

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
SUBDIRECCIÓN GENERAL ADJUNTA DE ENSEÑANZA
PROGRAMA DE POSGRADO

Comparación del poró (*Erythrina poeppigiana*) con
dos fuentes nitrogenadas convencionales en la
suplementación de terneras de lechería ali-
mentadas con una dieta basal de caña
de azúcar (*Saccharum officinarum*)

Tesis sometida a la consideración del Comité
Técnico Académico del Programa de Posgrado en
Ciencias Agrícolas y de los Recursos Naturales del
Centro Agronómico Tropical de Investigación y
Enseñanza, para optar el grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

por

René Francisco Vásquez

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

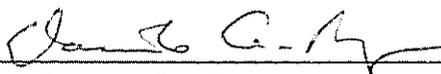
COMITE ASESOR:



Francisco Romero, Ph.D.
Profesor Consejero

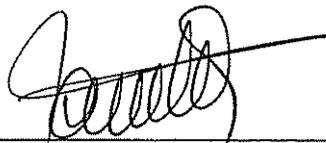


María Kass, Ph.D.
Miembro del Comité



Danilo Pezo, Ph.D.
Miembro del Comité

Miembro del Comité



Ramón Lastra, Ph.D.
Coordinador Programa Posgrado



René Francisco Vásquez
Candidato

DEDICATORIA

A la memoria de mi madre Antonia (Q.D.D.G.)

Por su ejemplo y aliento constante.

A mi padre Narciso

A mi esposa Argelia

A mi hijo Francisco José

Por su cariño, comprensión y haber
soportado largos meses de mi
ausencia.

A mis hermanos, sobrinos y toda mi familia

A todos mis amigos

Por su afecto.

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Agr. Ricardo Vilanova Arce por apoyar mi postulación para realizar mis estudios de posgrado.

Al Dr. Francisco Romero, consejero principal, por su gran don de gentes y gran amistad brindada, sus enseñanzas, orientación y apoyo en todo momento.

Al Dr. Danilo Pezo, por su amistad, su calidad profesional y valiosas sugerencias en la redacción y presentación de este trabajo.

A la Dra. María Kass por su amistad, atención y valiosa orientación en cualquier momento.

A la Universidad de El Salvador y al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, por permitir mi superación académica.

Al Lic. Qco. Gerardo Rodríguez, responsable del Laboratorio de Nutrición Animal de Area de Ganadería Tropical del CATIE, así como a los asistentes Ing. Circe Ramirez y Frank López, por el apoyo decisivo y desinteresado en los análisis respectivos.

A Vidal Gamboa, con quien compartí la ardua labor de campo.

Al señor Julio Marshall, administrador, así como a todos los trabajadores de la Finca Ganadera del CATIE que participaron de una y otra forma en la ejecución del presente trabajo.

Al Proyecto Silvopastoril, por el apoyo y facilidades ofrecidas durante la conducción del presente trabajo.

Al señor Luis Carlos Saborio, asistente del Proyecto Silvopastoril, por la importante ayuda y desinteresada colaboración en la ejecución del trabajo de campo.

A todos los compañeros y amigos de promoción por compartir amistad, experiencias y momentos inolvidables.

BIOGRAFIA

El autor nació en Santa Rosa de Lima, Departamento de La Unión, El Salvador, el 30 de septiembre de 1958.

Su estudios secundarios los realizó en el Instituto Migueleño de Comercio, Departamento de San Miguel, El Salvador, graduándose de Bachiller Académico en 1977.

Los estudios universitarios los llevó a cabo en la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, obteniendo el grado de Ingeniero Agrónomo Zootecnista en 1985.

En septiembre de 1984 se incorporó como docente a la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, donde labora actualmente.

En Septiembre de 1989, inició sus estudios de posgrado en el Programa de Producción y Desarrollo Agropecuario Sostenido del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), obteniendo el grado de Magister Scientiae en octubre de 1991.

INDICE

1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	4
2.1. Utilización del nitrógeno por el rumiante	4
2.1.1. Formas de nitrógeno en los forrajes	4
2.1.2. Degradabilidad ruminal del nitrógeno	5
2.1.3 Nitrógeno reciclado	6
2.1.4. Nitrógeno en sangre	7
2.2. Utilización del poró en la alimentación de rumiantes	9
2.2.1. Producción de Biomasa y valor nutritivo del poró	9
2.2.2. Utilización de poró en bovinos en crecimiento	11
2.2.3. Utilización de poró en la producción de leche	12
2.3. Utilización de la caña de azúcar en la alimentación de rumiantes	15
3. MATERIALES Y METODOS	21
3.1. Localización	21
3.2. Animales experimentales: alimentación y manejo	21
3.3. Manejo de los forrajes	22
3.4. Tratamientos evaluados	23
3.5. Variables evaluadas	26
3.5.1. Parámetros de fermentación ruminal	26
3.5.2. Degradabilidad ruminal in situ	27
3.5.3. Determinación de urea-nitrógeno en sangre	29
3.5.4. Velocidad de pasaje de las dietas	31
3.5.5. Consumo	33
3.5.6. Ganancia de peso	34
3.5.7. Análisis económico	34
3.6. Diseño Experimental	34
3.6.1. Fermentación Ruminal	34

3.6.2. Degradabilidad ruminal.....	35
3.6.3. Urea en sangre.....	36
3.6.4. Tasa de pasaje.....	37
3.6.5. Consumo y ganancia de peso.....	37
4. RESULTADOS Y DISCUSION.....	38
4.1. Composición química de los componentes de la dieta.....	38
4.2. Parámetros de fermentación ruminal.....	39
4.2.1. pH ruminal.....	39
4.2.2. Concentración de ácidos grasos y sus proporciones.....	41
4.2.3 Concentración de nitrógeno amoniacal.....	51
4.3. Degradabilidad de la materia seca.....	54
4.4. Concentración de urea-nitrógeno mg/100 ml en suero sanguíneo.....	60
4.5. Tasa de pasaje.....	63
4.6. Consumo de materia seca, proteína y <u>E. digestible</u>	67
4.7. Ganancia de peso.....	70
4.8. Análisis económico.....	74
4.9. Discusión General.....	76
5. CONCLUSIONES.....	78
6. RECOMENDACIONES.....	79
7. BIBLIOGRAFIA CITADA.....	80
A N E X O S.....	87

VASQUEZ, R.F. 1991. Comparación del follaje del poró (*Erythrina poeppigiana*) con dos fuentes nitrogenadas como suplemento de novillas de lechería alimentadas con una dieta basal de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). Tesis Mag. Sc. C.R, CATIE. 107 P.

Palabras claves: suplementos nitrogenados fermentación ruminal, urea-nitrógeno, proteína sobrepasante, novillas de lechería, incremento de peso, follaje de poró, harina de pescado, urea y caña de azúcar.

RESUMEN

Se evaluó el follaje del poró (*Erythrina poeppigiana*) comparado con dos fuentes nitrogenadas: harina de pescado y urea como suplemento en novillas de lechería alimentadas con una dieta basal de caña de azúcar integral y con una suplementación energética de melaza y pulidura de arroz.

Se utilizaron 24 novillas de las razas Jersey, Criollas y sus cruces, con un peso promedio de 150 kg. Además se utilizaron 3 novillos fistulados con un peso promedio de 400 kg. Las novillas estuvieron estabuladas. Una vez diaria se les ofreció en forma individual la dieta que estaba calculada para suplir los requerimientos nutricionales de una ganancia diaria de 800 g. Dos veces al día se les proporcionó agua y tuvieron siempre acceso a sales minerales.

Los diseños utilizados fueron el diseño completamente al azar balanceado con 8 repeticiones para evaluar ganancia de peso, el diseño de cuadrado latino 3x3 para los novillos fistulados y un arreglo en parcelas divididas para ambos diseños.

Los resultados evidenciaron que los parámetros de fermentación ruminal: pH, concentración de ácidos grasos volátiles y las proporciones molares, ácido acético, ácido propiónico y ácido butírico no fueron modificados por el efecto de degradación ruminal de las diferentes fuentes nitrogenadas. Sin embargo la concentración de nitrógeno amoniacal en el rumen y urea-nitrógeno en sangre fueron ligeramente modificados.

Los parámetros de degradación de la materia seca de la caña de azúcar no mostraron diferencias significativas para los efectos tratamientos, animal y periodo.

Respecto a la tasa de pasaje de la dieta hubo diferencias significativas ($P < 0,05$) entre las fuentes evaluadas, siendo superior el tratamiento con follaje de poró.

Los consumos promedios 2,48 y 2,42 kg de materia seca por 100 kilo de peso vivo fueron similares para los tratamientos donde se suministro poró y urea. Sin embargo el consumo de materia seca en la ración con poró fue superior ($P < 0,05$) al consumo en el tratamiento con harina de pescado (2,35 kg MS/100 de PV/d)

Los consumos totales de ED para los tratamientos de urea y harina de pescado (7,58 y 7,30 Mcal /100 kg PV/d) fueron similares. A su vez el tratamiento de follaje de poró tuvo igual consumo de ED que el tratamiento de harina de pescado (7,16 Mcal kg PV/d). Siendo inferior a la ración cuya fuente nitrogenada fue la urea.

Respecto a las ganancias de peso existió diferencias significativas ($P < 0,0436$) entre los tratamientos evaluados. El tratamiento de harina de pescado produjo ganancias diarias promedios de 0,763 kg/novilla/día, superior ($P < 0,05$) a la obtenidas con urea (0,592 kg/novilla); pero similar al tratamiento de poró (0,647 kg/novilla/día).

La eficiencia biológica de utilización de la proteína y la ED consumida fue mayor en el tratamiento con harina de pescado. Sin embargo el análisis económico indicó que en la suplementación con follaje de poró y urea, los costos variables son menores con respecto a la harina de pescado.

VASQUEZ, R.F. 1991. Comparison of poro (*Erythrina poeppigiana*) foliage with nitrogen sources as a dietary supplement for dairy heifers fed with a diet based on sugar cane (*saccharum officinarum*). Thesis Mag. Sc. C.R, CATIE. 107 p.

Keywords: Nitrogenated supplement, ruminal fermentation, urea-nitrogen, bypassed protein, dairy heifers, weight gain, poro foliage, fish meal, urea, sugar cane.

Abstract

Poro (*Erythrina poeppigiana*) foliage was compared to two sources of nitrogen: fish meal and urea as a supplement for dairy heifers fed a base diet of integral sugar cane and an energy supplement of molasses and rice polishing.

Twenty-four Jersey, criollo and cross-breed heifers with an average weight of 150 kg were used. Three young fistulated bulls (400 kg B.W) were also used to study the ruminal dynamics and fermentation patterns. The heifers were confined and were offered an individual daily ration which was calculated to fill the nutritional requirements for a daily weight gain of 800 g. They were given water twice a day, and had continuous access to mineral salts.

A completely random design balanced with eight replications was used to evaluate weight gain; a 3x3 Latin square was used for the fistulated bulls, and an arrangement of split plots was used for both designs.

Results indicated that ruminal fermentation, pH, volatile fatty acid, and molar proportion concentrations, acetic acid, propionic acid and butyric acid parameters were not changed by the effect of ruminal degradation of the different nitrogen sources. However, concentrations of ammoniacal nitrogen in the rumen and urea-nitrogen in the blood were slightly modified.

Sugar cane dry matter ruminal degradation parameters were not affected by this nitrogen source.

There were significant differences ($P < 0.05$) between the sources evaluated for the diet rate of passage; the rate of the poro foliage superior to the other nitrogen sources.

There were also significant differences between treatments with respect to daily dry matter intake. Average consumption of 2.48 and 2.42 kg. of dry matter per 100 kg. LW were found for the treatments where poro and urea were given, being similar from the statistical point of view. However,

consumption of dry material in the ration with poro was higher ($P < 0.05$) than that in the treatment with fish meal (2.35 kg. DM/100 of CW/day).

Total consumption of DE for the urea and fish meal treatments (7.58 and 7.30 Mcal/100 kg. CW/day) were statistically similar. Also, the poro foliage and the fish meal treatments had the same consumption of DE (7.16 Mcal kg. CW/day). This was lower than the ration whose nitrogenated source was urea.

There were significant treatment differences ($P < 0.0436$) for daily weight gain. The fish meal treatment produced daily gains of 0.763 kg/heifer/day, superior ($P < 0.05$) than with urea (0.592 kg/heifer); however, urea was similar to the poro treatment which showed daily gains of 0.647 kg/heifer/day.

As far as nutrient utilization efficiency is concerned, the fish meal treatment requires less protein and energy to produce a kilogram of meat than the other nitrogenated sources. However, the economic analysis indicated that variable costs are less in the supplementation with poro foliage and urea than those with fish meal.

INDICE DE CUADROS

1. Raciones balanceadas para los tratamientos experimentales	25
2. Composición química de los alimentos utilizados	38
3. Resumen de los análisis de varianza de los parámetros de fermentación ruminal	40
4. Resumen de los análisis de varianza de los parámetros de la degradación ruminal de la materia seca de la caña de azúcar	56
5. Análisis de varianza de la concentración de urea nitrógeno (mg/100/ml) en suero sanguíneo	60
6. Resumen de los análisis de varianza de los parámetros de la tasa de paso de la dieta	64
7. Efecto de los tratamientos sobre la tasa de paso de la dieta	65
8. Resumen de los análisis de varianza de los consumos medios totales de MS, PC, y ED (100 kg pv/ d)	69
9. Resultados del análisis de regresión lineal de los pesos de las 24 novillas experimentales	70
10. Efecto de las diferentes fuentes nitrogenadas sobre la ganancia de peso (g/d) en novillas de lechería	71
11. Eficiencia en el uso de los nutrientes suministrados para la producción de carne	73
12. Análisis de presupuestos parciales para los diferentes tratamientos	75

INDICE DE CUADROS EN EL ANEXO

1A. Efecto de los tratamientos sobre los parámetros de fermentación Ruminal	88
2A. Efecto de los tiempos de muestreo sobre los parámetros de fermentación ruminal	89
3A. Efecto de las diferentes fuentes nitrogenadas sobre los parámetros de degradabilidad ruminal de la materia seca de la caña de azúcar	91
4A. Porcentaje promedio de degradación ruminal de la materia seca de la caña de azúcar por tiempos de incubación	92
5A. Efecto de los tratamientos sobre la concentración de urea-nitrógeno (mg/100 ml) en suero sanguíneo	92
6A. Efecto de los tiempos de muestreo sobre la concentración de urea-nitrógeno (mg/100 ml) en suero sanguíneo	93
7A. Consumo de MS en (kg/100 kg PV) por novilla para cada etapa y tratamiento	93
8A. Consumo de proteína cruda (g/100 kg PV /novilla), para cada etapa y tratamiento	94
9A. Consumos de energía digestible (Mcal/100 kg PV) por novilla, para cada etapa y tratamiento	95
10A. Pesos en kg por novilla, para cada etapa y tratamiento	96
11A. Resultado del ANDEVA para los parámetros de Fermentación Ruminal	97
12A. Resultado del ANDEVA para los parámetros de degradación ruminal de la materia seca de la caña de azúcar	100
13A. ANDEVA nitrógeno - urea en sangre	101
14A. Resultado del ANDEVA para los parámetros de Tasa de Pasaje de las dietas	102
15A. Resultado del ANDEVA para el consumo, medios totales en materia seca, proteína cruda y energía digestible (100 Kg-1 Pv día-1)	103
16A. Resultado del ANDEVA de la ganancia de peso en kg/día	104

INDICE DE FIGURAS

1. Cambios en el pH ruminal en función del tiempo post-alimentación en animales suplementados con poró, harina de pescado y urea	42
2. Cambios en la concentración de ácidos grasos volátiles en función del tiempo postalimentación en animales suplementados con poró, harina de pescado y urea	44
3. Proporción molar de ácido acético a nivel ruminal para los tratamientos, poró, harina de pescado y urea, en función del tiempo de muestreo	46
4. Cambios en la proporción molar de ácido propiónico en función del tiempo postalimentación en animales suplementados con poró, harina de pescado y urea	48
5. Proporción molar de ácido butírico a nivel ruminal para los tratamientos poró, harina de pescado y urea, en función del tiempo de muestreo	50
6. Concentración de nitrógeno amoniacal (mg/100 ml) de licor ruminal	53
7. Degradabilidad <i>in situ</i> de la materia seca de la caña de azúcar	55
8. Concentración de urea (mg/100 ml) en suero sanguíneo en novillas de lechería, antes y después de recibir las raciones bajo estudio	62
9. Consumo de materia seca, proteína cruda y energía digestible (por 100 kg PV día ⁻¹) en función de los tratamientos	69
10. Efectos de las diferentes fuentes nitrogenadas sobre la ganancia de peso (g/novilla/día)	72

INDICE DE FIGURAS EN EL ANEXO

1A. Tasa de pasaje promedio para la dieta de poró	105
2A. Tasa de pasaje promedio para dieta con harina de pescado	106
3A. Tasa de pasaje promedio para la dieta de urea	107

1. INTRODUCCION.

En el trópico, las gramíneas constituyen el principal recurso forrajero para la alimentación bovina. Sin embargo, sus contenidos de proteína y energía a menudo limitan la producción de leche y el crecimiento de hembras de reemplazo. Además, las variaciones estacionales hacen que durante la época seca haya una disminución en la disponibilidad y calidad del forraje que afecta no solo a la producción de leche o el crecimiento obtenidos durante la época seca, sino también el comportamiento reproductivo de las vacas y novillas.

En muchos casos, se recurre al uso de alimentos concentrados para aliviar esta situación; sin embargo, el alto costo de ellos, en especial de las fuentes proteicas convencionales, hace que su utilización en términos generales sea antieconómica. Lo anterior hace necesario el buscar sistemas alternativos de bajo costo accesibles a los finqueros para que puedan incrementar la productividad de los sistemas de producción de carne y/o leche.

Los follajes provenientes de arbustos y árboles leguminosos, por su alto contenido de nitrógeno, representan un potencial importante como fuente proteica en la alimentación de rumiantes. Estos árboles y arbustos, pueden ser producidos a nivel de finca, ayudando no solo a mejorar la respuesta animal sino también que su inclusión en los

sistemas de producción pecuaria se traduce en una mejora de suelo, debido a la capacidad de éstos para fijar nitrógeno y reciclar nutrientes, a través de la caída de las hojas, además del posible recirculamiento por medio de las heces y orina.

Es entonces importante el conocer cuál es la respuesta cuando se suplementan animales con fuentes nitrogenadas convencionales (p.e harina de pescado, urea) o con follajes provenientes de árboles y arbustos.

Con base en las consideraciones descritas anteriormente, los objetivos del presente trabajo fueron:

Objetivo General.

-Evaluar el follaje de poró (*Erythrina poeppigiana*) como suplemento proteico comparado con dos fuentes nitrogenadas: urea y harina de pescado, en novillas de lechería alimentadas con una dieta basal de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*).

Los objetivos específicos.

-Comparar en términos de ganancia de peso, en terneras de lechería, tres fuentes nitrogenadas de diferente degradación potencial en el rumen (urea, poró y harina de pescado) complementadas con una dieta basal de caña de azúcar integral, melaza y pulidura de arroz.

-Comparar los efectos de la suplementación de poró, urea y harina de pescado sobre la función ruminal, degradación de la materia seca de la caña de azúcar y la tasa de pasaje de las diferentes dietas.

-Determinar las posibles ventajas económicas de la utilización del follaje de poró como suplemento proteico en comparación con dos fuentes nitrogenadas convencionales.

2. REVISION DE LITERATURA.

2.1. Utilización del nitrógeno por el rumiante.

2.1.1. Formas de nitrógeno en los forrajes.

La concentración y el tipo de los materiales nitrogenados en los forrajes es variable, al igual que su localización en el tejido vegetal (Pichard y Van Soest, 1977).

El nitrógeno en los alimentos puede dividirse en dos grupos principales: proteína verdadera (PV) y nitrógeno no proteico (NNP). La fracción soluble de NNP de los forrajes frescos esta compuesta de nitratos y aminoácidos no esenciales.

La proteína cruda (PC) representa una combinación de proteína verdadera (PV) y nitrógeno no proteico (Van Soest, 1982 ; Van Horn, 1987).

Del nitrógeno contenidos en los forrajes verdes, cerca del 80% esta en la forma de proteína verdadera (PV) de alto valor biológico, principalmente en el citoplasma y los cloroplastos de las células (Van Soest, 1982). Estas proteínas se encuentran en forma soluble en el contenido celular siendo sensibles al calor y cambios en el pH (Little *et al.* 1963).

2.1.2. Degradabilidad ruminal del nitrógeno.

La proteína verdadera es parcialmente degradada por los microorganismos del rumen a péptidos, aminoácidos y amonio, existiendo una fracción que escapa de la fermentación ruminal, lo cual varía dependiendo de la fuente proteica utilizada. La fracción que no es degradada queda disponible para ser digerida por la acción enzimática que existe en el abomaso e intestino delgado (Satter y Roffler, 1975; Maynard et al. 1985; Van Soest, 1982; Van Horn, 1987).

Los microorganismos del rumen pueden sintetizar proteínas a partir de péptidos, aminoácidos y otros compuestos de NNP en la dieta. El "pool" ruminal de NNP se compone de diferentes fracciones, siendo el NH_3 libre la más importante; ya que representa de un 80 a un 95% del total. Cualitativamente, ésta es la molécula básica para la síntesis proteica en la mayoría de las bacterias. La proteína microbial es posteriormente digerida y absorbida, siendo una fuente apropiada de aminoácidos esenciales, aún si la dieta original no los contenía en cantidades adecuadas.

