

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA

SUBDIRECCIÓN GENERAL ADJUNTA DE ENSEÑANZA

PROGRAMA DE POSGRADO

EFEECTO DE CUATRO NIVELES DE PULIDURA DE ARROZ SOBRE LA
PRODUCCIÓN DE LECHE DE VACAS EN PASTOREO SUPLEMENTADAS CON
FOLLAJE DE PORO (*Erythrina poeppigiana* (Walpers) O.F. Cook)

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

MAGISTER SCIENTIAE

Por

LUIS HERNANDO CORADO CUEVAS

Turrialba, Costa Rica

1991

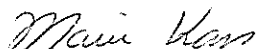
Esta tesis ha sido aceptada, en su presente forma, por la Coordinación del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales Renovables del CATIE y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar al grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

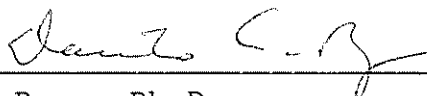
COMITE ASESOR:



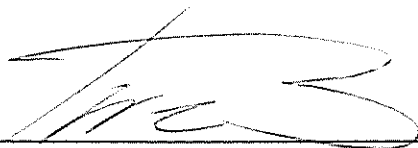
Francisco Romero, Ph.D.
Profesor Consejero



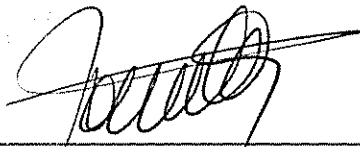
María Kass, Ph.D.
Miembro del Comité



Danilo Pezo, Ph.D.
Miembro del Comité



Jorge Benavides, MSc.
Miembro del Comité



Ramón Lastra, Ph.D.
Coordinador Programa Posgrado



Luis Hernando Corado Cuervas
Candidato

DEDICATORIA

A mis padres Roberto Corado Castellanos y María Cristina Cuevas de Corado, por su apoyo incansable de toda la vida.

A mis hermanos, cuñadas y sobrinos.

A mis tíos Graciela Cuevas, Carlos y Marta de Jacobsthal y Dr. Mario Cuevas.

A Sandra Lisseth.

A todos ellos eterno agradecimiento por su apoyo y comprensión sin los cuales me hubiera sido imposible alcanzar este logro.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA) de Guatemala, por haberme brindado la oportunidad de realizar estudios de Posgrado.

Al Doctor Francisco Romero, profesor consejero, por sus acertadas indicaciones y apoyo incondicional en la realización del presente trabajo.

A la Doctora María Kass por sus valiosas sugerencias, las cuales contribuyeron a enriquecer particularmente este estudio.

Al Doctor Danilo Pezo, por su plena disposición para resolver las inquietudes planteadas en el desarrollo de este trabajo.

Al Ingeniero Jorge Benavides, por sus oportunas indicaciones en la redacción del documento, y las facilidades brindadas para que se realizara la segunda fase del trabajo.

A los profesores del Area de Ganadería Tropical, por sus sabias enseñanzas.

Al personal del Laboratorio de Nutrición Animal, por su amplia colaboración en la realización del presente estudio.

Al personal del Centro de Cómputo, en especial al Doctor Pedro Ferreira, por la orientación recibida para realizar los análisis correspondientes.

A Manuel Camacho y Eric López, por su especial entrega en la realización del trabajo de campo. Al personal administrativo y de campo de la Finca de Ganadería, por su colaboración.

A las familias Vásquez Menjívar, Duarte Salguero, Camero Rodríguez y Sagastume, por la amistad brindada durante estos dos años, cuyo recuerdo será imperecedero.

A todos los compañeros de la Promoción 89-91, con quienes compartimos alegrías y tristezas que contribuyeron a hacer de esta Maestría una verdadera escuela de formación integral. Especial agradecimiento a los compañeros del Area de Ganadería Tropical y sus familias, por su paciencia y por permitirme compartir momentos inolvidables.

A los compañeros del Anexo 3, quienes se constituyeron en mi familia durante una buena parte de estos dos años.

A los proyectos PROGETTAPS-BID, AID-Science y Sistemas Silvopastoriles, por su colaboración en el financiamiento de mis estudios y desarrollo del trabajo de tesis.

BIOGRAFIA

El autor nació en la Ciudad de Guatemala, el 25 de septiembre de 1961. Realizó sus estudios de educación primaria y secundaria en la misma población, obteniendo el Título de Maestro de Educación Primaria. En 1980 inició sus estudios superiores en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, donde obtuvo el Título de Zootecnista. En 1987 ingresó al Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas como Técnico Investigador del Programa de Bovinos, teniendo como sede el Subcentro de Producción de Nueva Concepción, Escuintla, en el cual labora actualmente.

En 1989 fue admitido en el Programa de Posgrado del Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza, obteniendo el grado de Magister Scientiae en octubre de 1991.

CONTENIDO

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
BIOGRAFIA	v
CONTENIDO	vi
RESUMEN	x
SUMMARY	xii
INDICE DE CUADROS	xiv
INDICE DE FIGURAS	xvi
INDICE DE ANEXOS	xix
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	4
2.1 Los pastos tropicales como base de la dieta de los bovinos	4
2.2 Utilización del Poró (<i>Erythrina poeppigiana</i>) como fuente de proteína en la alimentación animal	5
2.2.1 Generalidades	5
2.2.2 Características nutricionales	5
2.2.3 Utilización en la producción de vacas lecheras	6
2.3 Suplementos energéticos para producción en bovinos	7
2.3.1 Melaza	8
2.3.2 Pulidura de arroz	9
3. MATERIALES Y METODOS	11
3.1 Localización	11
3.2 Ensayo de evaluación del comportamiento de las vacas lecheras	11

3.2.1 Manejo de los animales	11
3.2.2 Tratamientos	12
3.2.3 Variables de respuesta	13
3.2.3.1 Producción de leche	13
3.2.3.2 Composición química de la leche	13
3.2.4 Otras variables a medir	13
3.2.4.1 Consumo y calidad del pasto y poró	13
3.2.4.2 Composición botánica de la pastura	14
3.2.4.3 Peso de los animales	15
3.2.5 Diseño experimental	15
3.2.6 Análisis económico	18
3.3 Ensayo de caracterización de la actividad ruminal	19
3.3.1 Manejo de los animales	19
3.3.2 Variables de respuesta	19
3.3.2.1 Degradabilidad <i>in situ</i> de la materia seca.	19
3.3.2.2 Tasa de pasaje de la ración	19
3.3.2.3 Parámetros de fermentación ruminal	20
3.3.3 Otras variables	20
3.3.3.1 Consumo y calidad del pasto y poró	20
3.3.3.2 Peso de los animales	21
3.3.4 Diseño experimental	21

4. RESULTADOS Y DISCUSION	24
4.1 Ensayo de caracterización de la actividad ruminal	25
4.1.1 Parámetros de fermentación ruminal	25
4.1.1.1 Producción total de ácidos grasos volátiles (AGV)	25
4.1.1.2 Proporciones molares de los ácidos grasos volátiles	26
4.1.1.3 Concentración de nitrógeno amoniacal en el licor ruminal	28
4.1.1.4 pH ruminal	30
4.1.2 Tasa de pasaje	30
4.1.3 Parámetros de la degradación ruminal	32
4.1.3.1 Degradación del pasto King grass	32
4.1.3.2 Degradación de la pulidura de arroz	34
4.1.3.3 Degradación del follaje de poró	35
4.1.4 Consumo de alimentos por los novillos	36
4.1.5 Ganancia diaria de peso de los novillos	39
4.2 Ensayo de evaluación del comportamiento de las vacas lecheras	40
4.2.1 Producción de leche	40
4.2.2 Constituyentes de la leche	51
4.2.2.1 Grasa	51
4.2.2.2 Proteína	53
4.2.2.3 Sólidos totales	58
4.2.3 Consumo de alimentos por las vacas	58

4.2.3.1	Consumo de pasto	58
4.2.3.2	Consumo de follaje de poró	64
4.2.3.3	Consumo de materia seca total	65
4.2.4	Análisis económico	68
5.	CONCLUSIONES	70
6.	RECOMENDACIONES	71
7.	BIBLIOGRAFIA	72
8.	ANEXOS	80

CORADO C., L.H. 1991. Efecto de cuatro niveles de pulidura de arroz sobre la producción de leche de vacas en pastoreo suplementadas con follaje de poró (*Erythrina poeppigiana* (Walpers) O.F. Cook).

