Tropics. In Feeding dairy cows in the tropics. Edit. Speedy A. and Sansoucy. FAO Roma. p.156-168.
- GALLARDO, M., C. CANGUIANO, G. GAGLIOSTRO, H. GONDA. 1991. Consumo en vacas lecheras en pastoreo. 1.Efecto de la suplementación energética sobre la tasa de sustitución y la producción de leche. Rev. Arg. Prod. Anim. Vol 11. 4:381-389

- GAGLIOSTRO, G.A, C. CANGIANO, F. SANTINI. 1986. Suplementación de vacas lecheras en pastoreo : efecto sobre el consumo de forraje y la producción de leche. Rev. Arg. Prod. Anim. 6 (Supl. 1):3-4.
- GONZALEZ, R. M. 1979. Comportamiento de praderas de baja productividad bajo los efectos del periodo de descanso, presión de pastoreo y fertilización fosfatada. Tesis Mag. Sci. UCR/CATIE 105 p.
- HAYDOCK, K. P., N. H. SHAW. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry (Australia) 15:663-670.
- HOLDRIDGE, L. R. 1978. Ecología basada en zonas de vida. San José Costa Rica. IICA. Materiales Educativos no. 34 p.13-28.
- HOOVER, H. W. S. R. STOKES. 1991. Balancing Carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. J. Dairy Sci. 74:3630-3644.
- IICA, 1992. La agricultura de América Latina. Estrategias para fin de siglo. X Conferencia Interamericana de Ministros de Agricultura 1991. IICA/MAG Esp. 551 p.
- ISSACSON, J., F.N. OWENS. 1971. 14C uptake by rumen microbes from urea and NaHCO<sub>3</sub>. J. Anim. Sci. 33:287-290.
- ITURBIDE, A.M. 1967. El óxido crómico como indicador externo para estimar producción fecal y consumo en las pruebas de digestibilidad. Tesis Mag Sc. Turrialba, Costa Rica IICA. 137 p.
- KASS, M., G. RODRIGUEZ. 1989. Evaluación Nutricional de forrajes. Turrialba, C.R. CATIE 43 p.
- KEMPTON, T.J. 1980. El uso de bolsas de nylon para caracterizar el potencial de degradabilidad de alimentos para el rumiante. Producción Animal Tropical (R.D.) 5:115-126.
- KOTB, A. B., T. D. LUCKEY. 1972. Markers in Nutrition. Nutrition Abstract Reviews. (U.K.A.) 42:813-831.
- LE DIVIDICH, J., I. GEOFFROY, I. CANOPE, Y M. CHENOST. 1976. Using waste bananas as animal feed. World Anim. Rev. 20:22.
- LEAVER, J.D. 1985. Milk production from grazed temperate grassland. Journal of Dairy Research 52:313-344.

- LESLIE, F., H. JOHONSTONE. 1982. Análisis Modernos de los alimentos. España. Ed. Acribia. 619 p.
- LUCAS, H. L. 1983. Desing and analysis of feeding experiments with milking dairy cattle. North Carolina, North Carolina State University. Mimeo Serie 18.
- McDOWELL, L.R., J. H. CONRAD, J. E. THOMAS, L. E. HARRIS. 1974. Latin american tables of feed composition. University of Florida. EUA. 510 p.
- MEDINA, G. P. 1988. Efecto de la suplementación con poró (*Erythrina poeppigiana*) y melaza sobre los parametros de fermentación ruminal y degradabilidad in situ del poró y pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*). Tesis Mag. Sci. Turrialba, C.R. CATIE, 95 p.
- MILERA, M.J, O. J. MARTINEZ, O. CACERES, J. HERNANDEZ. 1986. Influencia del nivel de oferta en la producción de leche según los días de estancia en la bermuda cruzada-1. Pastos y Forrajes (Cuba). 9:167-176.
- MINSON, D.J. 1981. Nutritional differences between trópical and temperate pastures. In World Animal Science. Grazing Animals. ( Ed. Morley, F.W.) Elsevier: Amsterdam p. 143-157.
- MOOG, F. A. 1991. Forage and Legumes as Protein supplements for pastures based systems. In Feeding dairy cows in the tropics. Edit. Speedy A. and Sansoucy. FAO Roma. p. 142-148.
- NOCEK, E. J. RUSSELL, J.B. 1988. Protein and energy as an integrated system. Relationship of protein ruminal and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. J. Dairy Sci. 71:2070-2107.
- NOCEK, E.J, S. TAMMINGA. 1991. Site od digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. J. Dairy Sci. 74:3598-3629.
- NRC. 1989. Nutrient requirements of dairy cattle. National Academy Press. Washington. 157 p.
- ORSKOV, E. R., F. D. HOVELL. 1980. Uso de la Técnica de la bolsa de nylon para la evaluación de los alimentos. Producción Animal Tropical. 5:213-233.
- PARRA, A., J. COMBELLAS, R. DIXON. 1984. Degradabilidad ruminal de algunas mat'erias primas tropicales. Producción Animal Tropical (R.D.) 9:208-211.