El uso óptimo del NNP es función de la concentración de NH_3 en el líquido ruminal. Así, Henderickx (1976) demostró que para una síntesis proteica microbiana óptima se requiere una concentración de 8 a 10 mg de NH_3 /100 ml de líquido ruminal, siempre y cuando el sistema ruminal no esté limitado por la energía.

Por su parte, Satter y Roffer (1977) concluyeron que la concentración óptima de $N-NH_3$ para obtener una máxima síntesis de proteína microbiana es de 5 mg/100 ml de licor ruminal. En contraste Mehrez et al. (1977) reportan que en ovinos con dietas de cebada el nivel óptimo de amonio fue de 19,4 mg/100 ml de licor ruminal. Estos resultados sugieren que la concentración óptima de $N-NH_3$ puede diferir para dietas altas en forrajes o concentrados.

Van Horn (1987), concluye si la concentración de amonio en el líquido ruminal es menor de 8 mg/100 ml de líquido ruminal, lo cual es usual en dietas con 12% de PC, el NNP es utilizado tan eficientemente como el nitrógeno proteico.

2.1.3 Nitrógeno reciclado.

Es ampliamente conocido el hecho de que la urea puede ser reciclada al rumen vía saliva o por difusión de la sangre a través de la pared ruminal, siendo posteriormente utilizada como fuente de nitrógeno por los microorganismos ruminales (Harris y Phillipson, 1962).

La cantidad de urea que llega al rumen vía saliva o por difusión parece estar en proporción directa con la cantidad de saliva secretada y con la concentración de urea en la sangre. La producción de saliva es afectada por la estructura física de la dieta, de tal manera que las dietas fibrosas con partículas grandes como los forrajes, aumentan la rumia y la

producción salival (Bailey y Balch, 1961; Nolan y Leng, 1972).

Según Preston y Leng (1989), el movimiento de la urea de la sangre hacia el rumen y la conservación de ésta en el cuerpo mediante una disminución en su excreción en la orina, son mecanismos para mantener el amoníaco ruminal por encima del nivel mínimo necesario para asegurar una síntesis microbial adecuada. Nolan y Stachiw (1979), trabajando con ovejas encontraron que con dietas a base de forraje fibrosos la cantidad de urea que entraba al rumen era relativamente pequeña (0,5 a 2,3 g/d). Sin embargo, Kennedy y Milligan (1978), encontraron que cantidades considerables de urea (6 a 10 g de N ureíco/día) eran reciclados en ovejas alimentadas con una dieta basal libre de N y suplementadas con 300 g de sacarosa.

2.1.4. Nitrógeno en sangre.

El nivel de nitrógeno ureíco en el plasma sanguíneo, tiene una relación directa con el consumo de proteína en la dieta (Manston et al. 1975; Oldram et al. 1979). Las concentraciones altas de amonio, más allá de la capacidad del hígado de metabolizarlo, pueden causar eventualmente una elevación en la concentración de amonio en la sangre y ocasionar intoxicaciones (>0,5 mg/100 ml de suero) y la muerte (>4 mg/100 ml) en rumiantes (Van Soest, 1982). Estas concentraciones altas son producto de un consumo elevado de

proteína o compuestos nitrogenados, que el animal no puede utilizar eficientemente (Rowlands, 1980). La deficiencia de energía también puede incrementar la concentración de amonio y la urea sanguínea, debido a las limitaciones que se imponen en la síntesis de proteína microbial (Lee et al. 1978). También el ayuno en animales puede elevar la concentración de urea-nitrógeno en la sangre como resultado de gluconeogénesis por catabolismo de aminoácidos (Sinnet-Shmith et al. 1987).

Según Kroenfeld et al. (1982), valores de 2 a 22 mg de urea/100 ml de suero sanguíneo pueden considerarse como normales. En contraste Hammond, citado por Blawiecked y Kincaid (1986), señala que niveles sanguíneos inferiores a 10 mg/100 ml de urea-nitrógeno, serían indicadores de una deficiencia proteica.

Montenegro (1989) reportó concentraciones de 6,7, 5,4 y 17,2 mg/100 ml de urea en suero sanguíneo de vacas en etapa de lactancia temprana (45 a 145 post parto), lactancia tardía (150 días en adelante) y vacas secas, respectivamente. Estos resultados fueron muy semejantes a los encontrados por Van Heurck, (1990), con una concentración de 6,6 y 4,7 mg/100 ml, en vacas lecheras que pastoreaban en un asocio de gramínea-leguminosa y gramínea en monocultivo, respectivamente.

2.2. Utilización del poró en la alimentación de rumiantes.

Poró gigante (*Erythrina poeppigiana*) es una leguminosa arbórea perteneciente a la subfamilia Papilionacea. El género agrupa a más de cien especies, muchas de ellas clasificadas como árboles de uso múltiple. En América Central y particularmente en Costa Rica, el poró gigante es utilizado desde 1900 como árbol de sombra en los cafetales y más tarde como sombra en los cacaotales. También es utilizado en cercas vivas y en años recientes en la elaboración de papel absorbente. Es importante también destacar su papel como planta fijadora de nitrógeno y el aporte de nutrimentos al suelo vía caída de ramas y hojas (Russo, 1983).

La asociación de *Erythrina* spp. con pasto se encuentra en varias partes de Costa Rica. Frecuentemente el origen de esta asociación se remonta a la presencia de *Erythrina* como árboles de sombra en cafetales viejos; cuando el finquero sustituye el café por el pasto, deja estos árboles. En otros casos es debido al esfuerzo de establecer y mantener *Erythrina poeppigiana* con pasto, ya que el finquero se ha dado cuenta del beneficio que ésta le provee en la mejora del suelo, y necesidad de menos abono químico para mantener la producción del pasto (Beer, 1980).

2.2.1. Producción de Biomasa y valor nutritivo del poró.

La producción de biomasa del poró depende del sistema agroforestal en que se encuentre, de la especie y del manejo

que se le dé a la plantación. En sistemas asociados con café, donde el objetivo principal es obtener sombra en ciertas etapas del cultivo y donde los árboles son podados una vez al año, se han obtenido rendimientos promedio de 6,4 kg de materia seca (MS) de biomasa comestible por año (Russo,1982).

En un trabajo realizado por Rodríguez (1985) donde se evaluaba la producción de biomasa del poró (*Erythrina poeppigiana*) asociado al King grass (*Pennisetum purpureum* X *P. typhoides*) a diferente densidad y frecuencia de poda, los mejores resultados fueron de 1,5 kg de MS comestible/árbol/poda, bajo un tratamiento de poda cada 4 meses y con árboles sembrados a 3 x 2 m.

Desde el punto de vista del valor nutricional, la característica más atractiva del poró, es su alto contenido de nitrógeno, ya que su contenido de energía digestible es similar al de las pasturas tropicales (Chana y Romero, 1990).

Espinoza (1984), encontró que el contenido total de nitrógeno es ligeramente superior en los materiales podados cada 5 meses y presenta una disminución conforme se avanza del ápice a la base de la rama. En hojas de tres meses el contenido de PC varió de 30,1% para aquellas localizadas en la parte apical, hasta 22% para las basales. En los pecíolos, la PC varió de 12% en las porciones superiores hasta 8,5% en las inferiores. Para los tallos la disminución fue de 12,2% a 9,2%, respectivamente.

En lo que respecta al contenido energético del poró, Benavides (1983) obtuvo valores de digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) que varían de acuerdo a los diferentes componentes y su posición en la rama, teniendo una tendencia a disminuir del ápice a la base de la rama. Así en las hojas apicales la DIVMS fue de 74,1% mientras que en las hojas basales de 37,4%; para los pecíolos el valor de DIVMS apical fue 70,1% y 59,8% para los basales. La digestibilidad mayor se obtiene en la parte apical y este valor disminuye de hoja a pecíolo y a tallo, respectivamente.

2.2.2. Utilización de Poró en bovinos en crecimiento.

Pineda (1986), evaluó el follaje de poró (*Erythrina poeppigiana*) en la alimentación de terneras de lechería, sustituyendo progresivamente la proteína cruda aportada por la harina de soya, por la proveniente del follaje de poró. Como tratamientos se utilizaron cuatro niveles de sustitución 0, 33%, 67% y 100%. Los resultados obtenidos no mostraron diferencias significativas entre tratamientos respecto a las ganancias de peso; sin embargo el análisis económico mostró que se podía sustituir satisfactoriamente hasta un 65% de la proteína aportada por la harina de soya por follaje de poró.

Vargas (1987), evaluó la suplementación con poró (*Erythrina coccleata*) en toretes manejado bajo pastoreo. Los tratamientos evaluados fueron: T1 = pastoreo, T2 = pastoreo + poró (0,3% del PV en MS), T3 = pastoreo + poró (0,5% del PV

en MS), T4 = pastoreo + poró (0,7% del PV en MS) y un tratamiento de pastoreo + poró al 0,5% del PV y banano verde (T5). Los resultados obtenidos mostraron diferencias importantes en las ganancias diarias de peso entre los tratamientos, siendo éstas en su orden 579, 524, 509, 398, 380 g para los tratamientos T5, T3, T4, T1, y T2, respectivamente. El autor concluyó que los mayores niveles de poró, como único suplemento, tiene un efecto benéfico significativo sobre la tasa de crecimiento de los toretes, y que el uso de una fuente energética suplementaria incrementa este beneficio.

2.2.3. Utilización de poró en la producción de leche.

Gutiérrez et al. (1986), realizó un ensayo para evaluar el efecto de la suplementación de poró (*Erythrina poeppigiana*) más banano maduro y concentrado comercial en cabras consumiendo King grass (*Pennisetum purpureum* x *P. typhoides*). La producción de leche obtenida fue mayor bajo el tratamiento con concentrado, sin embargo, los animales que consumían poró y banano mostraron ganancias de peso significativamente ($P < 0.05$) superiores y un mayor consumo de materia seca.

Samur (1984), estudió el efecto del tipo y la forma de suministro de la fuente energética que acompaña al poró (*Erythrina poeppigiana*), sobre la producción de leche en cabras. En dicho estudio comparó el uso de banano verde y

maduro, así como el suministro del mismo antes (1 hora) o junto con el poró. Los resultados indicaron que la producción de leche y el contenido de grasa de la leche fueron significativamente superiores en los animales que consumieron banano verde. No se observaron diferencias con relación al momento de suministro del poró.

Tobón (1988), evaluó el poró (*Erythrina poeppigiana*) como suplemento proteico en vacas de la razas Criollo Lechero, Jersey y sus cruces las cuales pastoreaban en un complejo de pasto natural (*P. conjugatum* y *A. compressus*), *Brachiaria* (*B. ruziziensis*) y el estrella (*C. nlemfuensis*), con un contenido promedio de 8,4% de PC y una carga de 1,9 U.A./ha. Los niveles de consumo de MS de poró que se observaron fueron: 0,19%, 0,37% y 0,53% del PV, observando un efecto lineal positivo del consumo de poró sobre la producción de leche. Los contenidos de sólidos totales, proteína y grasa no fueron afectados por la suplementación con poró.

Abarca (1989), evaluó en vacas Jersey, pastoreando rotacionalmente pasto estrella (*C. nlemfuensis*), el efecto de la suplementación con poró (3,0 kg MS vaca/día) y harina de pescado (0,71 kg MS vaca/día) en arreglo factorial con dos niveles de melaza (1,44 y 2,88 kg de MS vaca/día). El autor indica que la fuente proteica afectó significativamente el consumo de pasto, la producción de leche y sólidos totales. EL consumo de pasto fue mayor en las vacas que se

suplementaron con poró (2,03 y 1,5% PV, respectivamente). El mismo comportamiento se observó para la producción diaria de leche y sólidos totales por vaca (9,0 kg y 12,1% versus 8,2 kg y 10,4% para harina de pescado y poró, respectivamente). En contraste, no se encontraron diferencias en la concentración de grasa láctea debidas a las fuentes proteicas o los niveles de melaza. El análisis económico indicó una mayor rentabilidad a favor del tratamiento con poró sobre la harina de pescado.

Alagón (1990), trabajando con vacas lecheras alimentadas con caña de azúcar integral, comparó el follaje del poro (*Erythrina poeppigiana*), con tres fuentes nitrogenadas de diferente degradabilidad ruminal. Los resultados evidencian que en producción de leche, la harina de pescado y la harina de soya fueron superiores ($P < 0,05$) al follaje de poro y la urea (11,0, 10,5, 9,6 y 9,3 kg/vaca/día, respectivamente). Asimismo, la concentración de grasa, proteína y sólidos totales de la leche fueron modificados por los tratamientos, siendo superiores para harina de pescado, y soya en cuanto a la concentración de proteína, mientras que la suplementación con poró resultó en un mayor rendimiento de grasa y sólidos totales. El análisis económico evidenció que la suplementación con poró, harina de pescado y urea no presentaron diferencias importantes en los beneficios económicos, sin embargo los costos variables fueron menores al suplementar con poró y urea.

2.3. Utilización de la caña de azúcar en la alimentación de rumiantes.

Las características esenciales de los sistemas de alimentación animal a base de caña de azúcar son los siguientes: utilización de caña madura (el jugo deberá tener por lo menos de 12-16 grados Brix), la cual debe ser picada en partículas no más largas de 10-20 mm; y suplementación con urea (10 g de urea/kg de caña fresca). Cuando esta ración se da como dieta única, al menos debería cubrir los costos de mantenimiento del ganado (Preston, 1988).

Meyreles *et al.* (1977) evaluaron el efecto de diferentes niveles de sustitución de urea (0, 20, 40, ó 60%) por follaje de yuca, sobre los parámetros de fermentación ruminal, en animales alimentados con una dieta basal de caña de azúcar. No se detectaron diferencias significativas atribuibles a las dietas en los principales parámetros de fermentación ruminal (pH, biomasa protozoaria, producción y proporción de ácidos grasos volátiles y concentración de amoníaco), ni en los niveles de urea sanguínea. El consumo de materia seca total fue mayor en las dietas que contenían follaje comparado con el control que solamente tenía caña de azúcar/urea.

Ferreiro *et al.* (1977) realizaron un experimento para examinar el efecto de la fuente de nitrógeno sobre la fermentación ruminal, en dietas basales de caña de azúcar picada. Los tratamientos evaluados fueron: a) Dieta basal con

10 g de urea y 15 g de sulfato de amonio/kg de caña fresca; b) dieta basal más 33 g de pescado ensilado/kg de caña fresca; c) dieta basal más 12,5 g de harina de pescado/soya (1:13) por kg de caña fresca; d) dieta basal más 20 ml de propionato de sodio /kg de caña fresca. El consumo de materia seca tendió a ser más alto con el suplemento de harina de pescado/soya, mientras que el ensilaje de pescado se asoció con consumos significativamente menores que en los demás tratamientos. No hubo diferencias en los patrones de fermentación ruminal atribuibles a los tratamientos, pero se detectó significancia para la interacción tratamiento por tiempo de muestreo. Los resultados de este experimento proveen más evidencias de la estabilidad del patrón de fermentación ruminal en dietas de caña de azúcar. Parece ser que éste no es afectado ni por la naturaleza de los suplementos energéticos utilizados ni por el rango amplio de fuentes de nitrógeno que han sido evaluadas.

Ruiz *et al.* (1978) evaluaron diferentes niveles de afrecho de trigo (0, 500, 1000 y 1500 g/d) sobre los parámetros de fermentación ruminal, volumen del rumen y tasa de flujo, en novillos y alimentados con dietas basales de caña de azúcar. El pH del licor ruminal, las proporciones de ácidos grasos volátiles totales y el volumen ruminal no fue afectado por el nivel de afrecho de trigo, pero si se incrementó la tasa de flujo ruminal. Los autores concluyeron que la fermentación ruminal (medidas por pH y proporciones de

AGV) de los animales alimentados con caña tiende a ser muy estable.

Valdez et al. (1977) realizaron un experimento para determinar la función del rumen en el ganado alimentado con caña de azúcar, con o sin pulidura de arroz. Las dietas consistieron en: caña integral cortada, fresca y madura de 12-14 meses de edad. La caña se suplementó con una solución de urea en miel (817 g de miel final de 88° Brix + 208 g de agua + y 263 g de urea) la cual se roció sobre la superficie de la caña a nivel de 50 ml/kg de caña fresca. Los resultados a raíz de este estudio indican que parece no haber diferencias en la biomasa protozoaria, en ninguno de los parámetros ruminales del ganado alimentado con caña de azúcar con o sin pulidura de arroz. Esto sugiere que el efecto benéfico de la pulidura de arroz sobre el comportamiento animal posiblemente esté directamente relacionado por medio del suministro de nutrientes esenciales por absorción.

Preston et al. (1976) evaluaron diferentes niveles de pulidura de arroz (0, 300, 900 y 1200 g/animal/día) y dos métodos de procesamiento de la caña de azúcar: descortezado y picado. No se detectaron diferencias en consumo de caña fresca o de materia seca total atribuibles al método de procesamiento. En contraste, este parámetro tendió a incrementarse con el consumo de pulidura de arroz. La ganancia de peso mostró una tendencia similar a la del

consumo, incrementándose casi un 400% entre niveles de cero y 1200 g/d de pulidura de arroz.

Ferreiro et al. (1976) utilizando novillos variaron las proporciones de punta y tallo en una ración de caña de azúcar suplementada con una solución de miel/urea (283 g de urea /litro) a razón de 50 ml/kg de caña fresca y 1 kg de pulidura de arroz. Durante la prueba de 98 días hubo una relación positiva en los parámetros: índice de consumo voluntario y ganancia de peso cuando se aumento la proporción de tallo. En cambio la conversión alimenticia empeoró al aumentar la proporción de puntas. Las ecuaciones de regresión que describieron estas relaciones fueron: índice de consumo (kg MS/100 kg PV) $Y = 1,74 + 164X - 0,00009X^2$; ganancia diaria (g/d); $y = 593 + 2,51X$; conversión alimenticia (kg MS/kg ganancia: $Y = 7,71 + 0,0134X$; donde x es el número de días de la prueba.

López et al. (1977) realizaron un experimento para comparar niveles altos (336 g/d) o bajos (176 g/d) de proteína suplementaria, proporcionados en combinaciones de pulidura de arroz y harina de sangre equivalentes a 100, 86 y 71% como harina de sangre en el nivel alto y 100, 73 y 55% en el nivel bajo. La dieta básica fue caña de azúcar integral picada y una solución de miel final conteniendo un 10% de urea, ambas a libre acceso. El mayor incremento de peso (839 g/d) se obtuvo con la combinación de 800 g/d de pulidura y 100 g/d de harina de sangre. El consumo de materia seca fue

mayor en la combinación de 800 g/d de pulidura y 300 g/d de harina de sangre.

Silvestre *et al.* (1977) utilizando 18 novillos cebú realizaron un ensayo para evaluar el consumo voluntario y ganancia de peso de animales que tenían libre acceso a caña integral picada y a una solución de miel/urea que variaba de 25 a 100 g urea/kg de melaza. Además, cada animal recibió 600 g/d de torta de algodón y minerales. El efecto principal de aumentar la concentración de urea en la miel, fue reducir linealmente el consumo de la mezcla de miel/urea con el consiguiente aumento del consumo de caña. Este cambio en la composición de la dieta estuvo asociado con una tendencia hacia mayores tasas de ganancia en peso y conversión alimenticia. Además hubo cambios relativos en el patrón de fermentación ruminal caracterizados por una tendencia hacia más altas proporciones molares de ácido propiónico, a expensas del ácido butírico. Con el sistema de alimentación utilizado en este experimento, parece que para fines productivos la energía digerible de la caña es usada más eficientemente que la de la miel.

Hulman *et al.* (1981) evaluaron tres niveles de leucaena fresca (1, 2 y 3% del peso vivo) como suplemento para animales en crecimiento con una dieta básica de caña de azúcar integral picada y suministrada *ad libitum*, conteniendo 3% de urea en base a materia seca. Las tasas de crecimiento fueron bajas: 64, 105 y 197 g/animal/día para los niveles de

leucaena 1, 2 y 3%, respectivamente. El forraje de leucaena aumentó significativamente el consumo total de materia seca y las tasas de crecimiento. El consumo de la caña de azúcar fue más bajo en el nivel más alto de leucaena. La muy baja tasa de degradación de la caña de azúcar al parecer contrarrestó la ventaja de la leucaena como fuente combinada de forraje y proteína, debido al aumento en el nivel de fibra en el rumen.

3. MATERIALES Y METODOS.

3.1. Localización.

El presente trabajo se desarrolló en la Finca Experimental del Area de Ganadería Tropical del Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica. EL CATIE se encuentra localizado a 9° 53' Latitud Norte y 83° 38' Longitud Oeste, a una altitud de 602 msnm, con una temperatura media anual de 22,1 °C y una precipitación media anual de 2.599 mm, distribuidos más o menos uniformemente durante el año, estando el periodo de menor precipitación entre enero y abril. La humedad relativa es de 90,4%. Turrialba corresponde una zona de vida de Bosque Muy Húmedo PreMontano, según la clasificación de Holdridge (1978).

3.2. Animales experimentales: alimentación y manejo.

Se utilizaron 24 novillas de las razas Jersey, Criollo Lechero Centro Americano y sus cruces, las cuales fueron seleccionadas al azar con una edad aproximada de 15 meses y un peso promedio de 150 kg. Además se utilizaron 3 novillos fistulados con un peso promedio de 400 kg.

Las novillas fueron seleccionadas de los hatos en pastoreo, desparasitadas y estabuladas. El alimento se les ofreció una vez al día en forma individual mientras que el

agua se les proporcionó dos veces por día. Las novillas tuvieron siempre acceso a sales minerales.