Palabras Claves: Suplemento energético, degradabilidad ruminal, tasa de pasaje, fermentación ruminal, almidón, energía sobrepasante, alimentación de vacas, pulidura de arroz, follaje de poró, pastoreo, producción de leche.

EFFECTO DE CUATRO NIVELES DE PULIDURA DE ARROZ SOBRE LA PRODUCCION DE LECHE DE VACAS EN PASTOREO SUPLEMENTADAS CON PORO (*Erythrina poeppigiana* (Walpers) O.F. Cook)

RESUMEN

En la Estación Experimental del Area de Ganadería Tropical del CATIE fueron llevados a cabo dos ensayos con el objetivo de evaluar bioeconómicamente el efecto de la suplementación con varios niveles de pulidura de arroz (0, 0,2, 0,4 y 0,6 kg de MS/100 kg PV) sobre la producción de 12 vacas lecheras cruzadas de las razas Jersey x Criollo lechero centroamericano mantenidas en pastoreo, a las cuales se les suministró una cantidad fija de follaje de poró (0,5 kg de materia seca/100 kg de peso vivo) y de melaza (0,75 kg de materia seca/vaca/día). En el primer ensayo fueron evaluadas las variables producción y componentes de la leche, el consumo de pasto, de follaje de poró y de materia seca total; el diseño utilizado fue cuadrado latino en sobrecambio. En el segundo ensayo fue evaluado el efecto de los mismos tratamientos en novillos fistulados en el rumen, siendo estudiados algunos parámetros de la actividad ruminal, así como el consumo de los forrajes y del total de MS, todo esto con el objeto de contribuir a explicar los resultados obtenidos en las vacas lecheras; el diseño utilizado fue cuadrado latino.

Los resultados obtenidos muestran que existió un efecto importante ($P < 0,0001$) de los tratamientos sobre la producción de leche (8,8, 9,7, 9,9 y 10,5 kg/vaca/día); la concentración de proteína en la leche se incrementó linealmente ($P < 0,004$) al aumentar el suministro de pulidura, mientras que los porcentajes de grasa y de sólidos totales no fueron afectados significativamente.

La suplementación con pulidura provocó un aumento lineal importante ($P < 0,001$) en la concentración de AGV

totales, así como en la proporción molar de ácido butírico ($P < 0.002$), mientras que la de ácido acético disminuyó ($P < 0,05$); las tasas de pasaje en el rumen y en el tracto posterior aumentaron ($P < 0,02$). La degradabilidad real del pasto king grass, del follaje de poró y de la pulidura, así como la tasa de degradación del king grass disminuyeron linealmente como efecto de la suplementación ($P < 0,02$). El N amoniacal y el pH ruminal fueron afectados por el tiempo post-suplementación.

En ambos ensayos el consumo de pasto en kg de materia seca/100 kg de peso vivo disminuyó como efecto de los tratamientos ($P < 0,01$) (de 2,58 a 2,15 en las vacas, y de 1,43 a 1,26 en los novillos en los tratamientos 1 y 4, respectivamente), mientras que el consumo total de la materia seca aumentó significativamente ($P < 0,02$).

El suministro de pulidura a razón de 0,2 kg MS/100 kg PV mostró ser el tratamiento más eficiente económicamente (Tasa Marginal de Retorno = 276 %).

CORADO C., L.H. 1991. Effect of four level of rice polishing on milk production of grazing cows supplemented with poro foliage (*Erythrina poeppigiana* (Walpers) O.F. Cook)

Key words: Energy supplement, ruminal degradability, rate of passage, ruminal fermentation, starch, bypass energy, dairy feed, rice polishing, poro foliage, pasture, milk production.

EFFECT OF FOUR LEVELS OF RICE POLISHING ON MILK PRODUCTION GRAZING COWS SUPPLEMENTED WITH PORO FOLIAGE (*Erythrina poeppigiana* (Walpers) O.F. Cook)

SUMMARY

Two experiments were conducted at CATIE's tropical livestock area to evaluated the bio-economical effect of rice polishing supplementation.

Twelve grazing Jersey x Criollo lechero centroamericano cows were random assigned to a Latin Square design to evaluated the effect of four levels of rice polishing (0, 0,2 0,4 0,6 kg DM/100 kg BW), upon milk yield and its constituents as well as the pasture, poro foliage and total dry matter intake. A fixed amount of poro foliage (0,5 kg DM/100 kg BW) and molasses (0,75 kg DM/cow/day) was offered to each cow.

In the second trial four ruminal fistuled steers, with a basal diet of King grass (*Pennisetum purpureum*) and the same supplement levels, allocated in a Latin Square design, were used to evaluated ruminal dynamics and fermentation patterns, with the objective of contribute to explain the results obtained in the first trial.

Results obtained indicate an important effect ($P < 0,0001$) of treatments on milk production (8,8 9,7 9,9 and 10,5 kg/cow/day); also protein concentration in the milk increased linearly ($P < 0,004$) when polishing supplies were increased, while fat and total solids percentages were not significantly affected.

Polishing supplementation caused an important linear increase ($P < 0,001$) in total Volatile Fatty Acids concentration as well as the molar proportion of butyric acid ($P < 0,002$), while that of acetic acid decreased ($P < 0,05$); rates of passage in the rumen and in the lower tract increased ($P < 0,02$). The true degradability of king grass, poro foliage and of the polishings as well as the

degradation rate of the king grass decreased lineally as an effect of the supplementation ($P < 0,02$). Ammonia and ruminal pH were affected by post-supplementation time.

Grazing decreased as an effect of the treatments ($P < 0,01$) in both trials, while total consumption of dry material increased significantly ($P < 0,02$).

Supply of polishing at 0,2 kg DM/100 kg BW was the most economically efficient treatment (Marginal Rate of Return = 276%).

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Características nutricionales de los alimentos consumidos por las vacas	24
Cuadro 2.	Efecto de la suplementación con pulidura de arroz sobre la cantidad total y proporciones molares de ácidos grasos volátiles (AGV)	26
Cuadro 3.	Efecto de la suplementación con pulidura de arroz sobre la concentración de nitrógeno amoniacal y sobre el pH ruminal, a diferentes tiempos después de suministrado el suplemento	28
Cuadro 4.	Efecto de la suplementación con pulidura de arroz sobre la tasa de pasaje de la dieta en el retículo-rumen y en el tracto posterior, y en el tiempo de tránsito	31
Cuadro 5.	Efecto de la suplementación con pulidura de arroz sobre los parámetros de la degradación ruminal de la materia seca del pasto King Grass	32
Cuadro 6.	Efecto de la suplementación con pulidura de arroz sobre los parámetros de la degradación ruminal de la materia seca de la pulidura	35
Cuadro 7.	Efecto de la suplementación con pulidura de arroz sobre los parámetros de la degradación ruminal de la materia seca del follaje de Poró	36
Cuadro 8.	Efecto de la suplementación con pulidura de arroz sobre el consumo de pasto, de follaje de poró y total de materia seca de los novillos fistulados, expresado como % del peso vivo en materia seca	37
Cuadro 9.	Efecto de la suplementación con pulidura de arroz sobre la ganancia de peso de los novillos	39
Cuadro 10.	Efecto de la suplementación con pulidura de arroz sobre la producción de leche y la concentración de sus constituyentes	42

Cuadro 11.	Requerimientos y disponibilidad de proteína cruda y energía digestible por tratamiento	46
Cuadro 12.	Efecto de los tratamientos sobre la ganancia diaria de peso	47
Cuadro 13.	Eficiencia en el uso de los nutrientes suministrados para la producción de leche	47
Cuadro 14.	Concentración energética del alimento suministrado	48
Cuadro 15.	Contenido de lípidos de raciones consumidas	50
Cuadro 16.	Efecto de la suplementación con pulidura de arroz sobre la concentración de los constituyentes de la leche	51
Cuadro 17.	Relación entre el porcentaje de pulidura de arroz en la ración y la eficiencia del uso de energía para producir proteína láctea.	53
Cuadro 18.	Efecto de la suplementación con pulidura de arroz sobre el consumo de pasto, de follaje de poró y el consumo total, expresado como porcentaje del peso vivo en materia seca.	60
Cuadro 19.	Aporte de concentrado en las dietas correspondientes a los tratamientos evaluados	61
Cuadro 20.	Concentración energética de las dietas para cada tratamiento	65
Cuadro 21.	Digestibilidad de las dietas suministradas en cada tratamiento	67
Cuadro 22.	Presupuesto parcial	68
Cuadro 23.	Análisis marginal	69

INDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Efecto de la suplementación con pulidura de arroz sobre la concentración total de ácidos grasos volátiles (AGV) en el licor ruminal de novillos alimentados a base de pasto, suplementados con poró y melaza. 25
- Figura 2. Efecto de la suplementación con pulidura de arroz sobre las proporciones molares de los ácidos acético y butírico en el licor ruminal de novillos alimentados a base de pasto, suplementados con poró y melaza. 27
- Figura 3. Efecto del tiempo transcurrido después del suministro del suplemento sobre la concentración de nitrógeno amoniacal y del pH del licor ruminal de novillos alimentados a base de pasto, suplementados con pulidura de arroz, poró y melaza. 29
- Figura 4. Efecto de la suplementación con pulidura de arroz sobre las tasas de pasaje en el retículo-rumen y en el tracto posterior de novillos alimentados a base de pasto, suplementados con poró y melaza. 31
- Figura 5. Efecto de la suplementación con pulidura de arroz sobre la degradabilidad real del king grass, la pulidura de arroz y el follaje de poró, en el rumen de novillos alimentados a base de pasto, suplementados con poró y melaza. 34
- Figura 6. Efecto de la suplementación con pulidura de arroz sobre el consumo de materia seca de king grass y de la dieta total de novillos alimentados a base de pasto, suplementados con poró y melaza. 38
- Figura 7. Efecto de la suplementación con pulidura de arroz sobre la producción de leche de vacas en pastoreo, suplementadas con poró y melaza. 41

- Figura 8. Consumo de proteína total y por componente de la dieta, de vacas lecheras en pastoreo, suplementadas con pulidura de arroz y poró y melaza. 43
- Figura 9. Consumo de Energía Digestible total y por componente de la dieta, de vacas lecheras en pastoreo suplementadas con pulidura de arroz, poró y melaza. 43
- Figura 10. Efecto del consumo de energía digestible sobre la producción de leche de vacas en pastoreo, suplementadas con pulidura de arroz, poró y melaza. 45
- Figura 11. Efecto del consumo de proteína cruda sobre la producción de leche de vacas en pastoreo, suplementadas con pulidura de arroz, poró y melaza. 45
- Figura 12. Efecto de la concentración de energía digestible en la dieta sobre la producción de leche de vacas en pastoreo, suplementadas con pulidura de arroz, poró y melaza 49
- Figura 13. Aporte proporcional de cada uno de los componentes a la dieta de vacas lecheras en pastoreo, suplementadas con pulidura de arroz, poró y melaza. 52
- Figura 14. Efecto de la suplementación con pulidura de arroz sobre la concentración de proteína en la leche de vacas en pastoreo, suplementadas con poró y melaza. 54
- Figura 15. Efecto del consumo de energía digestible sobre la concentración de proteína en la leche de vacas en pastoreo, suplementadas con pulidura de arroz, poró y melaza. 54

- Figura 16. Efecto de la concentración de energía digestible en la dieta sobre la concentración de proteína en la leche de vacas en pastoreo, suplementadas con pulidura de arroz poró y melaza 57
- Figura 17. Efecto del consumo de proteína cruda sobre la concentración de proteína en la leche de vacas en pastoreo, suplementadas con pulidura de arroz, poró y melaza. 57
- Figura 18. Efecto de la suplementación con pulidura de arroz sobre el consumo de materia seca de pasto, de vacas lecheras en pastoreo suplementadas con poró y melaza. 63
- Figura 19. Efecto de la suplementación con pulidura de arroz sobre el consumo de materia seca de poró, de vacas lecheras en pastoreo suplementadas con poró y melaza. 63
- Figura 20. Efecto de la suplementación con pulidura de arroz sobre el consumo de materia seca total de vacas lecheras en pastoreo suplementadas con poró y melaza. 66
- Figura 21. Curva de Beneficios Netos. 69

INDICE DE ANEXOS

Figura 1A. Temperatura y precipitación durante el período experimental	81
Cuadro 1A. Disponibilidad de pasto en los potreros	82
Cuadro 2A. Composición botánica inicial de los potreros	83
Cuadro 3A. Composición botánica final de los potreros	83
Cuadro 4A. Análisis de varianza de la variable producción diaria de leche	84
Cuadro 5A. Análisis de varianza de la variable porcentaje de grasa en la leche	84
Cuadro 6A. Análisis de varianza de la variable porcentaje de proteína en la leche	85
Cuadro 7A. Análisis de varianza de la variable porcentaje de sólidos totales en la leche	85
Cuadro 8A. Análisis de varianza de la variable consumo de pasto de las vacas	86
Cuadro 9A. Análisis de varianza de la variable consumo de poro de las vacas	86
Cuadro 10A. Análisis de varianza de la variable consumo total de materia seca de las vacas	87
Cuadro 11A. Análisis de varianza de la variable ganancia de peso de las vacas	87
Cuadro 12A. Análisis de varianza de la variable concentración de ácidos grasos volátiles totales	88
Cuadro 13A. Análisis de varianza de la variable proporción molar de ácido acético	88
Cuadro 14A. Análisis de varianza de la variable proporción molar de ácido propiónico	89

Cuadro 15A.	Análisis de varianza de la variable proporcion molar de acido butirico	89
Cuadro 16A.	Análisis de varianza de la variable concentracion ruminal de nitrogeno amoniacal	90
Cuadro 17A.	Análisis de varianza de la variable pH del licor ruminal	90
Cuadro 18A.	Análisis de varianza de la variable tasa de pasaje en el reticulo rumen	91
Cuadro 19A.	Análisis de varianza de la variable tasa de pasaje en el tracto posterior	91
Cuadro 20A.	Análisis de varianza de la variable tiempo de transito	92
Cuadro 21A.	Análisis de varianza de la variable degradabilidad real de la materia seca del king grass	92
Cuadro 22A.	Análisis de varianza de la variable degradabilidad real de la materia seca de la pulidura de arroz	93
Cuadro 23A.	Análisis de varianza de la variable degradabilidad real de la materia seca del follaje de poro	93
Cuadro 24A.	Análisis de varianza de la variable consumo de materia seca de pasto por los novillos	94
Cuadro 25A.	Análisis de varianza de la variable consumo de la materia seca del follaje de poro	94
Cuadro 26A.	Análisis de varianza de la variable consumo de materia seca total por los novillos	95
Cuadro 27A.	Análisis de varianza de la variable ganancia diaria de peso de los novillos	95

1. INTRODUCCION.

Una de las principales ventajas de la especie bovina es la capacidad de brindar productos útiles al hombre a partir de recursos no utilizables por el mismo. En el trópico, los pastos de piso constituyen la fuente más barata de nutrientes para rumiantes, presentando además la ventaja de estar fácilmente disponibles. Lo anterior se refleja en la alta proporción (90 %) de la producción de carne y leche que se basa en sistemas en los que el pastoreo y la utilización de pastos de corte son la fuente principal de alimentación del ganado (Seré y Vaccaro, citados por Toledo y Mendoza, 1989).

Sin embargo, es conocido que los pastos tropicales no tienen la concentración proteica y especialmente energética suficiente para garantizar una producción alta de leche. Por ello debe recurrirse al uso de suplementos que de preferencia se encuentren al alcance del productor, con el fin de aumentar la ingesta de nutrientes por el animal. Por otra parte, los recursos alimenticios de alta calidad para los animales son limitados y caros en la región centroamericana, por lo cual su inclusión dentro de los sistemas debe ser solamente cuando se logre el mayor beneficio económico posible. Es así que los suplementos que se utilicen además de estar disponibles, deben ser de bajo costo y no competir con la alimentación humana o con animales monogástricos, los cuales los usarían más eficientemente.

Bajo las condiciones del trópico húmedo existen suplementos proteicos disponibles que reúnen las condiciones mencionadas anteriormente, entre los cuales se pueden citar el follaje de Poró (*Erythrina poeppigiana*) y de otros árboles forrajeros, los cuales han sido estudiados

anteriormente demostrando sus cualidades nutricionales. La incorporación de estos recursos como componente de un sistema silvopastoril responde a la necesidad de lograr una actividad ganadera capaz de lograr una producción acelerada y sostenida congruente con el uso racional de los recursos naturales. Lo anterior persigue el desarrollo de tecnologías que combinen la producción de alimentos de alto valor biológico, con la preservación del ambiente y los recursos naturales tropicales. Por otra parte, es conveniente estudiar la posibilidad de incluir fuentes energéticas susceptibles de ser combinadas con estos follajes arbóreos, a fin de hacer más eficiente su utilización por los animales, e intensificar la producción del sistema.