- PEZO, D., M. KASS, J. BENAVIDES, F. ROMERO, C. CHAVEZ. 1990. Potential of legume tree fodders as animal feed in Central América. Turrialba, Costa Rica. CATIE.
- PRESTON, R. T. 1972. Feeding beef cattle on molasses in the Tropics. World Anim. Rev. 1:24.
- PRESTON, R. T. 1976. Estrategias para la producción de leche y carne en el Trópico. In Seminario Internacional de Ganadería Tropical. Acapulco, Mex. SAG-Banco de Mex. p 27-41.
- PRESTON, R. T. 1989. Sistemas alimenticios para ganado de doble proposito. In Memoria del seminario sobre ganaderia de doble proposito. (1986, Bogota, Col.) Edit. Arango-Nieto, Charry A. Vera, R. ICA-CIAT. p. 172-192.
- PRESTON, R. T., R. A. LENG. 1990. Adecuando los sistemas de producción pecuaria a los recursos disponibles: Aspectos básicos y aplicados del nuevo enfoque sobre la nutrición de rumiantes en el trópico. (Col.) CONDRIT. 315p.
- RODRIGUEZ, F., J. MENENDEZ. 1985. Evaluación de asociaciones de gramíneas y leguminosas con vacas lecheras. Pastos y forrajes (Cuba) 8 : 33-43.
- RUSSO, R. O. 1983. Efecto de la poda de *Erythrina poeppigiana* (Walpers) O.F. Cook (poró) sobre la nodulación, producción de biomasa y contenido de nitrógeno en el suelo en un sistema agroforestal "café-poró". Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE. 59p.
- RUSSO, R. O. 1991. Spotlight on species : *Erythrina poeppigiana*. In Farm Forestry News. Vol. 5 No. 1:11-12.
- SAN MARTIN, F. A. 1980. Digestibilidad, Tasas de digestión y Consumo de forraje en función de la suplementación con banano verde. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica UCR/CATIE. 59 p.
- SERE, C. 1989. Socioeconomía de la producción bovina de doble proposito. In Memorias del seminario sobre ganaderia de doble proposito (1986, Bogota, Col.). Edit. Arango-Nieto, Charry A., Vera R. ICA-CIAT. p 13-28.
- SIERRA, P.O. 1980. Efecto de tres factores de manejo sobre la productividad y evolución de una pastura natural en Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica UCR/CATIE 128 p.

- SMITH, O., M. VAN HOURTET. 1987. Valor forrajero de *Gliricidia sepium*. In Revista Mundial de Zootecnia No. 62. FAO Roma. p. 57-67.
- STOBBS, T. H. 1977. Austr. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 17:892.
- STOBBS, T. H., P. THOMPSON. 1978. Producción de leche en praderas Tropicales. In Nutrición de los rumiantes : artículos seleccionados de la Revista Mundial de Zootecnia., FAO Roma. p 14-18.
- SUAREZ, S., J. RUBIO, C. FRANCO, C. VERA, A. PIZARRO, C. MEZQUITA. 1987. 1987. *Leucaena leucocephala*: producción y composición de leche y selección de ecotipos con animales en pastoreo. Pasturas Tropicales. CIAT. 9(2): 11-17.
- SUTTON, D.J. 1979. Función ruminal y utilización de carbohidratos fácilmente fermentables por vacas lecheras. Producción Animal Tropical (R.D.) 4:1-12.
- T MANNETJE, L., K. P. HAYDOCK. 1963. The dry weight-rank method for the botanical analysis of pasture. Journal of the British Grasslands Society (G.B.) 18:268-275.
- TOBON, C.J. 1988. Efecto de la suplementación con cuatro niveles de follaje de poró (*Erythrina poeppigiana* (Walpers) O.F. Cook) sobre la producción de leche de vacas en pastoreo. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 72 p.
- TOWNSEND, P.W., R.W. BLAKE, F.J. HOLMANN, P.J. VAN SOEST y C.J. SNIFFEN. 1990. Low cost feeding strategies for dual purpose cattle en Venezuela. J. Dairy Sci. 73:792.
- VACCARO, L. 1989. Sistemas de producción bovina predominantes en el Trópico Latinoamericano. In Memoria del seminario sobre ganadería de doble propósito (1986, Bogota, Col.). Edit. Arango-Nieto, Charry A., Vera R. ICA-CIAT p. 29-43.
- VAN SOEST, P. J. 1982. Nutritional Ecology of the ruminant. Corvallis, Oregon. 374 p.
- VILLEGAS, Z. L. 1979. Suplementación con banano verde a vacas lecheras en Pastoreo. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE. 58p.
- WHITEMAN, P. 1976. Beef and Milk production from legume based tropical pastures. In Seminario Internacional de Ganadería Tropical. Acapulco, Mex. SAG-Banco de Mex. p. 87-107.