Inicialmente hubo una etapa de adaptación de 15 días. En esta etapa las novillas recibieron la dieta que les iba a corresponder durante la fase experimental. Esta dieta estaba formulada para suplir los requerimientos nutricionales para una ganancia de peso diaria de 800 g. La etapa experimental tuvo una duración de 105 días.

Los novillos fistulados al rumen entraron a la etapa experimental 15 días después de haber iniciado la etapa experimental las novillas. Cada novillo permaneció un periodo de 15 días en cada dieta, la cual estaba balanceada para suplir sus requerimientos de mantenimiento. Todos los novillos pasaron por todas las dietas. Los últimos tres días de cada periodo se tomaron muestras individuales de licor ruminal y se midió el pH, nitrógeno amoniacal y los ácidos grasos volátiles. Además, en cada periodo se determinó la degradación ruminal de la materia seca de la caña de azúcar.

3.3. Manejo de los forrajes.

Las plantaciones para la obtención del follaje de poró (*Erythrina poeppigiana*) y la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) se encuentran en terrenos del CATIE. Para la suplementación con poró, se utilizaron aproximadamente 8 árboles por día, los cuáles se podaron secuencialmente, de

manera que el follaje tuviese una edad de rebrote entre 4 a 5 meses al momento de la poda. El follaje de poró en oferta consistió de una mezcla compuesta por hojas, pecíolos y tallos tiernos.

La caña de azúcar utilizada fue la variedad Pindar y tenía una edad entre 14 y 18 meses.

3.4. Tratamientos evaluados.

Los tratamientos consistieron de 3 fuentes nitrogenadas con diferente potencial de degradación ruminal más un complemento energético quedando compuesta de la siguientes manera:

Tratamiento 1: poró + melaza + pulidura de arroz + caña de azúcar.

Tratamiento 2: harina de pescado + melaza + pulidura de arroz + caña de azúcar.

Tratamiento 3: urea + melaza + pulidura de arroz + caña de azúcar.

Las cantidades de los suplementos proteicos y los suplementos energéticos estuvieron en función de los requerimientos nutricionales de las novillas, para mantenimiento y ganancia de 800 g/d, balanceándose raciones isoproteicas e isoenergéticas según las tablas NRC (1988).

Como las Tablas de la NRC (1988) están dadas para novillas con un peso vivo mínimo de 100 kg y máximo de 600 kg, con intervalos de 50 kg, y el promedio de peso vivo de las novillas durante el ensayo fue de 194 kg, fue necesario generar ecuaciones de regresión lineal para determinar los requerimientos de energía digestible y proteína, a partir de datos de las Tablas de la NRC (1988) para novillas en crecimiento. Las ecuaciones generales fueron:

$$ED = 2.53 + 0.0576 (X) R^2 = 0.99.$$

$$PC = 130.05 + 2.7294 (X) R^2 = 0.96$$

Donde X = peso vivo de las novillas en kg.

En el Cuadro 1 se presentan las raciones experimentales utilizadas en el ensayo y tomando como referencia una novilla de 194 kg de peso. Sin embargo cada novilla recibió la dieta correspondiente de acuerdo a su peso vivo, la cual fue ajustada después de cada pesaje.

Cuadro 1. Raciones balanceadas para los tratamientos experimentales.

Novilla: 194 kg PV

DESCRIPCION	MS (kg)	ED, Mcal	PC (g.)	kg	% MS
Requerimientos	4,80	13,93	660,00	en fresco	base seca

Suplemento: Poró

Melaza	0,41	1,38	24,86	0,55	8,3
Pulidura de arroz	0,87	3,21	109,62	1,00	17,5
Caña de azúcar	1,89	5,11	42,50	6,40	38,1
Poró	1,79	4,29	483,30	8,50	36,1
TOTAL	4,96	13,99	660,28	16,45	100,00

Suplemento: Harina de pescado

Melaza	0,41	1,38	24,86	0,55	9,2
Pulidura de arroz	0,87	3,21	109,62	1,00	19,5
Caña de azúcar	2,52	6,80	56,70	8,50	56,5
Harina de pescado	0,663	2,55	468,74	0,746	14,8
TOTAL	4,46	13,94	659,92	10,80	100,00

Suplemento: Urea

Melaza	0,94	3,12	46,88	1,25	20,4
Pulidura de arroz	1,33	4,90	168,02	1,50	28,9
Caña de azúcar	2,19	5,91	49,28	7,40	47,6
Urea	0,138	-	394,90	0,139	3,0
TOTAL	4,60	13,93	659,08	10,29	100,00

3.5. Variables evaluadas.

3.5.1. Parámetros de fermentación ruminal.

3.5.1.1. PH ruminal.

Los últimos tres días de evaluación, en cada periodo, y para cada uno de los novillos fistulados se midió el pH, mediante lectura directa por medio del potenciómetro. El primer muestreo de licor ruminal, se efectuó momentos antes de suplementar los animales y los siguientes a las 2, 4, 8 y 12 horas de haberse suministrado las raciones experimentales.

3.5.1.2. Determinación de la concentración de ácidos grasos volátiles (AGV).

Las muestras de licor ruminal obtenidas en el penúltimo día de cada periodo fueron colectadas antes de la suplementación y a las 2, 4, 8 y 12 horas luego de ofrecidas las dietas. Estas muestras fueron recogidas en frascos de vidrio y tratadas con tolueno como preservante (3 gotas por muestra) con el objeto de inhibir la fermentación, siendo sometidas posteriormente a congelación para su posterior análisis. Los ácidos grasos volátiles totales presentes en cada muestra descongelada se determinaron por cromatografía de gas, utilizando el método de Playne (1985).

3.5.1.3. Determinación de amoníaco ruminal.

El muestreo se realizó en los últimos tres días del periodo de evaluación antes y después de ofrecidas las

dietas; adicionándose ácido sulfúrico para inhibir la fermentación (tres gotas por muestra) previo a la congelación de las mismas. Las muestras se mantuvieron congeladas por un periodo de 15 días. Inmediatamente después de la descongelación se determinó la concentración de amonio, mediante el método de destilación de Kjeldahl, (Bateman, 1970; modificado por Kass y Rodríguez, 1990).

3.5.2. Degradabilidad ruminal *in situ*.

Para determinar la degradabilidad ruminal de la materia seca, de la caña de azúcar se utilizó la técnica de la bolsa porosa de dacrón, según la metodología descrita por (Romero, 1990).

El material de la caña de azúcar proveniente de una muestra compuesta para cada periodo fue secado en un horno con flujo de aire forzado a 65 °C por 48 horas, hasta obtener un peso constante. Luego se molió en un molino Willey, usando una criba de 2 mm. En cada bolsa de dacrón se colocaron 5.0 gramos de muestra en cada animal y en cada período para los siguientes tiempos de incubación: 0, 3, 6, 12, 24, 48, 72, 96 y 120 horas. Las bolsas fueron amarradas a una cadena de acero inoxidable, de 40 centímetros de largo la cual fue depositada en el saco ventral del rumen. Una vez finalizada la incubación, las cadenas con las bolsas respectivas fueron extraídas de cada animal y lavadas inicialmente con agua potable y seguidamente en una lavadora de una capacidad de 2

kilogramos por 20 minutos. Una vez lavadas las bolsas y exprimidas adecuadamente para eliminar el exceso de agua, estas fueron secadas en una estufa a 65 °C por 48 horas, enfriadas en un desecador y pesadas.

Para el cálculo de degradabilidad o desaparición de la materia seca se aplicó la siguiente fórmula:

Degradabilidad de la materia seca (DMS):

$$\text{DMS\%} = \frac{\text{Materia seca inicial} - \text{Materia seca residual}}{\text{Materia Seca Inicial}} \times 100$$

3.5.2.1. Análisis de la Información.

Degradabilidad y parámetros de digestión ruminal.

La degradabilidad ruminal acumulativa en función del tiempo, se definió por la siguiente ecuación descrita por Orskov et al, 1979 (citado por Pezo, 1990).

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

Donde: P = porcentaje de degradación acumulativa en el tiempo "t".

A = Intercepto de la curva de degradación en el tiempo cero. Representa el componente del alimento que es soluble en licor ruminal.

B = Fracción que se degrada por acción microbial.

c = tasa de degradación, constante a la cual la fracción descrita como B es degradada por hora.

t = tiempo de incubación en el rumen, horas.

e = Base de los logaritmos naturales.

El procedimiento de ajuste para las curvas de degradabilidad acumulativa se realizó mediante el método de regresión no lineal de Marquardt's contenido en el sistema de análisis estadísticos de SAS (1982).

La tasa de degradación es la tasa a la cual se degrada el material en el rumen y se describe por el coeficiente C. El tiempo medio en que este material puede degradarse está dado por la siguiente fórmula:

$$T/2 = \ln 2/c.$$

Donde: T/2 = tiempo medio, horas

Ln2 = logaritmo natural de 2

c = tasa de degradación

3.5.3. Determinación de urea-nitrógeno en sangre.

Para determinar los niveles de urea-nitrógeno en el suero sanguíneo, se aleatorizaron cuatro novillas por tratamiento, a las cuales al finalizar el experimento se le colectaron 7 ml de sangre en tubos al vacío sin anticoagulante, mediante punción en la vena yugular con aguja

descartable. La toma de muestras se hizo a los tiempos: 0, 4, 8 y 12 horas después de haber ofrecido el alimento. Las muestras fueron centrifugadas a 3500 rpm durante 30 minutos, obteniéndose muestras de suero que fueron almacenadas a -17°C para su análisis posterior.

La determinación de urea-sanguínea se realizó mediante el método colorimétrico cuantitativo basado en la siguiente reacción: la urea es hidrolizada por la ureasa produciéndose amoníaco y dióxido de carbono. El amoníaco reacciona con hipoclorito alcalino y fenol en la presencia de un catalizador (nitroprusiato de sodio) para formar indofenol. Esta reacción es denominada reacción de Berthelot. La concentración de amonio es directamente proporcional a la absorbancia del indofenol, la cual es medida a 570 nm en espectrofotómetro.

Para la determinación de la concentración de urea sanguínea se siguió el procedimiento que se describe a continuación:

a) Se pipeteó 0.5 ml de la solución de ureasa a un tubo de ensayo.

b) Se adicionó 10 μl de suero sanguíneo. El tubo de ensayo se mantuvo a temperatura ambiente ($21-23^{\circ}\text{C}$) entre 15 a 20 minutos, para que la urea se hidrolice y libere amoníaco.

c) Luego se adicionó, 1,0 ml de solución de fenol nitropusia, 1,0 ml de hipoclorito de sodio y 5,0 ml de agua, en el orden respectivo y mezclándose después de cada adición.

d) Posteriormente se mantuvieron los tubos de ensayo por 25 minutos antes de realizar las lecturas en el espectrofotómetro. Para estimar la concentración de U-N se desarrolló una ecuación de calibración, la cual es descrita por el modelo de regresión siguiente:

$$Y = 1,8556 + 85,4795 (X) \quad (R^2 = 0,96)$$

donde:

Y : Urea- Nitrógeno mg / 100 ml

X : Absorbancia.

3.5.4. Velocidad de pasaje de las dietas.

Considerando los efectos posibles de los suplementos nitrogenados: poró, urea y harina de pescado; y para contribuir a explicar cualquier diferencia en la respuesta animal, se determinó la velocidad de paso, en tres novillas dentro de cada tratamiento seleccionados al azar de las tres dietas bajo evaluación. Para esta se utilizó fibra impregnada con cromo como marcador de fase sólida. La impregnación del cromo en la fibra se realizó según la técnica propuesta por Uden (1978), con ligeras modificaciones realizadas por Kass y Rodríguez (1990), según el siguiente procedimiento:

a) Se colectó de cada animal fistulado una muestra de contenido ruminal de aproximadamente 1 kg, la cual fue lavada en una criba de 3 mm para eliminar el líquido ruminal y las partículas más pequeñas.

b) El material lavado fue sumergido en una solución de detergente comercial, tratando de remojar totalmente el forraje y dejándolo en reposo por 24 horas. Luego se eliminó el detergente mediante un lavado en una criba de 3mm con abundante agua potable para su posterior secado a 65 °C en un horno de ventilación forzada por 24 horas.

c) La fibra seca fue puesta en una bandeja hecha de papel aluminio donde se le adicionó una solución de dicromato de sodio ($\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) al 15% P/V cubriendo la fibra, lo cual permitiría teóricamente tener una cantidad de cromo equivalente al 10% de la fibra utilizada. Se cubrió con papel aluminio, formando un paquete para cada material de tal forma que no permitiera pérdidas de cromo y se colocó en el horno a 104 °C por 24 horas.

d) Se hizo un nuevo lavado para eliminar únicamente el exceso de cromo (en estado de oxidación). Luego se sumergió en agua y se le adicionó píldoras de vitamina C (hasta lograr un cambio de cromo Cr^{+6} a Cr^{+3}), dejándose reposar por una hora, donde a expensas del ácido ascórbico, ocurrió la reducción del cromo. Cuando la fibra tomó el color verde, se lavó para secarla a 65 °C.

El porcentaje real de cromo ligado a la fibra fue de 14%, suministrándose a las novillas 50 g de fibra impregnada de cromo, la que fue consumida con el alimento, tratando que se comieran todo el material.

La toma de muestras de heces fue directa del recto, tomando como tiempo cero el momento de adicionar la fibra a la ración, siendo los otros tiempos de muestreo a las 0, 6, 12, 18, 24, 27, 30, 33, 36, 42, 48, 54, 60, 72, 84, 96, 108 y 120 horas.

Los cálculos se realizaron según el método propuesto por Van Soest, Uden y Wrick (1983). La estimación de la tasa de pasaje en el rumen (K_1), se asoció con el coeficiente "b" de la primera regresión y este a su vez se multiplicó por 100 para expresarla como porcentaje por hora. Igualmente para la tasa de pasaje por el tracto posterior (K_2), el coeficiente "b" de la segunda regresión se multiplicó por 100 para expresarla como porcentaje por hora.

3.5.5. Consumo.

El consumo individual diario fue calculado mediante la diferencia de las cantidades ofrecidas y rechazadas de cada ración. Además se tomaron dos muestras semanales del poró y de la caña de azúcar ofrecida y los rechazos de las dietas, haciéndose una muestra compuestas cada 21 días de cada uno de estos materiales, lo que debía coincidir con la pesada de los

animales. En estas muestras se determinó la materia seca, proteína cruda y digestibilidad.

3.5.6. Ganancia de peso.

Con el fin de determinar la tasa de crecimiento diaria para cada animal mediante análisis de regresión se tomó el peso inicial y cada 21 días durante el ensayo, siendo los animales ayunados con 12 horas de anticipación. Estos coeficientes fueron sometidos a un análisis de varianza para determinar los posibles efectos de los tratamientos.

3.5.7. Análisis económico.

Se efectuó un estudio económico comparativo para las ganancias de peso obtenidas en los diferentes tratamientos utilizando la metodología de presupuesto parcial (Dillón y Hardaker, 1980).

3.6. Diseño Experimental.

3.6.1. Fermentación Ruminal.

Los parámetros de fermentación ruminal de cada dieta, se analizaron utilizando un diseño de cuadrado latino en parcela dividida. A nivel de parcela estaban los animales como columna, los periodos como hileras y los tratamientos distribuidos dentro de ellos; en cambio, los tiempos de muestreo constituyeron las subparcelas.

El modelo matemático que permitió analizar los parámetros de fermentación ruminal fue el siguiente:

$$Y_{ijk1} = \mu + A_i + P_j + T(r) + \text{error (a)} + t_{k1j} + T*t(r)_k + e_{ij(r)k}.$$

donde:

μ = media general del experimento

A_i = efecto del i-ésimo animal

P_j = efecto del j-ésimo período

T_r = efecto del r-ésimo tratamiento

$E(a)$ = error asociado con la parcela grande

t_k = efecto del tiempo de muestreo

$T*t(r)_k$ = efecto de la interacción tratamiento * tiempo

$e_{ij(r)k}$ = error residual

3.6.2. Degradabilidad ruminal.

Los parámetros relacionados con la degradabilidad de la materia seca de la caña de azúcar, obtenidos del modelo de regresión se analizaron bajo un diseño de cuadrado latino, donde los novillos constituyeron las columnas y los períodos las hileras:

A = tratamiento follaje de poró.

B = tratamiento harina de pescado.

C = tratamiento de urea.

Período	Novillos		
	1	2	3
I	A	B	C
II	B	C	A
III	C	A	B

El modelo matemático utilizado fue:

$$Y_{ijk}(t) = \mu + \alpha_i + \beta_j + \tau_t + \epsilon_{ijk}(t)$$

Donde:

μ = es la media general.

α_i = es el efecto del i -ésimo período ($i = 1, \dots, 3$).

β_j = es el efecto del j -ésimo animal ($j = 1, \dots, 3$).

$\tau(t)$ = es el efecto del t -ésimo tratamiento ($t = 1, \dots, 3$).

$\epsilon_{ijk}(t)$ = es el efecto el error experimental asociado a cada una de las observaciones.

3.6.3. Urea en sangre.

La variable urea-nitrógeno en sangre se analizó mediante un diseño completamente al azar en parcelas divididas donde los tratamientos constituyeron la parcela grande y los tiempos de muestreo la parcela pequeña.

El modelo matemático que permitió analizar la variable urea-nitrógeno fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + \text{Error}(a) + t_j + T * t_{ij} + \epsilon_{ijk1}$$

Donde:

μ = media general del experimento

T_i = efecto del i -ésimo tratamiento

t_j = efecto de la j -ésimo tiempo de muestreo

Error (a) = Error asociado con la parcela grande.

$T * t_{ij}$ = efecto de la interacción tratamiento * tiempo

ϵ_{ijk1} = error residual

3.6.4. Tasa de pasaje.

Se analizó la significancia de los coeficientes de los modelos, bajo un diseño completamente al azar.

El modelo lineal mediante el cual se analizó esta variable fue el siguiente.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

Donde:

μ = media general del experimento

T_i = efecto del i-ésimo Tratamiento

e_{ij} = error experimental

3.6.5. Consumo y ganancia de peso.

Para el análisis de la ganancia de peso, consumo de materia seca, de proteína cruda y de energía digestible, se utilizó un diseño completamente al azar, balanceado con tres tratamientos y ocho repeticiones, utilizando la prueba de Waller-Duncan para discriminación de posibles diferencias entre medias.

Los datos de ganancia de peso (estimados por regresión) fueron analizados mediante el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ijk} = ganancia de peso del animal j , en el tratamiento i , repetición k ($k = 1; i = 1,2,3; j = (1,2,3,4, 5,6,7,8)$)

μ = Media General

τ_i = Efecto de tratamiento i

ϵ_{ij} = Error experimental.

4. RESULTADOS Y DISCUSION.

4.1. Composición química de los componentes de la dieta.

En el Cuadro 2 se presenta la composición química de los alimentos utilizados en el experimento.

Cuadro 2. Composición química de los alimentos utilizados*.

ALIMENTO	MS %	PC %	FDN %	ED Mcal/kg/MS	DIVMS %
Caña de azúcar	29,6 (0,60)	2,25 (0,17)	55,1 (0,62)	2,70	61,3 (1,9)
Pulidura de arroz	87,0	12,6		4,01	83,6
Melaza	75,0	5,0		3,37	--
Poró	21,1 (0,01)	27,0 (0,25)		2,39	54,2 (2,1)
Harina de pescado	88,9	70,7		3,74	87,7
Urea	99,0	287,0**		----	----

* = Número en paréntesis desviación estándar

MS = Materia seca, %

PC = Proteína cruda, %

FD N= Fibra detergente neutro

ED = Energía digestible en Mcal kg⁻¹ MS, estimada según el NRC (1988) a partir de la ecuación:

$$ED = ((\% \text{ NDT})/100) * 4,409$$

DIVMS = Digestibilidad *in vitro* de la materia seca

** = Expresado como N x 6,25

La caña de azúcar utilizada tuvo una digestibilidad *in vitro* de la materia seca de 61,3 ± 1,9%. Este valor de digestibilidad de la caña de azúcar fue comparable con la

DIVMS de los pastos tropicales. Si se considera que la digestibilidad de la caña de azúcar aumenta con la madurez proporciona entonces una ventaja importante, específicamente en el tiempo crítico de la sequía cuando todas las gramíneas y forrajes son de poca disponibilidad y de baja calidad (Preston, 1977).

Para la DIVMS de poró, la literatura reporta valores de 48,8% hasta 59,8% (Pineda, 1986; Benavides, 1983; Samur, 1984; Abarca, 1988; Alagón 1990). En este estudio la digestibilidad del material utilizado tuvo un promedio de $54,2 \pm 2,1\%$

La pulidura de arroz, relativamente rica en aminoácidos, lípidos (10 a 15% ácidos grasos insaturados) y almidón 47%, es un precursor gluconeogénico ya que el almidón al escaparse de la fermentación ruminal pasa en forma intacta al duodeno donde es absorbido en forma de glucosa. También indirectamente se produce glucosa a partir del ácido propiónico, el cual se produce generalmente en cantidades mayores al fermentarse en el rumen alimentos ricos en almidón (Preston, 1977).

4.2. Parámetros de fermentación ruminal.

4.2.1. pH ruminal.

El efecto de los tratamientos sobre pH ruminal se presenta en el Cuadro 3. Como puede observarse el efecto de

tiempo de muestreo no hubo diferencias importantes. Sin embargo para los tiempos de muestreo las diferencias fueron altamente significativas ($P < 0,0001$); lo cual concuerda con los resultados obtenidos por López et al. (1977) y Valdez et al. (1977).

Una de las acciones importantes del pH es que ejerce una influencia sobre la producción de AGV en el rumen, así al aumentar el pH del ambiente ruminal éstos tienden a bajar y viceversa (Shimada, 1983).