Entre los suplementos disponibles localmente y que podrían cumplir la función mencionada anteriormente, se encuentran subproductos agroindustriales que pueden ser utilizados para incrementar el suministro de energía para el desarrollo de sistemas alimenticios. Tanto la pulidura de arroz como la melaza son fuentes de energía que son utilizadas por los rumiantes a través de mecanismos diferentes, lo que sugiere que su combinación pudiera hacer más eficiente la productividad de la vaca lechera.

Tomando en cuenta las consideraciones anteriores fueron fijados los siguientes objetivos: el objetivo general fue evaluar el efecto bioeconómico de la suplementación con diferentes niveles de pulidura de arroz en la producción de vacas lecheras en pastoreo. Los objetivos específicos fueron los siguientes:

Determinar el efecto de cuatro niveles de pulidura de arroz como fuente de energía y proteína, sobre la producción, calidad de la leche y parámetros de la

fermentación ruminal de vacas suplementadas con follaje de poró, mantenidas bajo un sistema de manejo de pastoreo.

Determinar el nivel de suplementación de pulidura de arroz para vacas lecheras suplementadas con poró y melaza que redunde en los mayores beneficios económicos.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Los pastos tropicales como base de la dieta de los bovinos.

Un factor común entre los diferentes sistemas de producción bovina en América Tropical es la dependencia del pasto como base de la alimentación del ganado, con la consecuente variabilidad en disponibilidad y calidad a lo largo del año como producto de las variaciones estacionales en el clima (Pezo, 1982).

En pastos tropicales pastoreados en estadios tempranos de crecimiento los niveles de producción de leche obtenidos han variado de 1800 a 2400 kg/vaca/año, mientras que con pastos tropicales semi-maduros los niveles de producción se reducen hasta 1000 a 1400 kg/vaca/año (Pezo, 1982). Esto se debe a que las praderas tropicales se caracterizan de manera general por un bajo contenido de proteína, un alto contenido de fibra y una baja digestibilidad de la materia seca y la proteína. A pesar de la selectividad ejercida por el ganado bovino, las restricciones antes mencionadas causan que el consumo de nutrientes digeribles sea limitado y se refleje en producciones inferiores a las obtenidas en praderas de clima templado (Villegas, 1979).

Sin embargo, bajo un sistema adecuado de manejo es posible alcanzar una producción lechera adecuada exclusivamente a base de pastoreo, ya que bajo esta condición, las gramíneas tropicales pueden alcanzar niveles de proteína aceptables. No obstante, los niveles energéticos son bajos, lo que limita la producción, especialmente cuando aumenta la demanda de nutrientes como consecuencia de la intensificación de la productividad (Villegas, 1979). En estos casos es necesario recurrir al uso de suplementos en

niveles tales que no haya una disminución importante en el consumo del pasto, a fin de mantener la ventaja del aprovechamiento de este recurso barato.

2.2 Utilización del Poró (*Erythrina poeppigiana*) como fuente de proteína en la alimentación animal.

2.2.1 Generalidades.

El Poró gigante (*Erythrina poeppigiana*) es un árbol leguminoso considerado de uso múltiple, siendo utilizado desde hace muchos años como sombra de café y cacao, en cercas vivas y con fines medicinales (Fonseca, 1968); presenta la característica de tener capacidad fijadora de nitrógeno, así como de reciclar nutrimentos al suelo a través del desprendimiento de hojas y ramas (Russo, 1983).

2.2.2 Características nutricionales.

Se han realizado varios estudios en los que se demuestra que la calidad nutricional del poró varía en función de varios factores tales como la frecuencia de poda, fracción de la planta y posición de la hoja en la rama (Benavides, 1983, 1986; Espinoza, 1984; Chana y Romero, 1990).

La solubilidad del nitrógeno del poró es alta y la mayor parte se encuentra como nitrógeno no proteico (NNP) (Espinoza, 1984; Tobón, 1988), por lo que en una ración que esté constituida en buena parte por este forraje, la rápida solubilización de la fracción nitrogenada produce un exceso de amonio que podría no ser utilizado eficientemente por los microorganismos ruminales (Chalupa, 1975; Espinoza,

1984). Por esta razón, es conveniente contemplar el uso de una fuente adicional de energía rápidamente disponible para la población microbiana del rumen que coincida con esta amplia y rápida disponibilidad de nitrógeno (Espinoza, 1984).

Respecto a la digestibilidad *in vitro* de la materia seca, ésta alcanza valores similares a los de las pasturas tropicales (Benavides, 1986; Chana y Romero, 1990) lo que indica que la ventaja de utilización de estos follajes arbóreos radica principalmente en su alto contenido de nitrógeno.

2.2.3 Utilización en la producción de vacas lecheras.

Tobón (1988) evaluó niveles crecientes de poró (0, 0,19 0,37 y 0,53 % del PV en MS) como suplemento proteico en vacas que pastoreaban una mezcla de los pastos ruzi (*Brachiaria ruziziensis*), estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) y pasto natural, obteniendo una respuesta lineal positiva en la producción de leche a la suplementación (8,7 9,1 9,2 y 9,5 kg/vaca/día para cada uno de los niveles evaluados). No obstante, no se encontró ningún efecto sobre los constituyentes de la leche, ni beneficios económicos sobre el testigo. El autor menciona que las producciones obtenidas fueron similares a las reportadas por otros autores utilizando el mismo tipo de pastos, pero fertilizados y con un 14 % de PC.

Abarca (1989) evaluó dos suplementos proteicos: poró (3 kg MS/vaca/día) y harina de pescado (0,71 kg MS/vaca/día), y dos niveles de melaza (1,44 y 2,88 kg MS/vaca/día) en vacas lecheras con alimentación a base de pastoreo en estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*). Los resultados obtenidos indican que la producción de leche y de sólidos totales fue

significativamente mayor cuando se utilizó harina de pescado (9,0 vs 8,2 kg/vaca/día), aunque esta opción fue menos eficiente económicamente.

Alagón (1990) evaluó cuatro fuentes de nitrógeno (harina de soya, harina de pescado, poró y urea) utilizando pulidura de arroz, melaza y caña de azúcar como fuentes de energía, en vacas lecheras mantenidas en confinamiento, obteniendo producciones de 10,5 11,0 9,6 y 9,3 kg/vaca/día, respectivamente. Tanto la harina de soya como la de pescado produjeron cantidades semejantes y fueron significativamente superiores a las otras dos fuentes proteicas.

2.3 Suplementos energéticos para producción en bovinos.

La importancia de la suplementación energética en vacas en producción deriva de que la glucosa es necesaria para la síntesis tanto de la lactosa, como del glicerol necesario para la síntesis de los triglicéridos, y para los procesos de oxidación, a los que hay que poner particular cuidado en los animales que dependen de la fermentación ruminal como fuente de los nutrientes requeridos para el metabolismo (Preston y Leng, 1989).

La necesidad de contar con glucosa adicional durante la lactancia puede entenderse por el aumento de los requerimientos de este metabolito, pues la síntesis de lactosa en las vacas que están lactando aumenta los requerimientos de glucosa en casi tres veces en comparación con las vacas secas. Por otra parte, la glucosa también es necesaria para la síntesis de grasa en la leche ya que proporciona algunos cofactores y precursores necesarios para su síntesis (Herbein et al, 1978).

Existe una gran cantidad de fuentes energéticas con características físicas y químicas diferentes, lo que implica que su utilización por el animal y la respuesta obtenida varíe entre ellos. Preston y Leng (1989) señalan que bajo condiciones tropicales, la melaza es el carbohidrato fermentable más importante que puede ofrecerse a los rumiantes, mientras que la pulidura de arroz por sus características que le permiten escapar parcialmente a la fermentación ruminal, podría producir un incremento de la eficiencia con la cual se utiliza esta fuente de energía para propósitos productivos. Sin embargo, a pesar de que se reconocen las bondades de ambos suplementos, han sido pocos los estudios en que se ha evaluado la producción de leche al ser suministrados simultáneamente.

2.3.1 Melaza

La importancia de la melaza en la alimentación animal deriva de que es la única fuente de carbohidratos fermentables concentrados de fácil disponibilidad en el trópico que no forma parte de la dieta humana (Preston y Leng, 1989). Su inclusión como suplemento es particularmente importante cuando se pretende utilizar fuentes nitrogenadas no proteicas, ya que numerosas investigaciones han demostrado la conveniencia de incluir fuentes de carbohidratos solubles fácilmente disponibles a la microflora ruminal en estos casos (Preston y Leng, 1989).

Como se mencionó anteriormente, Abarca (1989) evaluó el efecto de suplementar con dos niveles de melaza (1.44 y 2.88 kg MS/vaca/día) en vacas en pastoreo, encontrando diferencias importantes en el consumo total y del suplemento, mientras que la producción de leche no fue afectada. Por otra parte, en un ensayo previo, el mismo autor reporta que el efecto de adicionar melaza a la dieta de animales pastoreando estrella africana y suplementados

con poró se manifiesta principalmente en un aumento de la degradación inicial de la materia seca, proteína cruda y fibra detergente neutro del poró y del pasto estrella.

2.3.2 Pulidura de arroz.

La fermentación pregástrica de los azúcares solubles y los almidones del alimento disminuye la cantidad de glucosa absorbida por el animal. Sin embargo, los almidones procedentes del arroz, maíz, banano verde y sorgo son comparativamente más resistentes a la fermentación ruminal que los de otras fuentes como la yuca y el camote (Preston y Leng, 1989). Por lo tanto, una proporción considerable pasa al tracto posterior donde son digeridos y absorbidos lo que hace que sean utilizados por el animal más eficientemente que cuando se degradan en el rumen (Waldo, 1973).

Estudios realizados por Elliot et al (1978) mostraron que gran parte del almidón de la pulidura de arroz suministrada a novillos, consumiendo una dieta a base de caña de azúcar, escapó rápidamente de la fermentación ruminal, produciéndose por consiguiente un incremento en el consumo de materia seca y en la disponibilidad de glucosa (Ferreiro et al 1979). Esta característica de la pulidura es importante, puesto que se ha demostrado que uno de los costos ocasionados por el modo de digestión de los rumiantes es que la fermentación de los alimentos significa una pérdida de hasta el 20 % de la energía ingerida, en forma de calor y metano (Preston y Leng, 1989).

Son muy pocos los trabajos en los cuales se ha evaluado la pulidura de arroz en producción de leche, por lo que a continuación se presentan resultados de ensayos afines, para dar una idea de la respuesta posible a su inclusión en la dieta.

Preston *et al* (1976) observaron efectos importantes ($P < 0.001$) atribuibles a la suplementación con diferentes niveles de pulidura de arroz (0,4 0,6 0,8 1,0 y 1,2 kg/animal/día) a animales de engorde con una dieta básica de caña de azúcar, melaza y urea, aumentando la ganancia diaria por animal (0,23 a 0,90 kg/animal/día), el consumo de MS total de alimento (4,36 a 6,78 kg/animal/día), y mejorando la eficiencia de conversión. Resultados similares fueron obtenidos por López *et al* (1976)

Villegas (1979) evaluó cinco niveles de inclusión de banano verde en la dieta (0, 0,2 0,5 0,7 y 1,2 kg de MS por 100 kg PV/vaca/día) de vacas lecheras pastoreando estrella africana y suplementadas con melaza (1,5 kg en base fresca/ordeño) y un concentrado proteico. Los resultados obtenidos muestran que la suplementación con almidón no causó un beneficio claro sobre el testigo, aunque la tendencia fuera a aumentar ligeramente la producción (6,05 6,72 6,78 6,63 y 6,80 kg/vaca/día para los tratamientos evaluados, respectivamente). La falta de respuesta, según el autor, se debe entre otras cosas a la alta disponibilidad de forraje y de melaza para los animales.

La información anterior indica que la suplementación energética es de particular importancia en la producción de leche, siendo necesario el estudio de fuentes que mejoren la eficiencia del metabolismo energético del rumiante, entre las cuales el uso de la pulidura de arroz puede ser una buena alternativa.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización.

El presente estudio constó de dos ensayos, los cuales se llevaron a cabo en la Finca Experimental y el Laboratorio de Nutrición Animal del Area de Ganadería Tropical en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. El CATIE está localizado es 9° 53' de latitud norte y 83° 38' de longitud oeste, a una altitud de 602 msnm, con una temperatura media anual de 22.1 °C. La precipitación media anual es de 2599 mm distribuidos más o menos uniformemente a lo largo de todo el año, y una humedad relativa de 90.4 % (CATIE, 1987). De acuerdo con la clasificación de Holdridge (1978), el CATIE se encuentra en la zona de vida Bosque Muy Húmedo Premontano.

3.2 Ensayo de evaluación del comportamiento de las vacas lecheras.

3.2.1 Manejo de los animales.

Se utilizaron 12 vacas cruzadas de las razas Jersey y Criollo lechero Centroamericano, con dos a cinco lactancias. Las mediciones se iniciaron después de que los animales alcanzaron el pico de lactancia.

Los animales pastorearon en potreros cuya composición botánica incluyó pasto Ruzi (*Brachiaria ruziziensis*), pasto natural (*Paspalum conjugatum* y *Axonopus compressus*) y pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) (Cuadros 2A y 3A). La carga animal promedio fue de 2,2 UA/ha durante todo el período experimental. El manejo del pastoreo fue rotacional con 3 días de ocupación y 24 días de descanso. Todas las

vacas participantes en el ensayo pastorearon juntas y tuvieron suministro constante de agua y sal mineralizada a libre acceso."

El suplemento consistió en una mezcla de hojas, peciolas y tallos tiernos de poró ofrecida al 0,5 % del PV en MS con una edad de rebrote de aproximadamente 4 meses al momento de usarlo, melaza a razón de 1,0 kg en base fresca/animal/día, y pulidura de arroz en cantidades variables según los tratamientos a evaluar.

El suplemento fue suministrado después de cada ordeño. La melaza se suministró al momento del ordeño, y luego de éste el poró y la pulidura, para lo cual las vacas fueron confinadas momentáneamente; posteriormente fueron trasladadas al potrero correspondiente. El poró y la pulidura fueron ofrecidos por separado.

Las cantidades de poró y pulidura a suministrar fueron ajustadas con base en el peso de los animales al inicio de cada periodo experimental.

3.2.2 Tratamientos

Los tratamientos evaluados fueron los siguientes:

Tratamiento	Descripción
1	Pulidura de arroz a razón de 0 kg MS/100 kg PV
2	" " " " 0,2 " "
3	" " " " 0,4 " "
4	" " " " 0,6 " "

3.2.3 Variables de respuesta.

3.2.3.1 Producción de leche.

Durante cada período de evaluación de 7 días se midió la producción total de leche individual en los dos ordeños.

3.2.3.2 Composición química de la leche.

Se tomaron muestras de leche de los dos ordeños durante los últimos tres días de cada período de evaluación, en cantidades proporcionales a la producción individual; con el fin de preservar las muestras les fue adicionado dicromato de potasio. Posteriormente fueron determinados en el laboratorio:

- Porcentaje de grasa, utilizando el método de Babcock (Bateman, 1970).
- Porcentaje de proteína cruda por el método de titulación con formol.
- Porcentaje de sólidos totales por el método gravimétrico (Leslie, 1982).

3.2.4 Otras variables a medir.

3.2.4.1 Consumo y calidad del pasto y del poró.

La cantidad de pasto consumido se estimó cada período mediante la técnica de marcadores externos utilizando óxido crómico, con una frecuencia de una vez por período según la técnica descrita por Iturbide (1967). Se suministró óxido crómico por vía oral durante siete días consecutivos; al tercer día se inició la recolección de heces con el fin de

determinar la concentración de cromo e indirectamente la producción de heces. Posteriormente se calculó la cantidad de pasto consumido por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{Consumo pasto} = \frac{\text{Prod. heces} - (\text{Consumo supl.} \times \text{IDIVMS supl})}{1 - \text{DIVMS}}$$

El consumo real de poró se calculó por la diferencia entre la cantidad de material ofrecido y rechazado diariamente durante el período de evaluación (siete días); al mismo tiempo se tomaron muestras del ofrecido y rechazado por la mañana y por la tarde, y se formó una muestra compuesta del material acumulado durante esa semana, la cual fue analizada posteriormente para determinar su calidad nutritiva. Debido a que se observaron variaciones en el consumo de poró, éste fue considerado como variable experimental por lo que fue analizado estadísticamente para evaluar el efecto de los tratamientos.