En el Cuadro 2A y Figura 1 se presentan los valores promedio de pH para los tiempos muestreados para cada tratamiento. Como se puede observar el valor mayor se obtuvo antes de ofrecer las raciones a los novillos. Los valores menores se dieron 2-4 horas después de ofrecido el alimento, independientemente del tratamiento que se trate. Esta tendencia es similar a la encontrada por López et al. (1977) en animales alimentados con caña de azúcar y suplementados con pulidura de arroz. Priego et al. (1977) reportó resultados similares en cuanto a la tendencia después de ofrecido el alimento.

4.2.2. Concentración de ácidos grasos y sus proporciones.

Los AGV no mostraron diferencias significativas (Cuadro 3) para los efectos entre tratamiento, animal, período, y la interacción tratamiento por tiempo. Como era de esperar, si

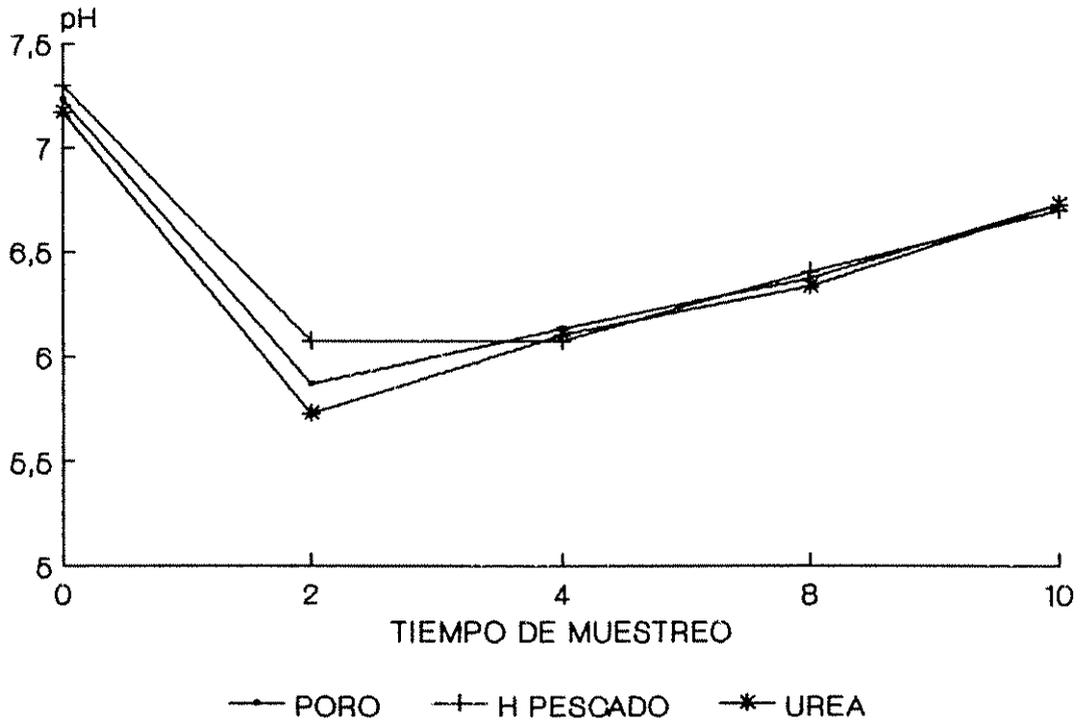


Figura 1. Cambios en el pH ruminal en función del tiempo post-alimentación en animales suplementados con poró, harina de pescado y urea.

se detectaron diferencias ($P < 0,0001$) debido al tiempo de muestreo.

En la Figura 2 y Cuadro 2A se presenta los cambios en la concentración de AGV en $\mu\text{moles/ml}$, después de ofrecido el alimento, en los tres tratamientos.

Como se puede observar existió una tendencia a aumentarse después de ofrecido el alimento, obteniéndose el valor máximo a las cuatro horas después de ofrecido el alimento. Los valores promedios obtenidos fueron 74,3, 72,3 y 64,0 $\mu\text{moles/ml}$, para la dietas con poró, harina de pescado y urea, respectivamente.

Si se comparan la tendencia observada en este estudio respecto a la producción de AGV a través del tiempo, con otros trabajos donde la alimentación básica ha sido la caña de azúcar, pero con diferentes fuentes nitrogenadas, se puede decir que son similares (Priego *et al.* 1977; Valdez *et al.* 1977; Meyreles *et al.* 1977; Ferreiro *et al.* 1977), ya que los AGV aumentaron después de ofrecido el alimento, pero disminuyeron al finalizar el día, situación concordante con la disminución del pH o viceversa (Shimada 1983). Esta situación se presentó independientemente de la fuente proteica utilizada en el ensayo.

Los valores promedios de las proporciones molares de ácido acético fueron similares en todos los tratamientos (Cuadro 1A), obteniéndose valores de: 60,2, 58,2 y 59,9%

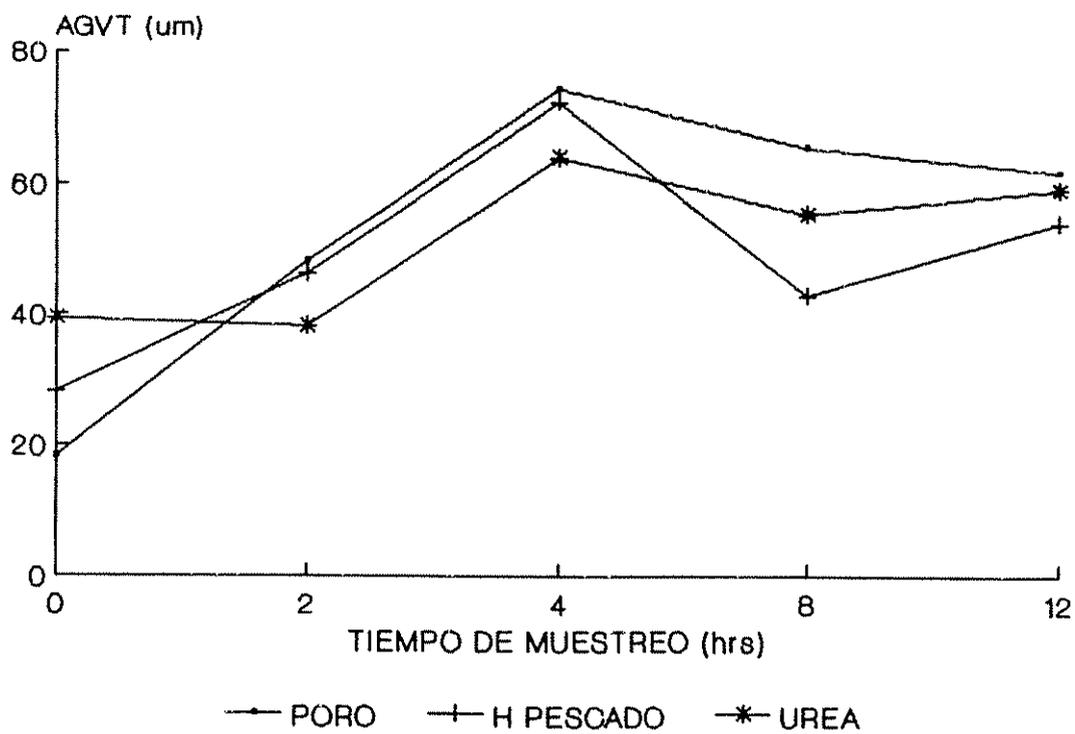


Figura 2. Cambios en la concentración de ácidos grasos volátiles en función del tiempo post-alimentación en animales suplementados con poró, harina de pescado y urea.

para follaje de poró, harina de pescado y urea respectivamente. Estos resultados son similares a los encontrados por Montpellier *et al.* (1977) en animales alimentados a base de caña de azúcar; pero menores a los presentados por Meyreles *et al.* (1977).

La concentración de ácido acético antes de ofrecer el alimento (Fig. 3 y Cuadro 2A) fue de 73,5, 70,1, 70,8%, alimentados con poró, harina de pescado y urea, respectivamente. Este patrón es característico para animales que están consumiendo forraje o pasto, el cual puede variar entre 60% y 75%. (Balch *et al.* 1957; Bath *et al.* 1965). En esta hora el animal no ha recibido la nueva dieta y el efecto se debe posiblemente a la cantidad de forraje fibroso existente en el rumen, el cual es remanente del día anterior. Estos resultados son similares a los encontrados a la misma hora por Alvarez *et al.* (1973), en animales alimentados con caña madura e inmadura, por Priego *et al.* (1977) cuando alimento los animales con caña fresca tratada con 0, 10 y 20 g de ácido propiónico/kg; pero menores a los reportados por Ferreiro (1977).

Después de 2 horas de ofrecido el alimento la proporción de ácido acético disminuyó a 53,2, 52,9 y 55,5% para follaje de poró, harina de pescado y urea, respectivamente.

En la Figura 3 se puede observar que después de proporcionado el alimento, los niveles de ácido acético

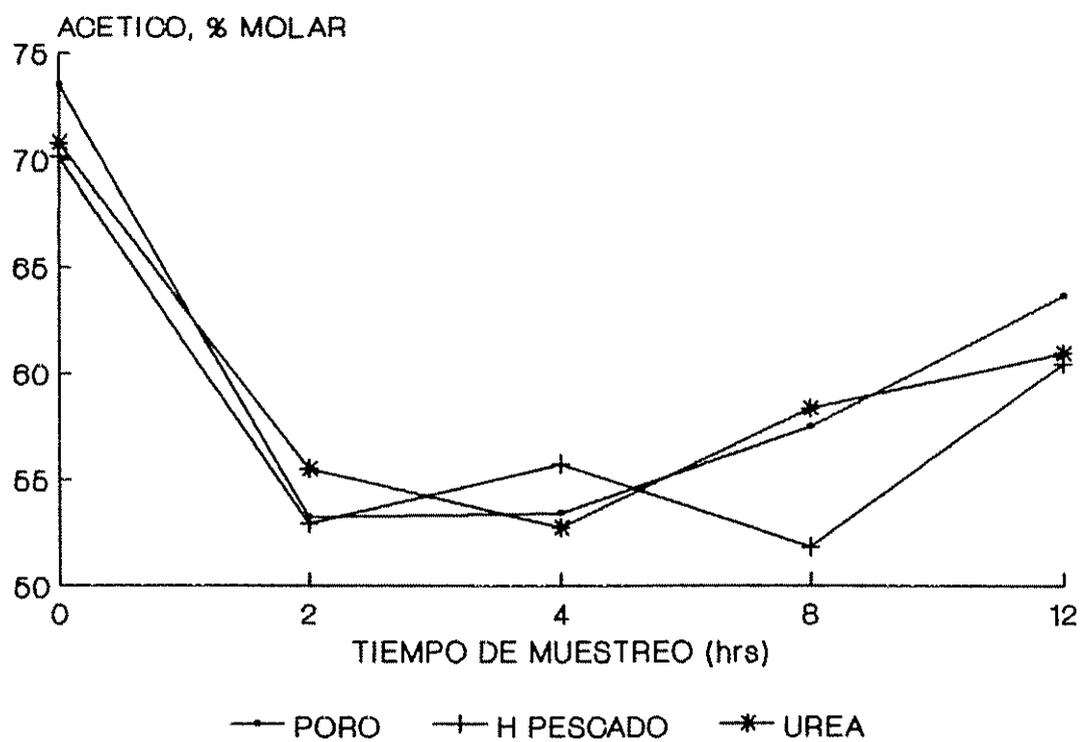


Figura 3. Proporción molar de ácido acético (%) a nivel ruminal para los tratamientos, poró, harina de pescado y urea, en función del tiempo de muestreo.

disminuyeron independientemente de la fuente proteica. Esto podría ser explicado por el aumento que hubo en la proporción de ácido propiónico (Fig. 4), posiblemente debido al consumo de la pulidura arroz y la fermentación de los azúcares contenidos en la caña.

Las proporciones de ácido propiónico en promedio a través de los tiempos de muestreo fueron los siguientes: 21,7%, 25,7% y 25,0 % para las dietas de poró, harina de pescado y urea, respectivamente. Estos valores son mayores a los reportados por Meyreles *et al.* (1977) cuando alimentó los animales con caña de azúcar, y similares a los reportados por Montpellier *et al.* (1977), pero menores a los resultados obtenidos por Silvestre *et al.* (1976), en animales alimentados con caña de azúcar y suplementados con pulidura de arroz.

En la Figura 4 se presenta como cambian los valores de ácido propiónico antes y después de ofrecido el alimento. Inicialmente los valores fueron de 20,4%, 22,3% y 22,4 %, los cuales son mayores a los encontrados por Alvarez *et al.* (1976) y Ferreiro *et al.* (1977). Después de 2 horas de ofrecido el alimento el ácido propiónico aumenta a 21,5, 31,5 y 29,2%, para las raciones con fuentes nitrogenadas a base de poró, harina de pescado y urea, respectivamente.

Los promedios de proporción de ácido butírico obtenidos a través del tiempo de muestreo se pueden observar en el

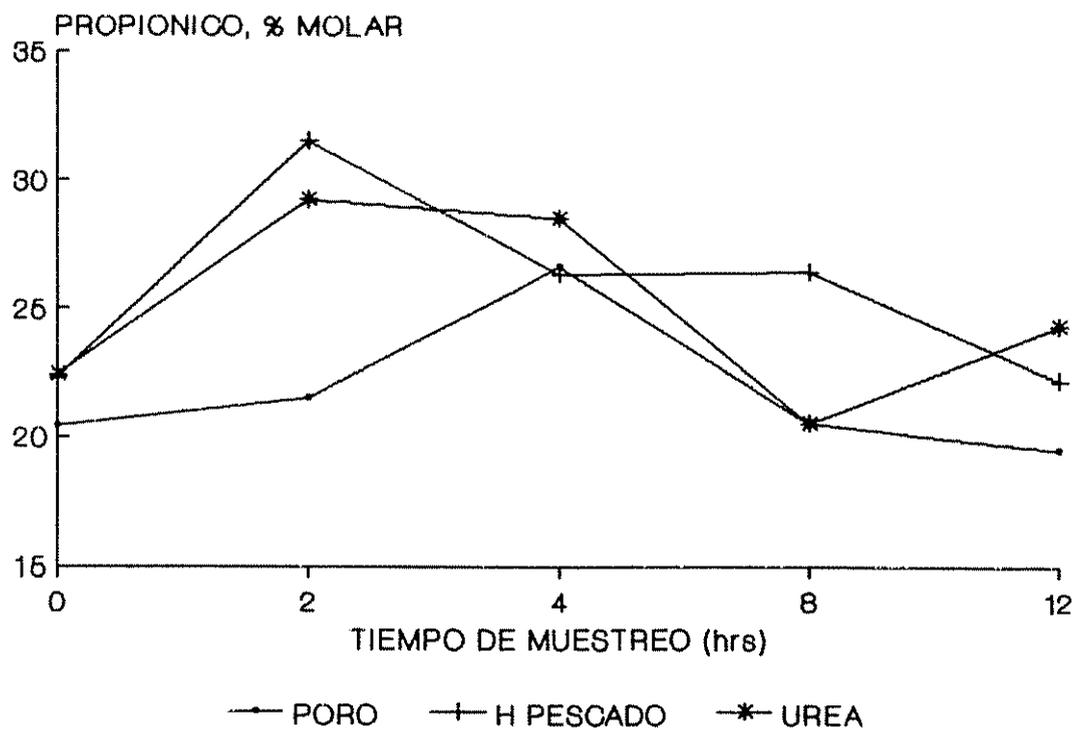


Figura 4. Cambios en la proporción molar de ácido propiónico en función del tiempo post-alimentación en animales suplementados con poró, harina de pescado y urea.

Cuadro 1A. Si se compara esos valores con los reportados por Silvestre (1977) se puede decir que son similares, excepto para la ración de 25 g de urea/kg de miel donde Silvestre obtuvo valores mayores. También estos valores fueron similares a los encontrados por Montpellier *et al.* (1977) y Meyreles *et al.* (1977).

Los valores promedio obtenidos para la proporción de ácido butírico para los tiempos de muestreo se presentan en la Figura 5 y Cuadro 2A. Los resultados encontrados antes de ofrecer las raciones (6,0, 7,6 y 6,8%, para poró, harina de pescado y urea, respectivamente) son similares a los encontrados por Ferreiro *et al.* (1977), pero menores a los encontrados por Alvarez *et al.* (1977). Después de 2 horas de ofrecidas las raciones el ácido butírico aumentó a 25,3, 15, y 15.3 % para los tratamientos con follaje de poró, harina de pescado y urea, respectivamente.

En general existió una disminución del ácido acético y un incremento en los ácidos propiónico y butírico en función del tiempo. Hubo cambios marcados para el ácido propiónico en los tratamientos con harina de pescado y urea, siendo menor en el tratamiento de follaje de poró, donde si hubo un aumento considerable en la proporción de ácido butírico; este aumento posiblemente es debido a la selectividad del animal de consumir más caña de azúcar al momento de ofrecerse el alimento comparado con los otros componentes de la dieta, (Matrone *et al.* 1964); produciéndose la mayor concentración

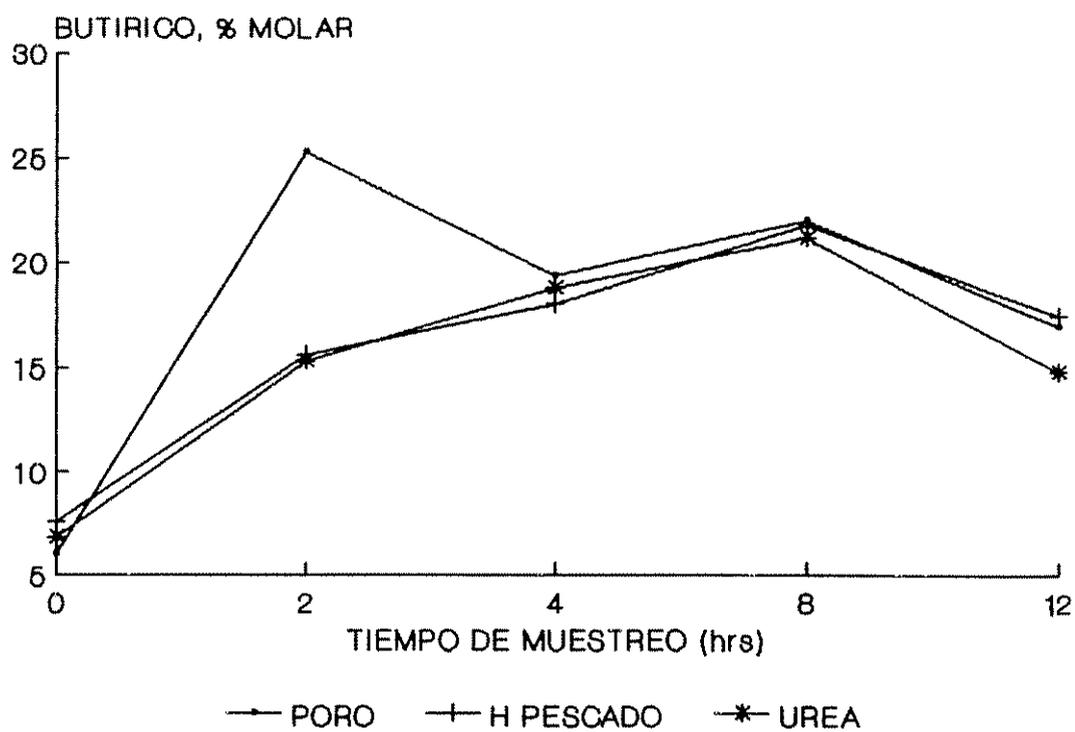


Figura 5. Proporción molar de ácido butírico a nivel ruminal para los tratamientos porro, harina de pescado y urea, en función del tiempo de muestreo.

de ácido propiónico a las 4 horas después de ofrecido el alimento.

En los tratamientos de harina de pescado y urea la proporción más alta de ácido butírico se encontró alrededor de las 8 horas después de ofrecidas las raciones. Doce horas después existió un aumento del ácido acético y una ligera disminución de butírico y propiónico. Esta tendencia es concordante a la encontrada por Montpellier *et al.* (1977) y Priego *et al.* (1977) para el ácido acético y propiónico, no así para él ácido butírico.

4.2.3 Concentración de nitrógeno amoniacal.

La concentración de amonio ruminal fue similar ($P < 0,087$) para las diferentes fuentes nitrogenadas. Sin embargo hubo cambios importantes respecto al tiempo ($P < 0,0001$) y respecto a la interacción tiempo por tratamiento ($P < 0,0001$) como puede observarse en el Cuadro 3.

El valor promedio para cada uno de los tratamientos reflejó similitudes entre poró (10,65 mg/100 ml licor ruminal) y urea (10,76 mg/100ml de licor ruminal); siendo superiores ($P < 0,05$) estos valores al tratamiento con harina de pescado (8,98 mg/100 ml de licor ruminal). Aparentemente estas concentraciones son ligeramente superiores a las recomendadas por Satter y Roffer (1977) como óptimas para una máxima eficiencia de utilización del amonio por las bacterias; pero dentro de la concentración adecuada según Van

Horn (1987), quien concluye que la concentración de amonio es baja cuando los valores son menores de 8 mg/100 ml de líquido ruminal.

Ortega *et al.* (1979) no encontraron diferencias significativas en la tasa de degradación de la MS de varios forrajes cuando las concentraciones de amonio en el rumen variaron entre 6,3 y 27,5 mg/100 ml de licor ruminal. En contraste a estos valores Mehrez *et al.* (1977) reportaron que la concentración óptima de amonio fue de 19,4 mg/100 ml.