Las muestras recolectadas de pasto, poró y pulidura se analizaron para determinar MS, proteína cruda (PC) por el método de microkjeldahl (Bateman, 1970), y la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) por el método de Tilley y Terry descrito por Kass y Rodríguez (1989).

3.2.4.2 Composición botánica de la pastura.

Durante las épocas de mayor y menor precipitación pluvial (meses de diciembre y marzo, respectivamente) se realizaron muestreos para determinar la **composición botánica** de la pastura utilizando la técnica del Rango de peso seco

(t`Mannetje y Haydock, 1963). Los componentes que fueron considerados son:

1. Pasto ruzi.
2. Estrella africana.
3. Pasto natural.
4. Malezas.
5. Leguminosas de piso

Simultáneamente se determinó la **disponibilidad de forraje**, utilizando el Método de Rendimiento Comparativo (Haydock y Shaw, 1975).

3.2.4.3 Peso de los animales.

Al inicio de cada período se pesaron los animales con el objetivo de ajustar las cantidades de suplemento a suministrar.

3.2.5 Diseño experimental.

Se utilizó un diseño de sobrecambio en cuadrado latino repetido sin período extra (Lucas, 1957), con tres cuadrados 4 x 4 en los cuales las vacas constituyeron las columnas y los períodos las hileras. Cada período experimental tuvo una duración de 21 días, de los cuales los primeros 14 fueron de adaptación a la dieta, y en los últimos 7 fueron medidas las variables bajo estudio (período de evaluación).

Cada animal fue sometido a todos los tratamientos de acuerdo al esquema mostrado a continuación:

Cuadrado	1				2				3			
Vaca	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Período												
I	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
II	2	1	4	3	3	4	1	2	4	3	2	1
III	3	4	1	2	4	3	2	1	2	1	4	3
IV	4	3	2	1	2	1	4	3	3	4	1	2

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

La producción de leche, porcentaje de grasa, proteína, sólidos totales y consumo de poró fueron sometidos a un análisis de varianza, de acuerdo al siguiente modelo:

$$Y_{ijklmn} = \mu + C_i + V(C*GR*NP)_{ijmn} + P(C)_{ik} + T_l + GR_m + NP_n + (GR*NP)_{mn} + E_{ijklmn}$$

donde:

Y_{ijklmn} = Variable de respuesta observada en la $ijklmn$ -ésima unidad experimental.

μ = Media general del experimento.

C_i = Efecto asociado al i -ésimo cuadrado ($i=1,2,3$)

$V(C*GR*NP)_{ijmn}$ = Efecto de la j -ésima vaca del m -ésimo grupo racial con el n -ésimo número de partos, anidada en el i -ésimo cuadrado.

$P(C)_{ik}$ = Efecto del k -ésimo período anidado en el i -ésimo cuadrado.

T_l = Efecto asociado al l -ésimo nivel de pulidura.

- GR_m = Efecto asociado al m-ésimo grupo racial.
 NP_n = Efecto asociado al n-ésimo grupo racial.
 $(GR*NP)_{mn}$ = Efecto de la interacción grupo racial*número de partos.
 E_{ijklmn} = Error experimental asociado a la ijklm-ésima observación.

Análisis de varianza del modelo.

Fuente de Variación	gl
Cuadrado	2
Vaca(cua*grac*npar)	3
Período(cuadrado)	9
Tratamiento	3
Grupo Racial	2
Número Partos	2
Gracial*Nupartos	2
Error	24
Total	47

En los casos en que resultó significativo el efecto de los niveles de pulidura, se procedió a probar varios modelos de regresión para determinar la tendencia que mejor se ajustara, para lo cual se utilizó el paquete de análisis estadístico PALMER. Asimismo, fueron evaluadas las otras interacciones posibles, pero no fueron detectadas diferencias significativas, por lo que fueron eliminadas del modelo.

3.2.6 Análisis económico.

Se efectuó un estudio económico comparativo para los tratamientos utilizando la metodología de presupuesto parcial y la Tasa de Retorno Marginal (CIMMYT, 1988), con el fin de determinar el comportamiento económico de los mismos. Para calcular los costos y beneficios utilizados en este análisis se tomaron como base los pesos, consumo de alimento y producciones de leche promedio obtenidas en el ensayo para cada tratamiento.

3.3 Ensayo de caracterización de la actividad ruminal.

3.3.1 Manejo de los animales

Para la caracterización de los parámetros de la fermentación y degradación ruminal de los alimentos que formaron parte de las dietas evaluadas, fue montado un ensayo en el que fueron utilizados cuatro machos de la raza Romosinuano fistulados en el rumen, de 3 años de edad y aproximadamente 450 Kg de peso, los cuales fueron mantenidos en confinamiento total. La dieta básica consistió en King grass (*Pennisetum purpureum* x *P. tiphoides*) picado, y el suplemento fue similar en composición y forma de suministro al de las vacas lecheras.

3.3.2 Variables de respuesta

Durante cada período de evaluación de siete días se tomaron muestras para determinar las siguientes variables:

3.3.2.1 Degradabilidad *in situ* de la materia seca.

Se utilizó el método de la bolsa de nylon propuesto por Orskov (1980). Se incubaron muestras de pulidura de arroz, del poró y del King grass. Los tiempos de incubación en el rumen fueron 0, 3, 6, 12, 24, 48 y 72 hrs.

3.3.2.2 Tasa de pasaje de la ración.

Para medir esta variable se marcó con óxido crómico fibra mordante de material que fue extraído directamente del rumen. Posteriormente se hicieron doce muestreos de heces para calcular la cantidad de marcador excretada. La metodología utilizada fue propuesta por Kass y Rodríguez (1989).

3.3.2.3 Parámetros de la fermentación ruminal

El último día del período experimental fueron tomadas dos muestras de licor ruminal a las 0, 3, 6 y 12 hrs después del suministro del suplemento, en las cuales se determinaron los siguientes parámetros:

- pH, para lo cual se utilizó un potenciómetro portátil. La medición se hizo inmediatamente después de que fueron obtenidas las muestras.

- Concentración total y proporción molar de los ácidos grasos volátiles. A las muestras se les agregó tolueno para preservarlas y posteriormente se hizo una muestra compuesta por animal por período experimental. Previo a proceder al análisis fueron centrifugadas. El análisis se hizo por cromatografía de gases.

- Concentración de nitrógeno amoniacal en el licor ruminal. Las muestras fueron preservadas con H_2SO_4 y posteriormente fueron preparadas y centrifugadas. El método utilizado fue por destilación.

3.3.3 Otras variables

3.3.3.1 Consumo y calidad del pasto y del poró

La cantidad de pasto y de poró consumido en cada período experimental se calculó por la diferencia entre la cantidad de material ofrecido y rechazado diariamente durante el período de evaluación (siete días); al mismo tiempo se tomaron muestras del ofrecimiento y del rechazo y se formó una muestra compuesta del material acumulado durante la semana, la cual fue analizada posteriormente para

determinar su calidad nutritiva (proteína cruda y digestibilidad *in vitro* de la materia seca, según la metodología mencionada anteriormente).

3.3.3.2 Peso de los animales

Al inicio de cada período se pesaron los animales con el objetivo de ajustar las cantidades de suplemento a suministrar.

3.3.4 Diseño experimental

Se utilizó un diseño de cuadrado latino 4 x 4 en el cual los novillos constituyeron las columnas y los períodos las hileras. Cada período experimental tuvo una duración de 14 días, de los cuales los primeros seis fueron de adaptación a la dieta y en los últimos ocho fueron medidas las variables bajo estudio. La fase de adaptación del primer período experimental tuvo una duración de 14 días a fin de que los animales se acostumbraran al manejo y las dietas experimentales; se consideró que la fase de adaptación de los períodos subsiguientes podía ser menor dadas las características de los tratamientos. Cada animal fue sometido a todos los tratamientos de acuerdo con el siguiente esquema:

Novillo	1	2	3	4
Período				
I	1	2	3	4
II	2	1	4	3
III	3	4	1	2
IV	4	3	2	1

3.3.2.3 Parámetros de la fermentación ruminal

El último día del período experimental fueron tomadas dos muestras de licor ruminal a las 0, 3, 6 y 12 hrs después del suministro del suplemento, en las cuales se determinaron los siguientes parámetros:

- pH, para lo cual se utilizó un potenciómetro portátil. La medición se hizo inmediatamente después de que fueron obtenidas las muestras.

- Concentración total y proporción molar de los ácidos grasos volátiles. A las muestras se les agregó tolueno para preservarlas y posteriormente se hizo una muestra compuesta por animal por período experimental. Previo a proceder al análisis fueron centrifugadas. El análisis se hizo por cromatografía de gases.

- Concentración de nitrógeno amoniacal en el licor ruminal. Las muestras fueron preservadas con H_2SO_4 y posteriormente fueron preparadas y centrifugadas. El método utilizado fue por destilación.

3.3.3 Otras variables

3.3.3.1 Consumo y calidad del pasto y del poró

La cantidad de pasto y de poró consumido en cada período experimental se calculó por la diferencia entre la cantidad de material ofrecido y rechazado diariamente durante el período de evaluación (siete días); al mismo tiempo se tomaron muestras del ofrecimiento y del rechazo y se formó una muestra compuesta del material acumulado durante la semana, la cual fue analizada posteriormente para

determinar su calidad nutritiva (proteína cruda y digestibilidad *in vitro* de la materia seca, según la metodología mencionada anteriormente).

3.3.3.2 Peso de los animales

Al inicio de cada período se pesaron los animales con el objetivo de ajustar las cantidades de suplemento a suministrar.

3.3.4 Diseño experimental

Se utilizó un diseño de cuadrado latino 4 x 4 en el cual los novillos constituyeron las columnas y los períodos las hileras. Cada período experimental tuvo una duración de 14 días, de los cuales los primeros seis fueron de adaptación a la dieta y en los últimos ocho fueron medidas las variables bajo estudio. La fase de adaptación del primer período experimental tuvo una duración de 14 días a fin de que los animales se acostumbraran al manejo y las dietas experimentales; se consideró que la fase de adaptación de los períodos subsiguientes podía ser menor dadas las características de los tratamientos. Cada animal fue sometido a todos los tratamientos de acuerdo con el siguiente esquema:

Novillo	1	2	3	4
Período				
I	1	2	3	4
II	2	1	4	3
III	3	4	1	2
IV	4	3	2	1

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

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

$$Y_{ijk} = \mu + P_i + N_j + T_k + E_{ijk}$$

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

- μ = Efecto de la media general.
- P_i = Efecto del i -ésimo período.
- N_j = Efecto del j -ésimo novillo.
- T_k = Efecto del k -ésimo tratamiento.
- E_{ijk} = Error experimental.

Debido a que el efecto "hora de muestreo" (H) fue incluido en el análisis de las variables nitrógeno amoniacal y pH, el modelo estadístico fue modificado, siendo utilizado un diseño de cuadrado latino en un arreglo de parcelas divididas, donde se consideró como parcela la combinación período, novillo y tratamiento, y la subparcela fue el tiempo de muestreo. El modelo, considerando las interacciones respectivas, es el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + P_i + N_j + T_k + E(a) + H_l + (P*H)_{il} + (N*H)_{jl} + (T*H)_{kl} + E(b)$$

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

μ = Efecto de la media general.

P_i = Efecto del i -ésimo periodo.

N_j = Efecto del j -ésimo novillo.

T_k = Efecto del k -ésimo tratamiento.

$E(a)$ = Error (a).

H_l = Efecto de la l -ésima hora de muestreo

$(P*H)_{il}$ = Efecto de la interacción período*hora.

$(N*H)_{jl}$ = Efecto de la interacción novillo*hora.

$(T*H)_{kl}$ = Efecto de la interacción tratam*hora.

$E(b)$ = Error (b).

4. RESULTADOS Y DISCUSION

La caracterización de los alimentos consumidos se muestra en el Cuadro 1 .

Cuadro 1 Características nutricionales de los alimentos consumidos por las vacas

ALIMENTO	n	MATERIA SECA %	PROTEINA CRUDA %	DIVMS %	ENERGIA DIGESTIBLE Mcal/kg	PAREDES CELULARES %	EXTRACTO ETEREO %	CENIZAS %
Pulidura arroz	4	90,74	13,04	64,90	3,62	39,60	13,86	9,15
Poró ofrecido	35	19,76	27,22	54,48	2,39	-	-	-
Poró rechazado	35	22,58	21,26	53,48	2,35	-	-	-
Pasto ruzi	4	17,64	7,76	52,74	2,32	-	-	-
Pasto natural	4	21,99	9,25	57,20	2,34	-	-	-
Pasto estrella	3	17,53	6,88	52,13	2,29	-	-	-
<i>B. decumbens</i>	2	20,59	6,28	53,80	2,37	-	-	-
Pasto King grass	12	23,05	7,59	55,23	2,23	-	-	-
Melaza de caña ¹	-	75,00	3,40	-	3,17	-	-	-

¹ Según la Tabla de composición de alimentos de la Universidad de Florida (McDowell et al, 1974)

Con el fin de conocer las características de la dinámica ruminal y de la degradabilidad y fermentación de los alimentos utilizados en el presente estudio, se presentan en primer lugar los resultados de la evaluación de la suplementación con pulidura de arroz sobre el comportamiento de los novillos.

4.1 Ensayo de caracterización de la actividad ruminal

4.1.1 Parámetros de la fermentación ruminal

4.1.1.1 Producción total de ácidos grasos volátiles (AGV)

La producción total de ácidos grasos volátiles fue afectada en forma importante por la suplementación con pulidura, alcanzandose las mayores cantidades en los tratamientos 3 y 4 (Cuadro 2). La tendencia de tal efecto fue lineal ($P < 0,0003$), lo que indica que en los niveles más altos existió una mayor fermentación ruminal (Figura 1). Bondi (1988) considera que un aumento de almidón en la ración provoca un aumento en la concentración de AGV totales en el rumen. Sin embargo, estos resultados difieren de los reportados por Priego et al (1977), quienes no detectaron diferencias significativas ($P < 0,10$) 6 hrs post-suplementación al suministrar pulidura en niveles equivalentes a 0, 0,1, 0,3 y 0,4 kg MS/100 kg de PV.

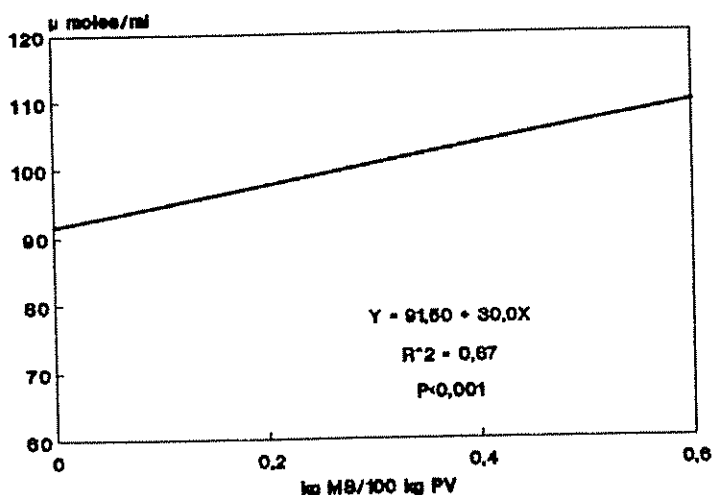


Figura 1. Efecto de la suplementación con pulidura de arroz sobre la concentración total de ácidos grasos volátiles (AGV) en el licor ruminal de novillos alimentados a base de pasto, suplementados con poró y melaza.