En la Figura 6 y Cuadro 2A se observa como cambian en el tiempo el amonio ruminal antes y después de ofrecidas las raciones. Como se puede observar para el tratamiento con urea la concentración mayor se encuentra a las 2 horas de ofrecido el alimento, disminuyendo después hasta llegar a niveles de 8,17 mg/100 ml al final del día. Estos niveles están dentro del rango óptimo recomendado por varios autores (Henderickx, 1976; Ortega *et al.* 1979; Satter y Roffer, 1977; Van Horn, 1987).

Para el tratamiento con follaje de poró el valor máximo en la concentración de amonio, se observó 4 horas post-alimentación, después tiende a disminuir ligeramente pero manteniendo niveles durante el día que permiten, posiblemente una óptima degradación de la materia seca y que están dentro de los rangos recomendados por los autores anteriores. Contrariamente, en el tratamiento con harina de pescado, la

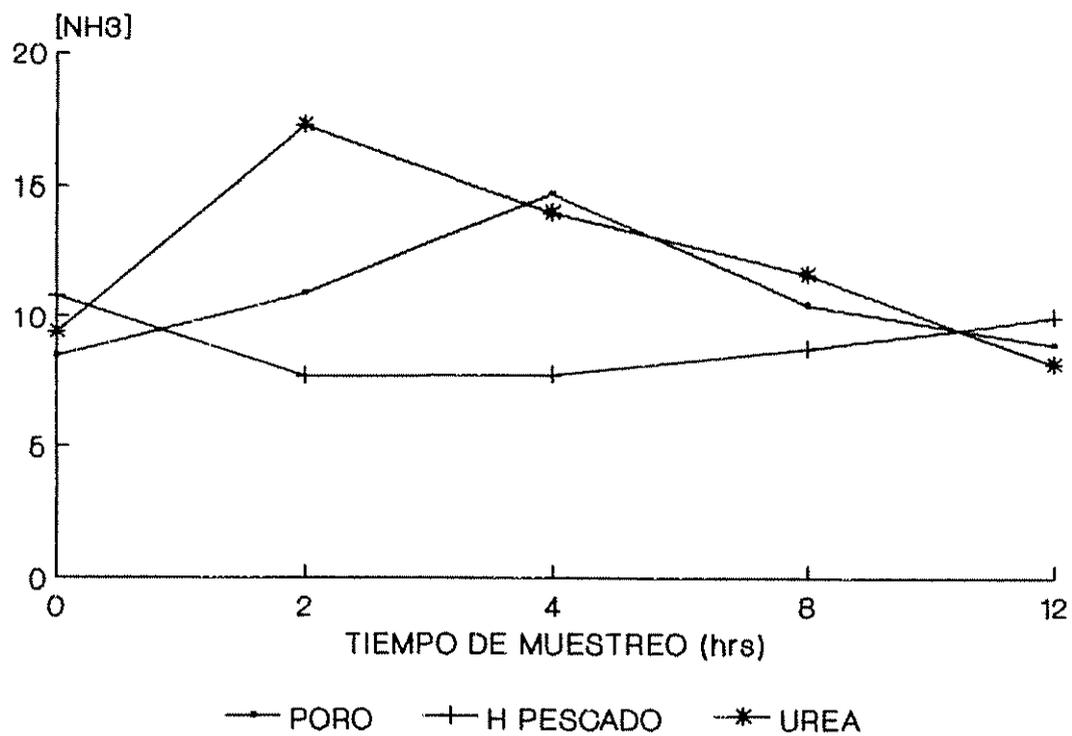


Figura 6. Concentración de nitrógeno amoniacal (mg/100 ml) de licor ruminal.

concentración de amonio disminuyó después de ofrecido el alimento llegando a un valor mínimo 2 horas después, siguiendo un ligero aumento en las siguientes horas. Esto refleja no solo la baja degradación de este tipo de proteína, con la cual se obtuvo el valor máximo en la concentración de amonio a las 24 horas después de ofrecido el alimento, sino también que la adición de energía suplementaria induce a la síntesis microbiana, causando una disminución en el amonio disponible del rumen, ya que no hubo una fuente de nitrógeno rápidamente soluble. Este resultado parece indicar que la síntesis microbiana podría haber estado más deprimida por un déficit energético que amoniacal, al menos después de 4- 6 horas post-alimentación. En el presente trabajo las novillas siempre tuvieron acceso al alimento durante el día pero los niveles de consumo fueron mayores en las horas subsiguientes después de ofrecido el alimento.

4.3. Degradabilidad de la materia seca.

En el Cuadro 3A se presenta los promedios de los parámetros de degradabilidad ruminal de la materia seca de la caña de azúcar obtenidos en animales fistulados que recibieron las diferentes raciones evaluadas. De igual manera en la Figura 7 se observa la tendencia de como varió con el tiempo de incubación la degradación de la materia seca de la caña de azúcar, cuando los animales fistulados recibieron las diferentes fuentes proteicas.

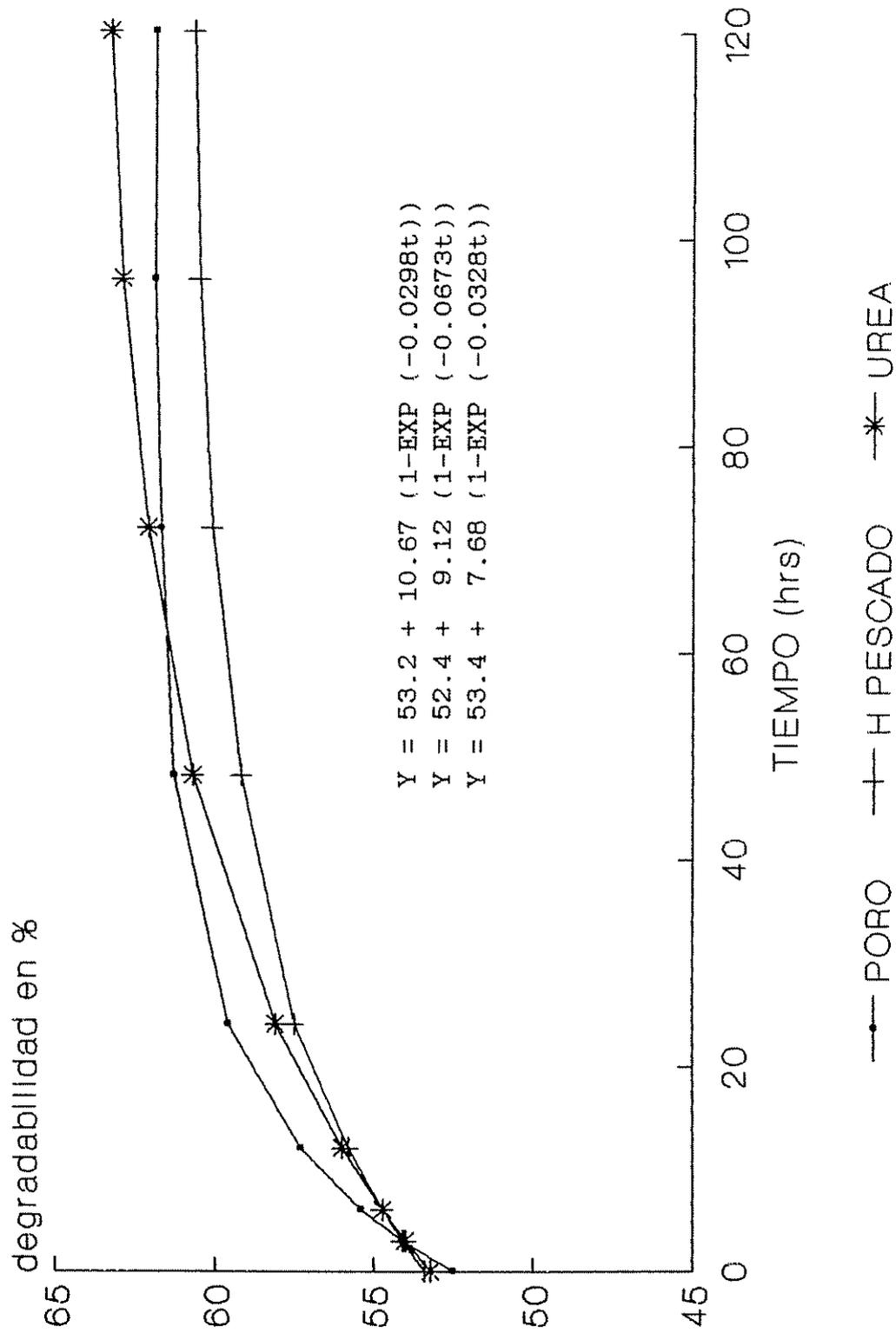


Figura 7. Degradabilidad *in situ* de la materia seca de la caña de azúcar.

En el Cuadro 4 se muestran los resúmenes de análisis de varianza para los parámetros de la degradación ruminal de la materia seca de la caña de azúcar. Estos resultados muestran que no existen diferencias para los efectos tratamientos, animal y período para todos los parámetros de la degradación ruminal.

Esto estaría indicando que las fuentes nitrogenadas evaluadas en el presente estudio fueron similares en términos de suplir amonio para los microorganismos ruminales, de tal forma que estos pudieran ejercer su acción sobre la caña de azúcar en una forma semejante.

Cuadro 4. Resumen de los análisis de varianza de los parámetros de la degradación ruminal de la materia seca de la caña de azúcar.

F DE V	GL	A	B	C	DP	T/2
		Pr>F	Pr>F	Pr>F	Pr>F	Pr>F
Tratamiento	2	0,1449	0,1306	0,1973	0,1000	0,1819
Animal	2	0,1171	0,5765	0,8749	0,9679	0,9402
Periodo	2	0,4507	0,4438	0,7637	0,4507	0,4975

CV %: A = 0.70 C = 30.36
 B = 10.98 DP = 2.09
 T/2 = 19.25

A = Degradación inicial o Fracción Soluble, %

B = Degradación por acción microbial, %

DP = Degradabilidad Potencial, %

C = Tasa de degradación, h⁻¹

T/2 = Tiempo medio de degradación, h

La degradabilidad inicial para la materia seca de la caña de azúcar, lo cual representa la fracción soluble que se degrada rápidamente en el rumen, en los tres tratamientos estuvo sobre el 50%. Este resultado es concordante con lo obtenido por Ferreiro et al. (1977), quienes encontraron que el contenido total de azúcares en la caña madura es más del 50% de la materia seca.

La degradabilidad potencial fue de 61,51%, 61,04% y 63,87% cuando las dietas contenían poró, harina de pescado y urea, respectivamente; estos valores representan la degradación que sufriría un alimento en el ecosistema ruminal, si las condiciones prevalecientes y el tiempo de retención no fuera una limitante.

Para la fracción de degradación relativamente lenta ("B"), que es la fracción degradada por la acción de los microorganismos se encontró un resultado de 9,12% para harina de pescado, 7,68% para poró, 10,67% para urea

Estas dos fracciones, la degradación inicial más la degradación por la acción de los microorganismos constituyen la degradación Potencial que pudiera llegar a tener un ingrediente en el rumen.

Como se puede ver la degradación inicial de la caña de azúcar es alta y representa la mayor parte de la degradación potencial lo que indica esto es debido a que la fracción de la caña de azúcar que representa la fibra se digiere muy

poco, resultados similares fueron reportados por Valdez y Leng (1976) y por Bobadilla y Rowe (1979).

Por otro lado, la degradabilidad real de la materia seca de la caña de azúcar fue de 58,27%, 57,50% y 58,54% cuando las dietas contenían suplemento nitrogenado como follaje de poró, harina de pescado y urea respectivamente. Estos resultados son muy semejantes para las fuentes nitrogenadas evaluadas y representan la degradación real que sufrió la materia seca de la caña de azúcar en el ecosistema ruminal.

Preston y Leng (1980) plantean que en ensayos alimenticios con bovinos que son alimentados con caña de azúcar, es la fracción de azúcares solubles la que contribuye a dar la mayor parte de la energía que el animal obtiene de este alimento. El componente fibroso constituye una preocupación por su baja digestibilidad, que resulta en una tasa de recambio baja que podría estar disminuyendo la eficiencia de síntesis microbiana en el rumen.

De aquí la importancia que se le debe dar a la calidad de la caña de azúcar que se le suministra a los animales en cuanto al contenido de azúcar, contenido de fibra y materia seca (Alvarez y Alpuche, 1977).

La tasa de degradación ruminal de la materia seca de la caña de azúcar fue de 0,0673, 0,0328 y 0,0261 para poró, harina de pescado y urea, respectivamente. Hay que recordar que esta tasa se define como la cantidad de substrato que

puede ser degradada por unidad de tiempo (Van Soest, 1982). Para los animales alimentados con poró fue mayor, aunque estadísticamente igual a los otros tratamientos, lo cual fue debido posiblemente que el poró favoreció más el ecosistema ruminal, al representar una fuente proteica que aporta tanto proteína verdadera como nitrógeno no proteico altamente soluble.

En los tratamientos con harina de pescado y urea, la tasa de degradación fue menor, a la encontrada con poró, pero superior a lo reportado para la fibra de la caña de azúcar por Bobadilla y Rowe (1979).

Parece ser que los microorganismos obtienen solo un 70% de su nitrógeno del amoníaco ruminal, lo cual sugiere que las bacterias toman además péptidos y aminoácidos (Preston y Leng, 1989). Así, Oldham et al. (1985) observaron en novillas en crecimiento que la digestibilidad de una dieta a base de granos de cereal, paja tratada y ensilaje de maíz se aumentó al suplementarse con harina de pescado, lo que confirma el efecto benéfico de la proteína verdadera sobre los microorganismos ruminales.

Según Orskov, (1982) el tiempo medio de digestión ($T/2$) se define como el tiempo necesario para alcanzar la mitad de la degradación del material potencialmente degradable. Es entonces un reflejo de la tasa de degradación, guardando una

relación indirecta, a mayor tasa de degradación menor será el T/2 y viceversa.

Para el caso del presente estudio los T/2 para la degradación de la materia seca de la caña de azúcar fueron: 10,55, 23,98 y 27,24 horas para los tratamientos donde se suplementó poró, harina de pescado y urea, respectivamente.

4.4. Concentración de urea-nitrógeno mg/100 ml en suero sanguíneo.

En el Cuadro 5A se presentan las medias de la concentración de urea-nitrógeno en el suero sanguíneo y el análisis de varianza esta consignado en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Análisis de varianza de la concentración de urea nitrógeno (mg/100/ml) en suero sanguíneo.

Efectos	(Pr > F)
Tratamiento	0,0009
Tiempo	0,0017
Tratamiento * tiempo	0,0056

Los valores promedio de urea encontrados en este estudio fueron 8,29 mg/100 ml para la ración con urea la cual fue similar a la encontrada con poró (7,78 mg/100 ml), pero superior a la harina de pescado (6,62 mg/100 ml). La mayor concentración de nitrógeno en sangre encontrada en el tratamiento con urea y poró es el reflejo de la cantidad de

NNP existente en estas fuentes nitrogenadas. Además estos resultados son concordantes con los trabajos de otros investigadores con vacas lecheras (Van Horn *et al.* 1969; Lee *et al.* 1978; Ghergariou *et al.* 1984; Alagón 1990) y con terneros y toros (Casper *et al.* 1986) y Oltjen *et al.* 1969).

En la Figura 8 y Cuadro 6A se presentan los cambios en la concentración de urea sanguínea a medida que transcurre el tiempo post-alimentación. Los tratamientos con poró y urea tuvieron una tendencia a aumentar la concentración de urea-nitrógeno después de ofrecido el alimento. El tratamiento con poró alcanzó el valor máximo a las ocho horas después de ofrecido el alimento mientras que la urea a las cuatro horas, indicando que el poró si bien promueve la presencia de urea en sangre lo hace en menor nivel y a una menor velocidad que lo que ocurre en dietas donde la fuente nitrogenada es la urea. Contrariamente a las dos fuentes proteicas mencionadas la ración con harina de pescado en lugar de aumentar los niveles de urea en sangre los disminuyó después de proporcionada la ración.

Una posible explicación podría ser dada con base a la necesidad de amonio por parte de las bacterias. Situación que también se vio en los animales fistulados, cuando el nivel de amonio ruminal más bien decreció, posiblemente debido a una inducción hacia la síntesis microbial producto de la inyección energética aportada por la pulidura de arroz, la caña de azúcar y la melaza.

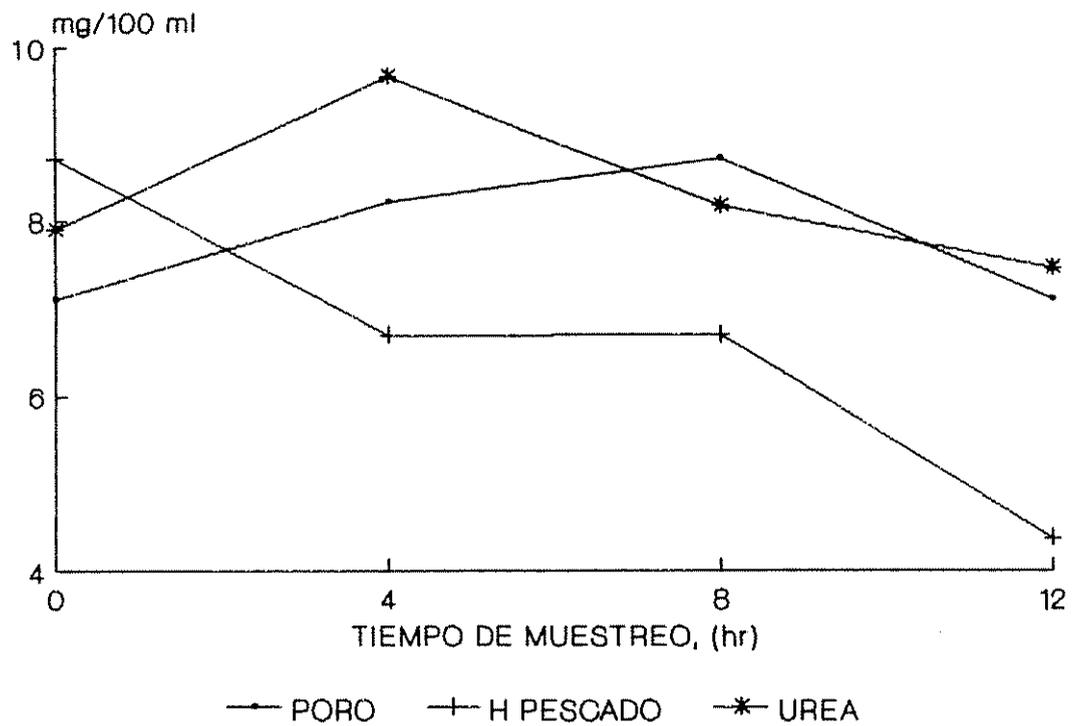


Figura 8. Concentración de urea (mg/100 ml) en suero sanguíneo en novillas de lechería, antes y después de recibir las raciones bajo estudio.

En general en los tres tratamientos, antes de ofrecer el alimento, el nivel de urea-nitrógeno fue relativamente alto, posiblemente influenciado a que los animales el día anterior al muestreo fueron pesados a las 6:30 a.m., por lo que fueron sometidos a un ayuno de doce horas y además el día que se pesaban el consumo también disminuía, esto podría llevar a un catabolismo de aminoácidos y en el caso de la harina de pescado podría estar influyendo además su lenta degradabilidad, lo que hace que los niveles de urea en sangre siempre sean superiores a los demás antes de ofrecer el alimento. Este resultado es concordante al reportado por Sinnet-Shmith *et al.* (1987) los cuales demostraron con novillas Holstein, incrementos de urea-nitrógeno sanguíneo durante el ayuno, posiblemente como resultado del catabolismo de aminoácidos.

Finalmente podemos decir que el nivel promedio de este estudio en la concentración de urea-nitrógeno en la sangre es concordante a los encontrados por Montenegro, (1989); Alagón, (1990); Van Heurk, (1990); y acorde al rango recomendado como normal por Kroenfeld *et al.* (1982).

4.5. Tasa de pasaje.

Según Van Soest, (1982) la tasa de pasaje se refiere al tránsito o paso de los residuos no digeridos a través del tracto digestivo del animal. Este material incluye bacterias,

algunos residuos de alimento potencialmente digestible y fibra lignificada.

En el Cuadro 6 se muestra el resumen de los análisis de varianza de los parámetros de la tasa de paso de la dieta.

Cuadro 6. Resumen de los análisis de varianza de los parámetros de la tasa de paso de la dieta.

F de V	GL	TPR	TPTP	TRR	TRTP	TT
PR>F						
Tratamientos	2	0,0001	0,0443	0,0001	0,0260	0,0063

donde:

TPR = Tasa de pasaje en el rumen

TPTP = Tasa de pasaje en el tracto posterior

TRR = Tiempo de retención en el rumen

TRTP = Tasa de retención en el tracto posterior

TT = Tiempo de tránsito

En el Cuadro 7 presenta los promedios de cada uno de los parámetros evaluados.

Cuadro 7. Efecto de los tratamientos sobre la tasa de paso de la dieta.

Parámetros	T r a t a m i e n t o s		
	PORO	H. PESCADO	UREA
TPR, %	3,70a	2,38c	2,67b
TPTP, %	7,94a	5,39b	6,01ab
TRR, h	27,11c	41,97a	37,49b
TRTP, h	12,91b	18,70a	16,67ab
TT, h	11,43b	14,09a	9,14b

a,b,c: Medias en la misma fila, con diferente subíndice.

difieren ($P < 0,05$) según prueba de Duncan

TPR = Tasa de pasaje en el rumen, %.

TPTP = Tasa de pasaje en el tracto posterior, %.

TRR = Tiempo de retención en rumen, h.

TRTP = Tiempo de retención en el tracto posterior, h.

TT = Tiempo de tránsito, h.

La tasa de pasaje en el rumen fue mayor para el tratamiento con poró (3,70%), que para el tratamiento con harina de pescado (2,38%) y urea (2,67%)

La tasa de pasaje en el tracto posterior, fue superior ($P < 0,05$) para el poró 7,94% que para la harina de pescado (5,39%) y urea (6,01%), siendo estos últimos similares entre sí.

El tiempo de retención expresado en horas para los tratamientos harina de pescado fue 41,97, superior ($P < 0,05$) al obtenido con urea (37,49 h) y poró (27,11 h). Además el

tratamiento con urea fue superior a poró. Respecto al tiempo de retención en el tracto posterior, la harina de pescado, presentó un valor de 18,70 h, similar a la urea (16,67 h), pero superior ($P < 0,05$) al de la dieta con poró (12,91 h); las dietas poró y urea tuvieron tiempos de retención similares. Los resultados concernientes con el tiempo de tránsito indicaron que la harina de pescado tuvo un valor de 14,09 h; superior ($P < 0,05$) al obtenido con poró (11,43 h) y urea (9,14 h) que fueron similares entre sí.

En las Figuras 1A, 2A, 3A, se presenta la tasa de pasaje promedio para cada una de las dietas evaluadas. El tratamiento de poró fue el que tuvo una tasa de pasaje más rápida y un tiempo de retención menor, esto podría estar influenciado por la tasa de degradación del material y el porcentaje de materia seca aportado por la caña de azúcar a la ración total, el cual fue menor en este tratamiento.

En el presente estudio el consumo de materia seca fue ligeramente mayor para tratamiento con follaje de poró, lo cual puede ser explicado por la influencia de los factores mencionados anteriormente, ya que el consumo voluntario ha estado negativamente correlacionado con el tiempo total de retención de la digesta en el tracto (Guzmán 1983 citado por Lascano y Quiroz, 1990). En el tratamiento con urea, la tasa de pasaje y consumo de materia seca fueron ligeramente mayores que para la ración con harina de pescado. También el tiempo de retención fue menor; posiblemente influenciado por

el nivel de melaza el cual fue superior en este tratamiento. Efectos similares han sido observados por otros investigadores (Beaudouin, 1968; Molina, 1973; Romero, 1977; Abarca, 1988), indicando un mayor consumo de materia seca total y energía digestible conforme se incrementa la melaza en animales en pastoreo.

4.6. Consumo de materia seca, proteína y E. digestible.

Los consumos por 100 kg/PV/d, de MS, PC y ED por novilla para cada etapa y tratamiento, se presentan en los Cuadros 7A, 8A, 9A, respectivamente. Debe recordarse que se llamó etapa cada 21 día que se pesaban las novillas.

El resumen de los análisis de varianza para los consumos de MS, PC y ED se presentan en el Cuadro 8. Existieron diferencias significativas entre tratamientos respecto al consumo diario de materia seca ($P < 0,0318$) y de ED por 100 kg de PV ($P < 0,0572$). En la Figura 9 se presentan las medias por tratamientos para los consumos antes mencionados.

Como puede observarse en la Figura 9, los consumos diarios de materia seca promedio fueron: 2,48 y 2,42 kg de materia seca por 100 kilos de peso vivo por día en los tratamientos donde se suministró poró y urea, siendo similares desde el punto de vista estadístico. Sin embargo, el consumo en la ración con poró fue superior ($P < 0.05$) al

consumo en la ración de harina de pescado (2.35 kg MS/ 100 kg PV/d).

Los consumos totales de ED para los tratamientos de urea y harina de pescado (7.58 y 7.30 Mcal/ 100 kg PV/d), fueron similares estadísticamente.

A su vez, el tratamiento de follaje de poró tuvo igual consumo de ED que el tratamiento de harina de pescado (7,16 Mcal/100 kg PV/d). Siendo inferior a la ración cuya fuente nitrogenada fue la urea.

Cuadro 8. Resumen de los análisis de varianza de los consumos medios totales de MS, PC, y ED (100 kg pv/ d).

Efectos	MS, kg	PC, g	ED, Mcal
	PR > F		
Trat	0,0318	0,6251	0,0572
CV:	3,88	5,32	4,60

En general los requerimientos de consumo de materia seca, energía digestible y proteína cruda se cubrieron según lo indicado por el NRC (1988); pero los incrementos de peso esperados (800 g/d) fueron menores, posiblemente influenciado por el potencial genético de los animales ya que hay que recordar que eran novillas de razas lecheras relativamente pequeñas como la Jersey y el Criollo lechero Centro Americano.

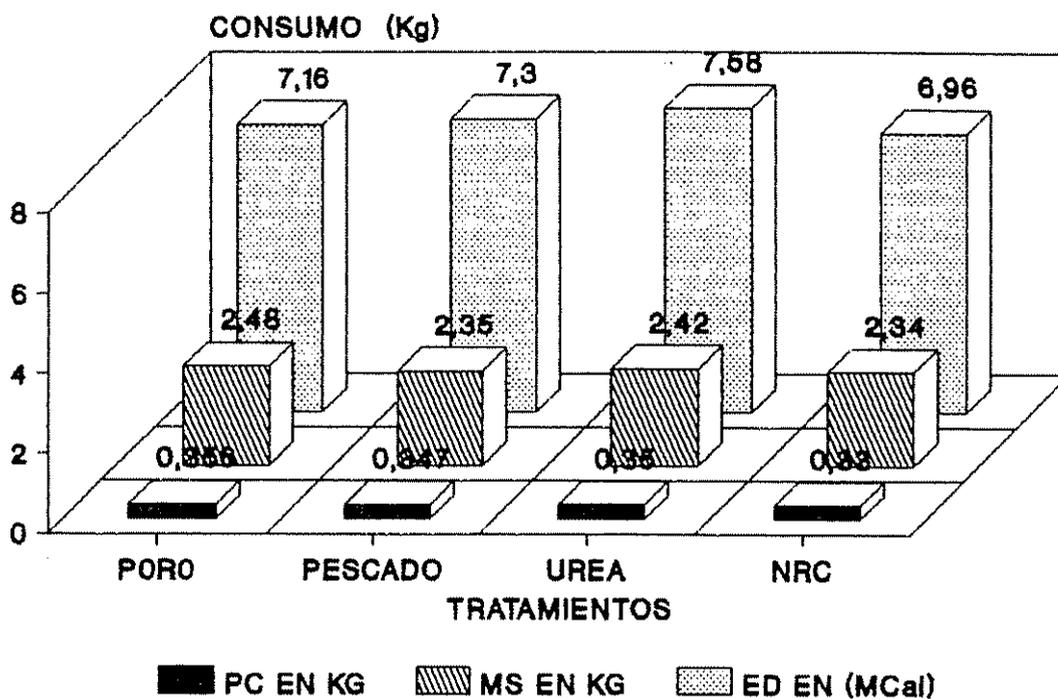


Figura 9. Consumo de materia seca, proteína cruda y energía digestible (por 100 kg PV día⁻¹) en función de los tratamientos.

4.7. Ganancia de peso.

En el Cuadro 10A, se presentan los pesos de los animales que intervinieron en el experimento. Los resultados de la ganancia diaria de peso de las 24 novillas obtenidas mediante un análisis de regresión se muestran en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Resultados del análisis de regresión lineal de los pesos de las 24 novillas experimentales.

Animal	intercepto	b	Pr>F	R ²
1	182,50	0,5162	0,0001	0,99
2	171,03	0,5377	0,0002	0,95
3	173,82	0,7773	0,0003	0,97
4	175,04	0,5788	0,0008	0,99
5	154,99	0,7742	0,0001	0,99
6	157,81	0,7616	0,0001	0,99
7	158,81	0,6850	0,0001	0,99
8	140,14	0,5510	0,0003	0,97
9	187,69	0,8370	0,0001	0,99
10	206,13	0,9593	0,0001	0,99
11	123,60	0,8994	0,0001	0,98
12	172,57	0,8936	0,0001	0,99
13	159,79	0,5742	0,0001	0,98
14	158,59	0,6767	0,0001	0,99
15	158,71	0,6838	0,0001	0,98
16	129,64	0,6979	0,0002	0,98
17	174,61	0,5138	0,0001	0,99
18	173,75	0,6067	0,0001	0,98
19	156,07	0,5242	0,0005	0,96
20	154,41	0,7468	0,0001	0,99
21	151,33	0,8218	0,0001	0,99
22	132,95	0,5997	0,0001	0,98
23	144,29	0,4275	0,0017	0,93
24	120,22	0,5945	0,0001	0,98

* Animales

- 1-8: Tratamiento de follaje de poró (T1)
 9-16: Tratamiento harina de pescado (T2)
 17-24: Tratamiento con urea (T3)

Existió linealidad $Y = (a+bx)$ en los incrementos de peso de los animales durante el periodo experimental ya que el menor coeficiente lineal fue el encontrado para el animal 23, perteneciente al tratamiento de urea, debido a que la penúltima etapa del experimento su tasa de crecimiento disminuyó debidos a motivos de enfermedad.

En el Cuadro 10 y la Figura 10 se presentan las medias de ganancia de peso (kg/novilla/d) para los diferentes tratamientos. Existiendo diferencias significativas ($P < 0,0436$), entre los tratamientos evaluados con respecto a esta característica (Cuadro 16A).

Cuadro 10. Efecto de las diferentes fuentes nitrogenadas sobre la ganancia de peso (g/d) en novillas de lechería.

Tratamiento	D.S.		
Harina de pescado	763 a	±	154
Poró	648 ab	±	114
Urea	592 b	±	116

a, b = Medias en la misma columna, con diferente subíndice difieren significativamente ($P < 0,05$).

D.S = Desviación estándar.

El tratamiento de harina de pescado produjo ganancias diarias promedio durante el experimento de 0,763 kg/novilla/día, superior ($P < 0,05$) a la obtenida con urea donde la ganancia diaria fue de 0,592 kg/novilla; pero similar al tratamiento de poró que mostró ganancias de 0,647

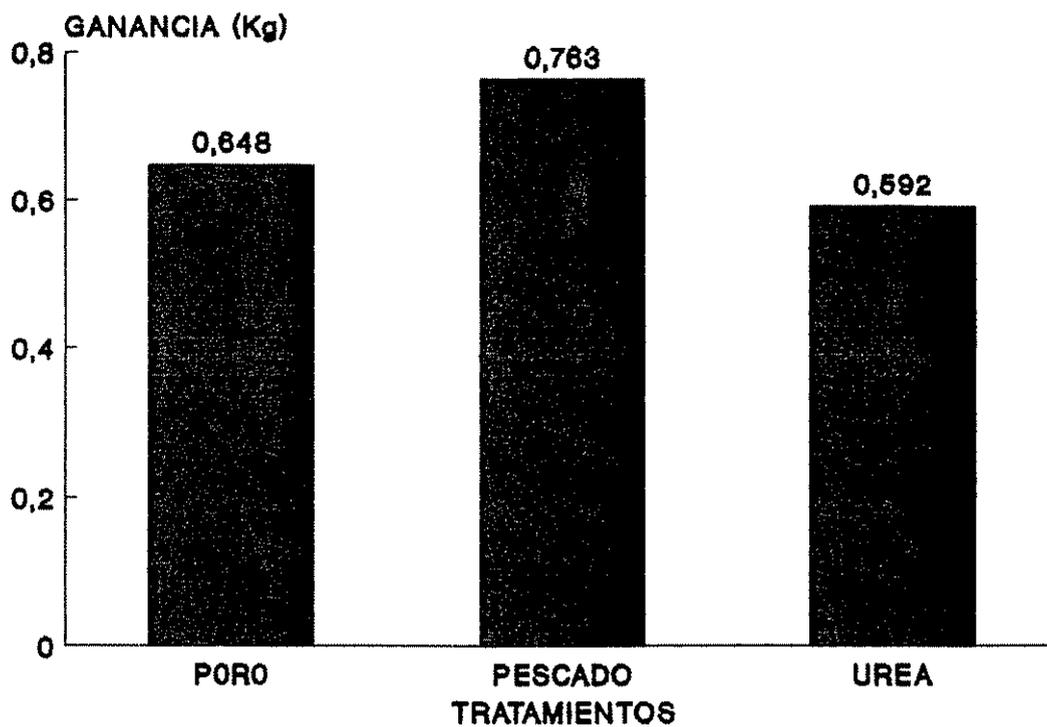


Figura 10. Efectos de las diferentes fuentes nitrogenadas sobre la ganancia de peso (g/novilla/día).

kg/novilla/día. Estos resultados son superiores a los encontrados por Vargas (1987) en toretes Brangus en pastoreo suplementados con diferentes niveles de poró y banano.

Respecto a la eficiencia de utilización de los nutrientes, el tratamiento con suplemento de harina de pescado requirió menor cantidad de proteína y energía para producir un kilogramo de carne que con las otras fuentes nitrogenadas (Cuadro 11).

Cuadro 11. Eficiencia en el uso de los nutrientes suministrados para la producción de carne.

Tratamientos	Prod. de carne en kg/kg de PC	Prod. de carne en g/kg de ED Mcal
H.pescado	1,11	52,60
Urea	0,93	42,80
Poró	0,92	46,70

Como se puede observar (Cuadro 11) la eficiencia por cada kilogramo de proteína consumida proveniente de la harina de pescado la ganancia diaria fue de 1,11 kg de carne. Este resultado es mayor si lo comparamos con los tratamientos con follaje de poró y urea (0,92; 0,93 kg de ganancia diaria de peso por kilogramo de proteína consumida, respectivamente).

Respecto a la utilización de la energía (ED en Mcal/Kg de peso vivo ganado) se puede observar en el Cuadro 11 que la eficiencia de la energía proveniente del suplemento con harina de pescado fue mayor por megacaloría de ED consumida

(53 g de ganancia de peso) si la comparamos con los tratamientos con follaje de poró (47 g) y urea (42,8 g de incremento de peso) como fuentes nitrogenadas. Estos resultados reflejan la conveniencia biológica de utilizar harina de pescado en raciones de bovinos en crecimiento.

4.8. Análisis económico.

El análisis económico, realizado mediante la técnica de presupuesto parcial (Cuadro 12) indicó que el margen bruto parcial del tratamiento donde se utilizó poró fue superior en 29,3% al tratamiento con harina de pescado, diferencia considerable que permite al follaje de poró constituirse en una alternativa real a ser utilizada por el pequeño y mediano productor.

Estas diferencias se hacen todavía más importantes si se toma en cuenta que la harina de pescado es un insumo externo a la finca, el cual necesita ser adquirido en el mercado y muchas veces los productores no tienen la capacidad económica para comprarlo, mientras que el poró podría provenir de cercas vivas o de un banco de proteína y ofrecer otros beneficios adicionales, como el reciclaje de nutrientes vía hojas y ramas caídas (Russo, 1982)

El tratamiento de urea, mostró un margen bruto parcial 15,9% menor que el obtenido con el follaje de poró. Desde el punto de vista económico las fuentes proteicas quedaron estratificadas de la siguiente manera, considerando el beneficio neto parcial de mayor a menor: poró, urea y harina de pescado.

Cuadro 12. Análisis de presupuestos parciales para los diferentes tratamientos.

	Tratamientos		
	Poró	H. pescado	Urea
Incremento/día	0,648	0,763	0,592
Ganancia de peso peso (kg)*	0,716	0,843	0,654
Precio por kilo vivo (us \$) ^a	0,820	0,820	0,820
Beneficio bruto	0,590	0,690	0,540
Costos variables, Insumos:			
Melaza	0,028	0,028	0,063
Pulidura de arroz	0,160	0,160	0,240
H. pescado	—	0,351	—
Caña de azúcar	0,095	0,126	0,110
Poró	0,113	—	—
Urea	—	—	0,035
Total costos Variables	0,396	0,665	0,448
Beneficio parcial neto:			
En us\$/nov/d	0,194	0,025	0,092
En % del ingreso			
Total	32,9	3,6	17,0

a: Precio de venta promedio durante enero-mayo 1991 PV en kg según comprador CATIE.

b: costo de alimentos puestos en la finca.

Melaza: US \$ 0,05 /kg.

Pulidura de arroz : US \$ 0,16 /kg.

Caña de azúcar: US \$ 0,05 /kg MS.

poró: US \$ 0,063 / Kg MS.

Harina de pescado US \$ 0,53/kg Ms.

Urea US \$ 0,25/kg.

Tipo de cambio promedio durante el enero-mayo 1991 110.00 col. por 1 \$.

* Incremento/día más el 10.55 % que incrementarían si fuesen machos. Giraldo, (1991) datos sin publicar.

4.9. Discusión General.

Los incrementos de peso obtenidos para los tres tratamientos estuvieron acordes a la naturaleza de la fuente proteica.

Por su lenta degradabilidad la harina de pescado posiblemente aportó una mayor cantidad de proteína sobrepasante disponible al animal, obteniéndose la mayor ganancia de peso en comparación con los otros tratamientos, y la mayor eficiencia biológica desde el punto vista de producción de carne obtenida por unidad de proteína o energía digestible consumida.

El tratamiento de poró, a pesar de haber tenido los mejores consumos de MS y PC, obtuvo ganancias de peso inferiores a la harina de pescado, lo que podría reflejar que la PC que escapa a la fermentación ruminal está parcialmente ligada a la lignina, haciéndola totalmente indisponibles a la acción de los jugos gástricos y entéricos del tracto posterior del rumiante. Así, Alagón, (1990) encontró que un tercio de la PC sobrepasante estaba ligada a la pared celular.

En el tratamiento de urea las ganancias fueron menores, pero estadísticamente iguales a las de poró. Posiblemente los niveles de urea y pulidura utilizados en este ensayo fueron los adecuados ya que se considera una ganancia de peso diaria

relativamente buena, si se toma en cuenta que se obtuvo en novillas de lechería.

Los parámetros de fermentación ruminal, pH, AGVT y sus proporciones molares de ácido acético, ácido propiónico y butírico, no fueron modificados, por las fuentes proteicas a excepción del nitrógeno amoniacal que tuvo un ligero aumento en el tratamiento con urea y poró, resultados lógicos por el NNP existente en estas fuentes. Este mismo resultado se obtuvo para la urea-nitrógeno en sangre. Estos resultados ponen en evidencia una vez más la estabilidad de los Parámetros de fermentación ruminal en animales alimentados con una dieta basal de caña de azúcar.

El bajo nivel de nitrógeno amoniacal en el tratamiento de harina de pescado posiblemente sería el causante de que se obtuviese una tasa de pasaje más lenta y por ende un menor consumo de materia seca, en comparación al poró, lo que se reflejó en una tasa de degradación menor de la materia seca de la caña de azúcar.

Así en dietas con harina de pescado y dietas libres de proteína verdadera, Ramírez (1972), encontró un menor flujo de proteína microbial al duodeno, con la harina de pescado sin embargo observó que un 26% más de nitrógeno no amoniacal pasó al duodeno en comparación con la dieta sin proteína verdadera.

5. CONCLUSIONES.

1. Los parámetros de fermentación ruminal: pH, concentración de ácidos grasos volátiles y las proporciones molares de ácido acético, ácido propiónico y ácido butírico no fueron afectados por las fuentes nitrogenadas de diferente potencial de degradación.
2. La concentración de nitrógeno amoniacal en el rumen y urea-nitrógeno en sangre fueron ligeramente modificados por las fuentes proteicas evaluadas.
3. La inclusión de fuentes proteicas de lenta, media y baja degradabilidad tuvo un efecto directo sobre los incrementos de peso de las novillas en crecimiento.
4. Las inversiones en los costos variables son menores al suplementar con poro y urea con respecto a la harina de pescado.

6. RECOMENDACIONES.

1. Introducir el poró en los sistemas agropecuarios mediante planes de capacitación y transferencia de tecnología, para los pequeños y medianos productores.
2. Utilizar fuentes proteicas de alto valor biológico y de escape a la degradabilidad ruminal, como la harina de pescado, en aquellos sistemas intensivos de producción de carne o leche donde el potencial genético y el valor de los productos obtenidos así lo amerite.
3. Estudiar la utilización de niveles crecientes de pulidura de arroz en raciones de animales en crecimiento suplementadas con niveles de follaje de poró como fuente nitrogenada, para encontrar combinaciones óptimas entre estos dos ingredientes.
4. Estudiar niveles crecientes de follaje de poró, por sustitución de urea como fuente nitrogenada como suplemento en animales de carne o leche alimentados con una dieta basal de caña de azúcar, para desarrollar sistemas de alimentación para épocas de poca disponibilidad de gramíneas forrajeras.

7. BIBLIOGRAFIA CITADA.

- ABARCA M., S. 1988 Efecto de la suplementación con poró (*Erythrina poeppigiana*) y melaza sobre la producción de leche en vacas pastoreando estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*). Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 68 p.
- ALAGON H., G. 1990. Comparación del follaje de poró (*Erythrina poeppigiana*) con otras fuentes nitrogenadas de diferente potencial de escape a la fermentación ruminal como suplemento de vacas lecheras alimentadas con caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 145 p.
- ALVAREZ, J.F. 1976. Comportamiento del ganado de engorde en raciones de caña de azúcar madura e inmadura. Producción Animal Tropical (R.D.) 1: 108-115.
- _____; ALPUCHE, O. 1977. Efecto de la *Leucaena leucocephala* sobre el patrón de fermentación en dietas de caña de azúcar. Producción Animal Tropical (R.D.). 2 p.
- _____; PRESTON, R.R. 1976. Comportamiento del ganado de engorde en raciones de caña de azúcar madura e inmadura. Producción Animal Tropical (R.D.) 1:108-115.
- BALCH, C.C.; ROWLAND, S.J. 1957. Volatile fatty acids lactic acid in the rumen of dairy cows receiving a variety of diets. British Journal of Nutrition (G.B.) 11:392.
- BANDA, M.; VALDEZ, R.E. 1976. Efecto del estado de madurez sobre el valor nutritivo de la caña de azúcar. Producción Animal Tropical (R.D.) 1: 96-99.
- BATEMAN, J.V. 1970. Nutrición Animal. Manual de métodos analíticos. México, D.F., Ed. Herrero. 468 p.
- BATH, I.H.; ROOK, J.A.F. 1965. The evaluation of cattle foods and diets in terms of the ruminal concentration of volatile fatty acids. 2. Loughages and succulents. Journal of Agricultural Science (G.B.) 64:67.
- BAYLEY, C.B.; BAICH, C.C. 1961. Saliva secretion and its relation to feeding in cattle. British Journal of Nutrition (G.B.) 15: 371-382.
- BEER, J. 1980. *Erythrina poeppigiana* con pasto. Turrialba, C.R., CATIE, INFORAT. 4 p.

- BENAVIDES, J. E. 1983. Utilización de forrajes de origen arbóreo en la alimentación de rumiantes menores. In Curso Corto Intensivo de Técnicas Agroforestales (1983, Turrialba, Costa Rica). Contribuciones de los participantes. Comp. por Liana Babbar. Turrialba, C.R., CATIE, Departamento de Recursos Naturales Renovables. 11 p.
- BOBADILLA, M.; ROWE, J.B. 1979. Punta de plátano y caña de azúcar como alimento para el ganado: observaciones sobre la tasa de degradación de la fibra y recambio del líquido en el rumen. *Producción Animal Tropical (R.D.)* 4:30-35.
- CHANA, C. ; ROMERO, F. 1990. Productividad de biomasa en cercas vivas. In Reuniao da Associacao Latino-Americana de Producao Animal (12, 1990, Campinas, Brasil). Anais. Piracicaba, SP. Fundacao de Estudos Agrarios Luiz de Queiroz. p 93.
- DILLON, J.I.; HARDAKER, J.B. 1980. Análisis del presupuesto parcial. In La investigación sobre administración rural para el desarrollo del pequeño agricultor. FAO. Boletín de Servicios Agrícolas No. 41. p 151-159.
- 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, C.R, UCR-CATIE. 90 p.
- FERREIRO, H.M.; PRESTON, T.R. 1976. Engorda de ganado con caña de azúcar, efecto de diferentes proporciones de tallo y punta. *Producción Animal Tropical (R.D.)* 186-193.
- _____ ; SUTHERLAND, T.M.; WILSON, A. 1977. Efecto de la fuente de nitrógeno sobre la fermentación ruminal en dietas de cañas de azúcar. *Producción Animal Tropical (R.D.)* 2:329-392.
- GUTIERREZ, R.; BENAVIDES, J.E. 1986. Utilización del follaje del poró gigante (*Erythrina poeppigiana* (Walpers) O. F. Cook) en alimentación de rumiantes menores. 1. Combinación con banano (*Musa sp.* cv Cavendish) como suplemento al pasto king grass (*Pennisetum purpureum* x *P. typhoides*) en cabras lecheras estabuladas. *Producción Animal Tropical (R.D.)*. 18 p.
- HARRIS, L.E.; PHILLIPSON, A.T. 1962. The measurement of the flow of food to the duodenum of sheep. *Animal Production (G.B.)* 4:97-110.

- HENDERICKX, H.K. 1976. Aspectos cuantitativos del uso de nitrógeno no-protéico en la alimentación de los rumiantes. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* (Cuba) 10:1-19.
- HOLDRIDGE, L.R. 1978. El diagrama de las zonas de vida. In *Ecología basada en zonas de vida*. San José, Costa Rica, IICA. p. 13-28. (Serie de Libros y Materiales Educativos No. 34)
- HOUPT, T.R. 1970. Transfer of urea and ammonia to the rumen. In *International Symposium of Digestion and Metabolism in the Ruminant* (3, 1969, Cambridge, G.B.). Proceedings. Ed. by A.T. Phillipson. England, Oriel Press. p. 119-131.
- HULLMAN, B.; PRESTON, T.R. 1981. La leucaena como fuente proteica para animales en crecimiento alimentados con caña de azúcar integral y urea. *Producción Animal Tropical* (R.D.) 6:348 - 351.
- KASS, M.L.; RODRIGUEZ, G. 1989. Evaluación nutricional de forrajes: curso de Posgrado M-166. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 52 p.
- LEE, A.; TNARBOSK, A.; BUBDR, R.; HALL, J.; DAVIS, O. 1978. Blood metabolic profiles: their use and relation to nutritional status of dairy cows. *Journal of Dairy Science* (EE.UU.) 61: 1652-1670.
- LITTLE, C.D.; BURROUGHS, W.; WOODS, W. 1963. Nutritional significance of soluble nitrogen in dietary proteins for ruminants. *Journal of Animal Science* (EE.UU.) 22(2): 358-363.
- LOPEZ, J.; PRESTON, T.R. 1977. Pulidura de arroz en dietas de caña de azúcar: efecto de diferentes combinaciones de harina de sangre. *Producción Animal Tropical* (R.D.) 2:146-150.
- _____; PRESTON, T.R.; SUTHERLAND, T.M.; WILSON, A. 1976. Pulidura de arroz, en dietas de caña de azúcar: efecto del nivel en condiciones de lluvia y sequía. *Producción Animal Tropical* (R.D.) 1:170-178.
- _____; PRIEGO, A.; WILSON, A.; PRESTON, T.R. 1977. Pulidura de arroz como suplemento en dietas de caña de azúcar: efecto de suministrarla separada o mezclada con la caña. *Producción Animal Tropical* (R.D.) 2:333-337.
- MANSTON, R.; RUSSEL, A.; DEWS, S.; PAYNE, J. 1975. The influence of dietary protein upon blood composition in dairy cows. *Veterinary Record* (G.B.) 133: 37-45.

- MATRONE, G.; BUNN, C.R.; McNEILL, J.J. 1964. Investigation of dietary factors in purified diets for ruminants. *British Journal of Nutrition* (EE.UU.) 84:215.
- MAYNARD, L.A.; LOOSLI, J.K.; HINTZ, H.T.; WARNER, R. 1981. *Nutrición animal*. Trad. Alfonso Ortega. México, McGraw-Hill. 640 p.
- MEHREZ, A.Z.; ORKOV, E.R.; OPSTVEDT, I. 1980. Processing factors affecting degradability of fish meal in the rumen. *Journal of Animal Science* (EE.UU.) 50: 737-744.
- MEYRELES, L.; MACLEOD, N.A.; PRESTON, T.R. 1977. Forraje de yuca como fuente protéica en dietas de caña de azúcar para el ganado: efecto de diferentes niveles de yuca y urea sobre parámetros de fermentación ruminal. *Producción Animal Tropical* (R.D.) 2:309-314.
- MONTPELIER, F.A.; VALDEZ, R.E.; PRESTON, T.R. 1977. Procesamiento de la caña de azúcar: efecto del descortezado y picado fino o grueso sobre el comportamiento animal y fermentación ruminal. *Producción Animal Tropical* (R.D.) 2: 209-216.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (EE.UU.). 1978. *Nutrient requirements of dairy cattle*. Washington, D.C. 76 p. (*Nutrient Requirements of Domestic Animals*, no.3).
- NOLAN, J.V.; LENG, R.A. 1972. Dynamic aspects of ammonia and urea metabolism in sheep. *British Journal of Nutrition* (G.B.) 27:177-194.
- _____ ; STACHIW, S. 1979. Fermentation and nitrogen dynamics in merino sheep given a low-quality roughage diet. *British Journal of Nutrition* (G.B.) 42:63-80.
- ORSKOV, E.R. 1982. *Protein nutrition in ruminant*. London, Academic Press. 160 p.
- PARKER, B.; BLOWEY, R. 1976. Investigation into the relationship of selected blood components to nutrition and fertility of the dairy cow under commercial farm conditions. *Veterinary Record* (G.B.) 98: 394-404.
- PEZO, D. 1990. Medición de las tasas de degradación ruminal en alimentos. In *Nutrición de ruminantes: guía metodológica de investigación*. Eds. M.E. Ruiz; A. Ruiz. San José, Costa Rica, IICA-RISPAL. p. 115-126.
- PICHARD, G.R.; VAN SOEST, P.J. 1977. Protein solubility of ruminant feeds. In *Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers* (1977, New York). *Proceedings*. Cornell, Cornell University. p. 91-98

- PINEDA, O. 1986. Utilización del follaje del poró (*Erythrina poeppigiana*) en la alimentación de terneros de lechería. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE. 65 p.
- PLAYNE, M.J. 1985. Determination of ethanol, volatile fatty acids, lactic and succinic acids in fermentation liquids by gas chromatography. *Journal of the Science of Food and Agriculture (G.B.)* 36:638-644.
- PRESTON, H.M. 1977. El valor nutritivo de la caña de azúcar para el rumiante. *Producción Animal Tropical (R.D.)* 2:129-145.
- _____. 1988. Utilización de la caña de azúcar en la alimentación animal. In *La caña de azúcar como pienso*. FAO. Boletín de Producción y Sanidad Animal no. 72. 71 p.
- _____; LENG, R.A. 1989. Adecuando los sistemas de producción pecuaria a los recursos disponibles: aspectos básicos y aplicados del nuevo enfoque sobre la nutrición del rumiante en el trópico. Colombia, Círculo Impresores. 306 p.
- _____; CARCAÑO, C.; ALVAREZ, F.J.; GUTIERREZ, D.G. 1976. Pulidura de arroz como suplemento en dietas de caña de azúcar: efecto del nivel de pulidura de arroz y procesamiento de la caña de azúcar por descortezado o picado. *Producción Animal Tropical (R.D.)* 1:156-168.
- PRIEGO, A.; LOPEZ, J.M.; WILSON, A.; SUTHERLAND, T.M. 1977. Adaptación ruminal a dietas de caña de azúcar. *Producción Animal Tropical (R.D.)* 2: 183-187.
- _____; SUTHERLAND, T.M. 1977. El efecto del ácido propiónico sobre el patrón de fermentación ruminal. *Producción Animal Tropical (R.D.)* 2:192-197.
- RODRIGUEZ, R.A. 1985. Producción de biomasa de poró gigante (*Erythrina poeppigiana* (Walpers) O.F. Cook) y king grass (*Penisetum purpureum* x *P. typhoides*) intercalados, en función de la densidad de siembra y la frecuencia de poda de poró. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE. 96 p.
- ROMERO, F. 1977. Predicción del crecimiento del ganado en pastoreo con suplementación de melaza y urea. Tesis Mag. Sc. UCR/CATIE. Turrialba, C.R. 62 p.

- ROMERO, F. 1990. Utilización de la técnica de digestión in situ para la caracterización de forrajes. In Nutrición de rumiantes: guía metodológica de investigación. Eds. M.E. Ruiz. San José, Costa Rica, IICA-RISPAL. p. 105-114.
- RUIZ, C.; BOBADILLA, M.; DeB HOVELL, F.D. 1977. Efecto del afrecho de trigo sobre la fermentación ruminal, volumen del rumen y tasa de flujo en toros cebú alimentados con caña de azúcar integral picada. Producción Animal Tropical (R.D.) 3:247-258.
- RUSSO, R. 1982. Resultados preliminares de biomasa de la poda de *Erythrina poeppigiana* (Walpers) O.F. Cook en Turrialba, Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 10 p.
- _____. 1983. Efecto de la poda de *Erythrina poeppigiana* (Walpers) O. F. Cook (poró), sobre la nodulación, producción de biomasa y contenido de nitrógeno en el suelo en un sistema agroforestal café-poró. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE. 108 p.
- SAMUR R., C. 1984. Producción de leche de cabras alimentadas con king grass (*Penisetum purpureum*) y poró (*Erythrina poeppigiana*), suplementada con fruto de banano (*Musa sp. cv Cavendish*). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE. 51 p.
- SATTER, L.D. 1977. Requerimiento protéico y utilización de nitrógeno no protéico. Producción Animal Tropical (R.D.) 2:248-268.
- _____; ROFFLER, R.R. 1975. Nitrogen requirement and utilization in dairy cattle. Journal of Dairy Science (EE.UU.) 58: 1219.
- SILVESTRE, R.; McLEOD, N.A.; PRESTON, T.R. 1977. Engorde del ganado con miel/urea: efectos de diferentes niveles de urea. Producción Animal Tropical (R.D.) 2: 325-328.
- _____; McLEOD, N.A.; PRESTON, T.R. 1977. Consumo voluntario y ganancia en peso de ganado bovino alimentados con caña de azúcar picada y soluciones de miel con diferentes concentraciones de urea. Producción Animal Tropical (R.D.) 2:1-12.
- SUTTON, J.D. 1979. Carbohydrate fermentation in the rumen. Variation on a theme. Proceedings of the Nutrition Society (G.B.) 38: 275-281.

- TOBON, C.J. 1988. Efecto de suplementación con tres niveles de follaje de poró (*Erythrina poeppigiana* (Walpers) O. F. Cook.) sobre la producción de vacas de leche de pastoreo. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 67 p.
- UDEN, P. 1978. Comparative studies on rate of passage, particle size and rate of digestion i ruminants, equines, rabbits, and man. Ph.D. Thesis. Ithaca, N.Y., Cornell University. 242 p.
- VALDEZ, R.E.; ALVAREZ, F.J.; FERREIRO, H.M.; GUERRA, F.; PRIEGO, A.; BLACKBURN, T.H.; LENG, F.A.; PRESTON, T.R. 1977. Función del rumen en el ganado alimentado con caña de azúcar. *Producción Animal Tropical* (R.D.) 2: 269-281.
- _____; LENG, R.A. 1976. Digestión in vivo de la fibra de la caña de azúcar. *Producción Animal Tropical* (R.D.) 1:52.
- VAN HORN, H.H. 1987. Protein and non-protein nitrogen for lactating cows. In Conferencia de Producción Animal (4, 1987, San José, Costa Rica). Contribuciones de los participantes. San José, C.R. 15 p.
- VAN SOEST, P.J. 1982. Nutritional ecology of the ruminant. Corvallis, Oregon, O.B. 374 p.
- VARGAS, A. 1987. Evaluación del forraje de poró (*Erythrina coccleata*) como suplemento protéico para toretes en pastoreo. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE. 88 p.

A N E X O S

Cuadro 1A. Efecto de los tratamientos sobre los parámetros de fermentación Ruminal.

Parámetro	Tratamientos		
	Poró	H.Pescado	Urea
pH	6,46 (0,66)*	6,51 (0,51)	6,41 (0,57)
AGV Umo/ml ⁻¹	53,62 (24,0)	48,78 (18,36)	51,27 (16,02)
AA, %	60,24 (8,52)	58,18 (8,04)	59,63 (6,97)
AP, %	21,71 (6,99)	25,73 (6,32)	25,00 (5,34)
AB, %	18,05 (7,83)	16,09 (5,96)	15,37 (6,24)
N-NH ₃ mg100ml ⁻¹	10,65a (1,70)	8,98b (2,66)	10,76a (2,20)

a,b : fila sin el mismo índice difiere al DMS = 1,92 Prueba waller - Duncan (P<0.05).

AGV μmol = ácidos grasos volátiles totales, μmolml^{-1}

AA = ácido acético, % AP = ácido propiónico, %

AB = ácido butírico, %

N-NH₃ mg 100 ml⁻¹ = Nitrógeno amoniacal

* = Valores entre paréntesis corresponden al error estándar

Cuadro 2A. Efecto de los tiempos de muestreo sobre los parámetros de fermentación ruminal.

Parámetro: pH ruminal.

Tiempos	Poró	H. Pescado	Urea
0	7,23 ± 0,15	7,27 ± 0,06	7,17 ± 0,12
2	5,87 ± 0,12	6,07 ± 0,21	5,73 ± 0,40
4	6,13 ± 0,06	6,07 ± 0,15	6,10 ± 0,20
8	6,37 ± 0,11	6,40 ± 0,42	6,33 ± 0,25
12	6,73 ± 0,21	6,70 ± 0,26	6,73 ± 0,12

Parámetro: Acidos grasos volátiles, $\mu\text{mol/ml}^{-1}$

Tiempos	Poró	H. Pescado	Urea
0	18,27 ± 2,11	28,10 ± 8,87	39,33 ± 14,44
2	48,20 ± 13,65	46,27 ± 11,60	38,20 ± 10,19
4	74,30 ± 11,55	72,30 ± 21,60	64,00 ± 21,65
8	65,43 ± 3,27	43,00 ± 8,92	55,47 ± 1,22
12	61,90 ± 28,71	54,23 ± 4,86	59,33 ± 13,30

Parámetro: Acido acético, %

Tiempos	Poró	H. Pescado	Urea
0	73,53 ± 1,93	70,10 ± 4,67	70,80 ± 0,61
2	53,23 ± 0,81	52,93 ± 5,49	55,47 ± 4,51
4	53,43 ± 2,89	55,67 ± 3,03	52,73 ± 3,10
8	57,43 ± 7,17	51,83 ± 4,89	58,30 ± 2,27
12	63,57 ± 2,69	60,37 ± 6,02	60,87 ± 3,92

Parámetro: Acido propiónico, %

Tiempos	Poró	H. Pescado	Urea
0	20,43 ± 3,39	22,27 ± 4,37	22,40 ± 2,95
2	21,50 ± 1,15	31,50 ± 2,52	29,27 ± 3,37
4	26,60 ± 7,61	26,33 ± 4,03	28,50 ± 5,98
8	20,53 ± 11,63	26,40 ± 6,78	20,53 ± 7,05
12	19,47 ± 9,39	22,17 ± 10,19	24,30 ± 2,82

Parámetro: Acido butírico, %

Tiempos	Poró	H. Pescado	Urea
0	6,03 ± 1,48	7,63 ± 1,12	6,80 ± 2,72
2	25,27 ± 0,67	15,57 ± 2,99	15,27 ± 6,59
4	19,97 ± 5,83	18,00 ± 5,66	18,77 ± 3,53
8	22,03 ± 4,66	21,77 ± 4,92	21,17 ± 4,99
12	16,97 ± 6,70	17,47 ± 4,20	14,83 ± 2,38

Parámetro: Concentración de amoníaco, mg 100 ml⁻¹

Tiempos	Poró	H. Pescado	Urea
0	8,47 ± 0,49	10,83 ± 1,95	9,40 ± 1,04
2	10,83 ± 1,10	7,67 ± 1,11	17,27 ± 1,12
4	14,67 ± 0,55	7,70 ± 1,15	13,93 ± 1,33
8	10,40 ± 0,70	8,73 ± 1,27	11,57 ± 1,20
12	8,90 ± 0,80	9,97 ± 1,14	8,17 ± 1,09

Cuadro 3A. Efecto de las diferentes fuentes nitrogenadas sobre los parámetros de degradabilidad ruminal de la materia seca de la caña de azúcar.

Parámetros	T r a t a m i e n t o s		
	PORO	H.PESCADO	UREA
A,%	52,39 (0,67)	53,36 (0,53)	53,20 (0,77)
B,%	9,12 (0,36)	7,68 (0,23)	10,67 (1,68)
C,h ⁻¹	0,0673 (0,0125)	0,0328 (0,137)	0,0261 (0,0050)
DP,%	61,51 (1,03)	61,0367 (0,3560)	63,87 (1,13)
T/2,hr	10,55 (2,09)	23,98 (10,57)	27,24 (5,38)

No hay diferencia significativa entre los tratamientos

* Valores entre paréntesis corresponden al error estándar

A = Degradación inicial o Fracción Soluble, %

B = Fracción degradada por acción microbial, %

DP = Degradabilidad potencial, %

C = Tasa de degradación, h⁻¹

T/2=tiempo medio de degradación, h

Cuadro 4A. Porcentaje promedio de degradación ruminal de la materia seca de la caña de azúcar por tiempos de incubación.

Tiempos	T r a t a m i e n t o s		
	Poró	H. Pescado	Urea
0	52,4 ± 0,251	52,8 ± 0,346	53,4 ± 0,902
3	53,7 ± 1,601	54,0 ± 0,500	53,5 ± 0,850
6	56,0 ± 1,320	55,3 ± 0,451	54,9 ± 0,551
12	57,1 ± 0,961	56,1 ± 0,519	55,6 ± 0,586
24	59,9 ± 1,305	57,6 ± 0,529	59,4 ± 0,557
48	60,7 ± 1,501	58,7 ± 0,462	60,0 ± 0,472
72	61,1 ± 1,405	59,8 ± 0,751	61,6 ± 0,379
96	61,3 ± 1,411	60,6 ± 1,082	62,8 ± 0,721
120	63,4 ± 2,113	61,1 ± 0,346	63,8 ± 0,513

Cuadro 5A. Efecto de los tratamientos sobre la concentración de urea-nitrógeno (mg/100 ml) en suero sanguíneo.

Tratamiento	Urea - nitrógeno
Poró	7,78 ± 1,55
Harina de pescado	6,62 ± 2,09
Urea	8,29 ± 1,13

Cuadro 6A. Efecto de los tiempos de muestreo sobre la concentración de urea-nitrógeno (mg/100 ml) en suero sanguíneo.

Tiempos	T r a t a m i e n t o s		
	Poró	H. Pescado	Urea
0	7,09 ± 1,02	8,71 ± 1,27	7,89 ± 0,45
4	8,21 ± 0,64	6,68 ± 2,14	9,66 ± 0,83
8	8,71 ± 2,47	6,69 ± 1,63	8,17 ± 1,13
12	7,11 ± 1,35	4,37 ± 0,54	7,47 ± 0,79

Cuadro 7A. Consumo de MS en (kg/100 kg PV) por novilla para cada etapa y tratamiento.

Nov.	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	Etapa 5
1	2,44	2,38	2,40	2,50	2,30
2	2,40	2,64	2,48	2,45	2,26
3	2,50	2,65	2,72	2,83	2,53
4	2,50	2,68	2,67	2,67	2,50
5	2,41	2,42	2,35	2,40	2,24
6	2,51	2,47	2,44	2,63	2,42
7	2,37	2,56	2,63	2,32	2,51
8	2,32	2,50	2,42	2,35	2,32
9	2,13	2,52	2,20	2,20	2,36
10	2,04	2,60	2,46	1,94	2,41
11	3,13	2,60	2,43	2,28	2,20
12	2,55	2,40	2,50	2,14	2,30
13	2,47	2,50	2,26	2,03	2,28
14	2,47	2,30	2,31	2,08	2,31
15	2,37	2,31	2,32	2,15	2,27
16	2,40	2,55	2,63	2,20	2,36
17	2,49	2,43	2,50	2,54	2,32
18	2,53	2,40	2,44	2,35	2,04
19	2,59	2,42	2,53	2,32	2,21
20	2,57	2,46	2,48	2,61	2,50
21	2,47	2,56	2,45	2,52	2,52
22	2,29	2,55	2,52	2,42	2,46
23	2,50	2,41	1,97	2,56	2,03
24	2,40	2,46	2,42	2,40	2,43

1-8 = poró
 9-16 = harina de pescado
 17-24 = urea

Cuadro 8A. Consumo de proteína cruda (g/100 kg PV /novilla), para cada etapa y tratamiento.

Nov.	Etapa 1	Etapa2	Etapa 3	Etapa 4	Etapa 5
1	319	345	356	339	342
2	296	342	397	371	344
3	341	355	397	393	386
4	353	383	364	384	379
5	311	350	363	341	357
6	344	337	374	381	368
7	354	354	373	395	382
8	351	342	316	330	319
9	345	333	344	349	301
10	324	297	366	323	284
11	395	338	387	378	347
12	367	350	326	368	347
13	369	395	296	327	377
14	389	353	321	325	290
15	342	315	352	332	306
16	370	342	385	394	348
17	348	359	362	334	319
18	349	326	333	315	281
19	378	365	358	333	282
20	412	382	382	357	349
21	321	390	385	373	351
22	346	398	390	362	349
23	371	328	411	268	259
24	366	355	435	287	349

* Novilla de la 1-8 tratamiento poro, 9-16 harina de pescado y 17-24 tratamiento de urea

**Cuadro 9A. Consumos de energía digestible (Mcal/100 kg PV)
por novilla, para cada etapa y tratamiento.**

Novilla	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	Etapa 5
1	6,78	6,79	7,18	6,86	7,10
2	5,81	7,05	7,55	7,41	7,74
3	7,24	7,35	7,67	7,17	7,66
4	6,90	6,98	7,08	7,63	7,83
5	6,74	6,64	6,55	7,17	6,54
6	7,11	7,44	7,60	7,29	7,39
7	6,88	7,07	7,79	7,20	7,31
8	7,28	6,73	6,82	6,69	6,83
9	6,92	7,50	7,30	7,43	6,95
10	7,50	7,60	7,50	7,47	7,25
11	8,50	7,21	7,42	6,91	7,41
12	8,15	6,59	7,16	8,18	7,16
13	7,99	6,63	7,38	6,67	7,38
14	7,84	6,56	6,93	7,38	6,93
15	7,28	6,64	6,70	5,37	6,71
16	8,62	6,98	8,38	6,88	8,40
17	7,72	7,93	7,80	8,10	7,87
18	7,39	7,88	7,60	7,45	7,62
19	7,71	7,46	7,99	6,86	7,99
20	8,68	7,60	7,70	6,87	7,75
21	7,96	7,70	7,60	7,39	7,80
22	7,65	7,40	7,70	7,55	8,30
23	7,64	7,30	5,73	7,30	7,01
24	8,67	7,60	7,36	7,38	7,36

1-8 = poró

9-16 = harina de pescado

17-24 = urea

Cuadro 10A. Pesos en kg por novilla, para cada etapa y tratamiento

Nov.	peso-1	peso-2	peso-3	peso-4	peso-5	peso-6
1	185	192	202	215	225	238
2	176	183	187	201	216	232
3	175	184	207	231	240	250
4	174	187	195	220	226	230
5	159	172	190	206	222	237
6	156	169	187	206	221	234
7	158	173	187	205	217	228
8	139	151	162	179	191	192
9	191	202	222	239	260	275
10	206	226	245	268	290	303
11	119	144	163	185	202	211
12	172	188	212	234	248	262
13	157	174	183	201	206	218
14	159	174	190	204	215	229
15	156	173	189	208	213	228
16	126	146	158	180	190	197
17	176	185	193	208	220	227
18	178	182	198	212	225	238
19	161	166	172	188	200	214
20	155	167	186	206	217	230
21	154	166	183	207	218	238
22	135	147	153	171	182	198
23	145	148	165	178	176	188
24	124	128	143	161	170	182

1-8 = Tratamiento follaje de poró.

9-16 = Tratamiento harina de pescado.

17-24 = Tratamiento de urea.

Cuadro 11A. Resultado del ANDEVA para los parámetros de Fermentación Ruminal

Parámetro: pH ruminal

F de V	GL	SC	CM	F	Pr > F
Animal	2	0,0231	0,0116	0,71	0,5840
Período	2	0,0964	0,0482	2,97	0,2517
Tratamiento	2	0,0658	0,0329	2,03	0,3303
Error (a)	2	0,0324	0,0162		
Tiempo	4	10,0102	2,5026	47,87	0,0001
Trat*tiempo	8	0,1431	0,0179	0,34	0,9403
Error (b)	24	1,2547	0,0523		

CV: 3,5

Parámetro: Acidos grasos volátiles totales en Umoles

F de V	GL	SC	CM	F	Pr > F
Animal	2	249,5444	124,7722	1,23	0,4483
Período	2	453,4858	226,7429	2,24	0,3090
Tratamiento	2	175,7354	87,8682	0,87	0,5358
Error (a)	2	202,8071	101,4036		
Tiempo	4	8881,8333	2220,4583	10,88	0,0001
Trat*Tiempo	8	1688,1213	211,0152	1,03	0,4390
Error (b)	24	4899,6893	204,1537		

CV: 27,8

Parámetro: Proporción Molar en % de ácido acético

F de V	G1	SC	CM	F	Pr> F
Animal	2	59,2324	29,6162	1,06	0,4856
Período	2	67,8031	33,9016	1,21	0,4519
Tratamiento	2	33,6191	16,8096	0,60	0,6245
Error (a)	2	55,9098	27,9549		
Tiempo	4	2011,6969	502,9242	39,70	0,0001
Trat*Tiempo	8	103,4164	12,9271	1,02	0,4476
Error (b)	24	304,0147	12,6673		

CV: 5,9

Parámetro: Proporción Molar en % de ácido Propiónico

F de V	G1	SC	CM	F	Pr> F
Animal	2	491,9773	245,9887	2,81	0,2627
Período	2	103,4573	51,7287	0,59	0,6289
Tratamiento	2	137,9893	68,9947	0,79	0,5596
Error (a)	2	175,3320	87,6660		
Tiempo	4	298,3898	74,5975	4,19	0,0103
Trat*Tiempo	8	146,9796	18,3725	1,03	0,4399
Error (b)	24	427,1667	17,7986		

CV: 17,4

Parámetro: Proporción Molar en % de ácido Butírico

F de V	GL	SC	CM	F	Pr > F
Animal	2	211,9773	105,9369	4,25	0,1905
Periodo	2	24,4284	12,2142	0,49	0,6712
Tratamiento	2	58,0218	29,0109	1,16	0,4622
Error (a)	2	49,8698	24,9349		
Tiempo	4	1178,0876	294,5219	25,58	0,0001
Trat*Tiempo	8	158,8138	19,8517	1,72	0,1440
Error (b)	24	276,3547	11,5148		

CV: 20,5

Parámetro: Nitrógeno amoniacal

F de V	GL	SC	CM	F	Pr > F
Animal	2	8,6520	4,3260	1,26	0,4430
Periodo	2	4,8853	2,4427	0,71	0,5848
Tratamiento	2	71,6253	35,8127	10,41	0,0877
Error (a)	2	6,8813	3,4407		
Tiempo	4	69,4756	17,3689	23,88	0,0001
Trat*tiempo	8	185,4858	23,1857	31,88	0,0001
Error (b)	24	17,4547	0,7273		

CV: 8,0

Cuadro 12A. Resultado del ANDEVA para los parámetros de degradación ruminal de la materia seca de la caña de azúcar.

Parámetro: Degradación inicial o Fracción A

F de V	G1	SC	CM	F	Pr > F
Animal	2	2,0531	1,0266	7,54	0,1171
Período	2	0,3318	0,1659	1,22	0,4507
Tratamiento	2	1,6065	0,8033	5,90	0,1449
Error	2	0,2723	0,1362		

CV: 0,6

Parámetro: Degradación Lenta o Fracción B

F de V	G1	SC	CM	F	Pr > F
Animal	2	1,4844	0,7422	0,73	0,5765
Período	2	2,5324	1,2662	1,25	0,4438
Tratamiento	2	13,4458	6,7229	6,65	0,1306
Error	2	2,0207	1,0104		

CV: 10,9

Parámetro: Degradación Potencial DP

F de V	G1	SC	CM	F	Pr > F
Animal	2	0,4842	0,2421	0,14	0,8749
Período	2	1,0478	0,5239	0,31	0,7637
Tratamiento	2	13,7743	6,8872	4,07	0,1973
Error	2	3,3855	1,6928		

CV: 2,0

Parámetro: Tasa de Degradación

F de V	Gl	CM	F	Pr > F
Animal	2	0,00000541	0,03	0,9679
Período	2	0,00019893	1,22	0,4507
Tratamiento	2	0,00146881	9,00	0,10000
Error	2	0,00367278		

CV: 30,3

Parámetro: Tiempo Medio, T/2

F de V	Gl	SC	CM	F	Pr > F
Animal	2	0,0921	0,0461	0,06	0,9402
Período	2	1,4623	0,7312	1,01	0,4975
Tratamiento	2	6,5083	3,2542	4,50	0,1819
Error	2	1,4476	0,7238		

CV: 10,5

Cuadro 13A. ANDEVA nitrógeno - urea en sangre

F de V	GL	SC	CM	F	Pr > F
Trat.	2	23,8345	11,9172	3,65	0,0690
Error (a)	9	29,3667	3,2630		
Tiempo	3	25,6298	8,5433	6,63	0,0017
Trat*Tiempo	6	30,7858	5,1310	3,98	0,0056
Error (b)	27	34,8119	1,2893		

CV: 5,0

Cuadro 14A. Resultado del ANDEVA para los parámetros de Tasa de Pasaje de las dietas.

Parámetro: Tasa de Pasaje en el Rumen

F de V	G1	SC	CM	F	Pr> F
Trat.	2	2,8669	1,4335	64,60	0,0001
Error	6	0,1317	0,0219		

CV: 5,0

Parámetro: Tasa de Pasaje en el Tracto Posterior

F de V	G1	SC	CM	F	Pr> F
Trat.	2	51,7305	25,8653	7,13	0,0260
Error	6	21,7729	3,6288		

CV: 11,8

Parámetro: Tiempo de Retención en el Rumen

F de V	G1	SC	CM	F	Pr> F
Trat.	2	348,8027	174,4013	65,27	0,0001
Error	6	16,0333	2,6722		

CV: 8,9

Parámetro: Tiempo de Retención en el Tracto Posterior

F de V	G1	SC	CM	F	Pr> F
Trat.	2	51,7305	25,8653	7,21715	0,0260
Error	6	21,5034	3,5839		

CV: 11,2

Parámetro: Tiempo de Tránsito

F de V	G1	SC	CM	F	Pr> F
Trat.	2	28,8270	14,4135	13,2465	0,0063
Error	6	6,5284	1,0881		

CV: 8,8

Cuadro 15A. Resultado del ANDEVA para el consumo, medios totales en materia seca, proteína cruda y energía digestible (100Kg^{-1} Pv día⁻¹)

Variable: Kg MS / 100 Kg de peso vivo

F de V	G1	SC	CM	F	Pr> F
Tratamiento	2	0,0719	0,359	4,04	0,0318
Error	21	0,1850	0,0088		

CV: 3,8

Variable: PC g/100 Kg de peso vivo

F de V	G1	SC	CM	F	Pr> F
Tratamiento	2	335,03	167,52	0,48	0,6251
Error	21	7320,79	348,61		

CV: 5,3

Variable: ED Mcalorías/100 Kg de peso vivo.

F de V	G1	SC	CM	F	Pr> F
Tratamiento	2	0,7506	0,3753	3,29	0,0572
Error	21	2,3956	0,1141		

CV: 4,5

Cuadro 16A. Resultado del ANDEVA de la ganancia de peso en kg/día

F de V	G1	SC	CM	F	Pr> F
Tratamiento	2	0,1221	0,0611	3,66	0,0436
Error	21	0,3515	0,0167		

CV: 19,7

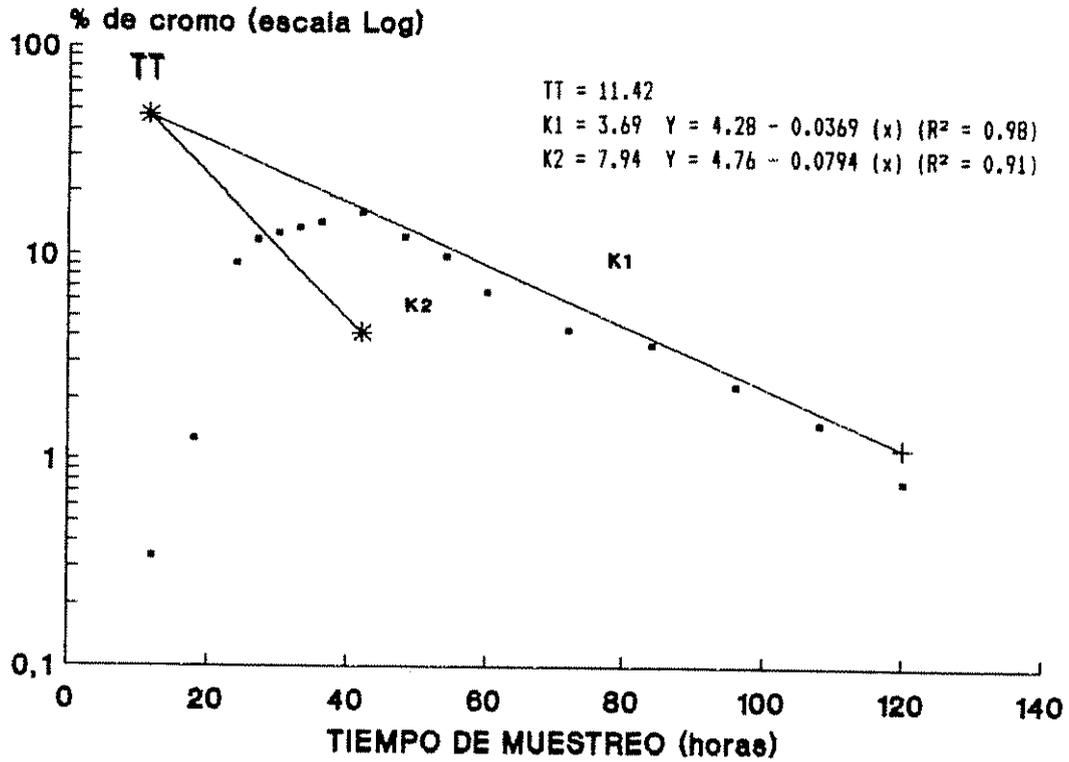


Figura 1A. Tasa de pasaje promedio para la dieta de poró.

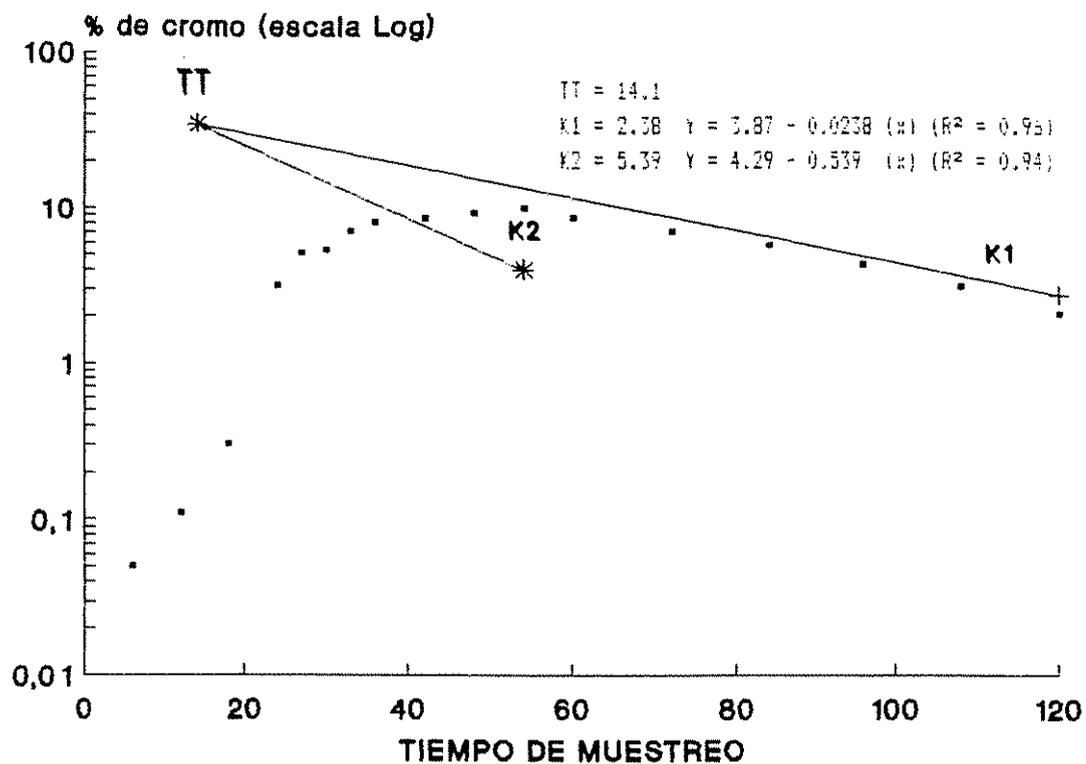


Figura 2A. Tasa de pasaje promedio para dieta con harina de pescado.

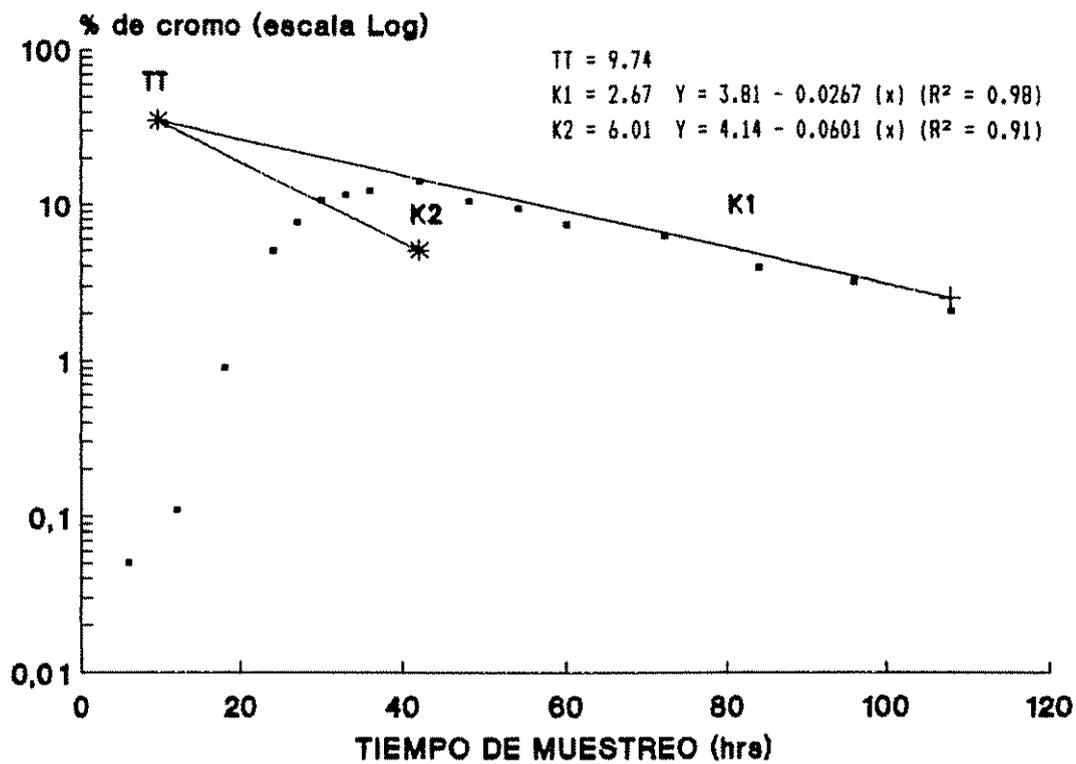


Figura 3A. Tasa de pasaje promedio para la dieta de urea.