4.1.1.2 Proporciones molares de los ácidos grasos volátiles

Las diferencias encontradas en la proporción molar de ácido acético guardan estrecha relación con la disminución en el consumo de pasto (Cuadro 8), mostrando ambas variables tendencias lineales similares (Figura 2). Por otro lado, el consumo de poró no fue afectado por los tratamientos (Cuadro 8), por lo que es de suponer que el consumo de ambos alimentos tuvo una tendencia similar a la del pasto solo. A este respecto existen evidencias claras de que la fermentación de materiales ricos en celulosa tiene como producto final ácido acético. Bondi (1988) sostiene que las raciones ricas en forrajes dan lugar a un aumento en la relación del ácido acético respecto al

Cuadro 2. Efecto de la suplementación con pulidura de arroz sobre la cantidad total y proporciones molares de ácidos grasos volátiles (AGV)

TRATAMIENTO	MEDIAS			
	AGV TOTALES μ moles/ml	ACETICO %	PROPIONICO %	BUTIRICO %
0	95	71	18	11
0,2	90	72	18	10
0,4	108	69	18	13
0,6	109	66	19	15
NIVELES DE SIGNIFICANCIA				
PERIODO	0,3566	0,6071	0,3052	0,1845
ANIMAL	0,2549	0,5935	0,1865	0,0707
NIVEL DE PULIDURA	0,0007	0,0558	0,7872	0,0016

propiónico. En el presente caso, sin embargo, el acético no está siendo sustituido por el propiónico conforme aumenta la cantidad de pulidura, ya que no fueron detectadas diferencias en la proporción molar del último, atribuibles a los tratamientos. Lo anterior podría interpretarse en el sentido de que el almidón proveniente de la pulidura está afectando sólo ligeramente la fermentación ruminal, debido a que en buena parte está pasando al tracto posterior. Comportamiento similar fue observado por Pérez (1983) al suplementar novillos con niveles crecientes de banano. Por otro lado, la proporción de butírico se vió afectada por los tratamientos, tal y como se muestra en el Cuadro 2.

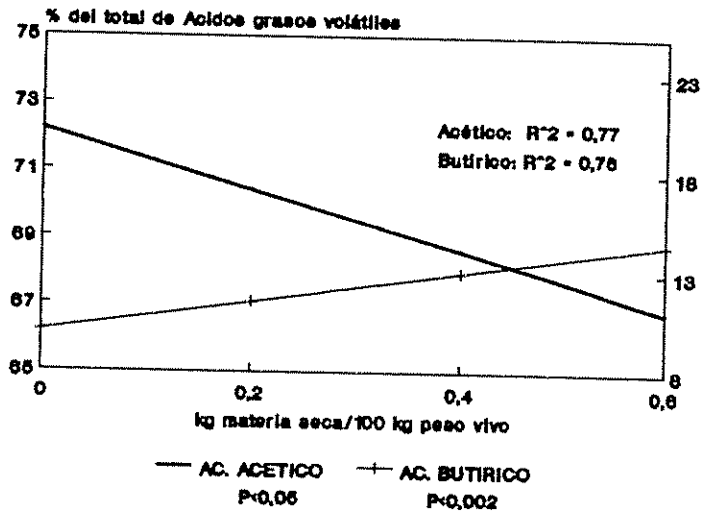


Figura 2. Efecto de la suplementación con pulidura de arroz sobre las proporciones molares de los ácidos acético y butírico en el licor ruminal de novillos alimentados a base de pasto, suplementados con poró y melaza.

4.1.1.3 Concentración de nitrógeno amoniacal en el licor ruminal

Como fue mencionado previamente, la pulidura es además de un recurso energético, una fuente proteica, por lo que al aumentar el suministro al animal, se incrementa la ingesta de proteína. Sin embargo, aunque existe una clara tendencia a aumentar la concentración de amoníaco ruminal como producto de los tratamientos (Cuadro 3), en el presente trabajo no fue detectado efecto significativo, lo que corroboraría que una alta proporción de la pulidura está sobrepasando el rumen.

Cuadro 3. Efecto de la suplementación con pulidura de arroz sobre la concentración de nitrógeno amoniacal y sobre el pH ruminal, a diferentes tiempos después de suministrado el suplemento

TRATAMIENTO kg MS/100 kg PV	MEDIAS	
	N-NH ₃ mg/100 ml LR	pH
0	13,32	6,61
0,2	14,37	6,59
0,4	15,05	6,59
0,6	15,14	6,52
NIVELES DE SIGNIFICANCIA		
PERIODO	0,0114	0,0025
ANIMAL	0,0534	0,0091
NIVEL DE PULIDURA	0,5946	0,5102
TIEMPO	0,0001	0,0001
TIEMPO*ANIMAL	0,2458	0,0033
TIEMPO*PERIODO	0,0148	0,0001
TIEMPO*NIV PULID	0,2577	0,1183

Tal y como se muestra en el Cuadro 3 y en la Figura 3 existió un efecto del tiempo de muestreo sobre la concentración de amoniaco en el licor ruminal. Es de hacer notar que el valor inicial (previo al suministro del suplemento) es bastante alto comparado con resultados de otros ensayos. Esto se puede deber a que en el presente trabajo la alimentación base fue a libre acceso, lo que significa que al momento en que se suministraba el suplemento, el animal ya había consumido cierta cantidad de pasto. La concentración máxima se alcanzó a las tres horas después de suministrado el suplemento; Medina (1988) reporta haber obtenido las máximas concentraciones a las dos horas post suplementación, con valores máximos de 20,7 mg/100 ml de licor.

Los valores obtenidos en el presente trabajo no rebasan el límite de 24 mg/100 ml mencionado por Mehrez (1977) como punto en el cual se alcanza la máxima degradación de la materia seca.

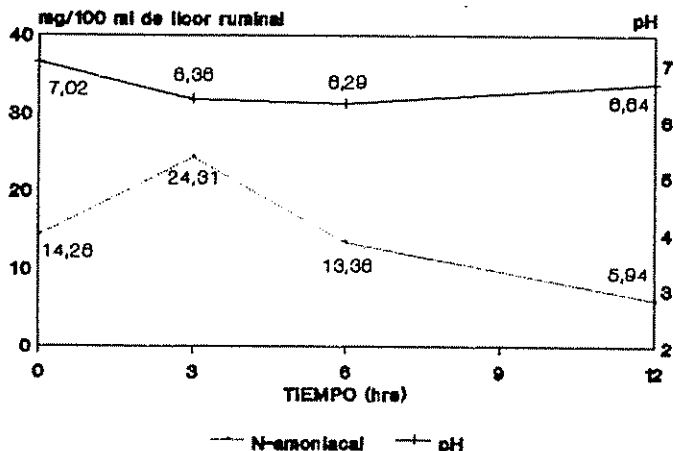


Figura 3. Efecto del tiempo transcurrido después del suministro del suplemento sobre la concentración de nitrógeno amoniacal y del pH del licor ruminal de novillos alimentados a base de pasto, suplementados con pulidura de arroz, poró y melaza.

4.1.1.4 pH ruminal

No se detectaron diferencias significativas entre los valores de pH como efecto de los tratamientos (Cuadro 3), aunque se muestra una tendencia a disminuir a medida que se aumentó la cantidad de pulidura en la ración. Esto puede deberse a que por la proporción de pulidura en la ración y la velocidad con que ésta abandonó el rumen, no hubo suficiente proliferación de bacterias amilolíticas, las cuales se caracterizan por provocar una disminución en el pH ruminal.

El efecto que tuvo el tiempo de muestreo sobre el pH ruminal sugiere que hubo una fermentación rápida del suplemento, ya que los valores mínimos se alcanzaron entre las tres y seis horas post suplementación. Esta disminución en el pH es normal cuando se incluyen carbohidratos fácilmente fermentables (Sutton, 1979), o como en el presente caso cuando se suministra sustrato para bacterias amilolíticas.

4.1.2 Tasa de pasaje

Se observó un efecto lineal positivo de la pulidura de arroz sobre la tasa de pasaje del material consumido, (Cuadro 4 y Figura 4). Esto podría ser una consecuencia directa del tamaño de partícula del suplemento, ya que la disminución de ésta aumenta el ritmo de paso de los alimentos por el tracto digestivo y reduce el tiempo de permanencia en el rumen (Bondi, 1988). Similarmente, Van Soest (1982) considera que la composición y forma de la ración tienen efectos importantes en el pasaje, lo que es importante tener en cuenta si se suplementa con concentrados, ya que generalmente éstos tienen un tamaño de partícula menor que los forrajes, por lo cual su inclusión

en la ración se asocia con una tasa de pasaje mayor. Pérez (1983) reporta un aumento en la tasa de flujo de líquido ruminal cuando se suplementó con niveles crecientes de banano verde, aunque la tendencia no fue lineal.

Cuadro 4. Efecto de la suplementación con pulidura de arroz sobre la tasa de pasaje de la dieta en el retículo-rumen y en el tracto posterior, y en el tiempo de tránsito

TRATAMIENTO kg MS/100 kg PV	MEDIAS		TIEMPO DE TRANSITO hrs
	TASA DE PASAJE RET-RUMEN % /h	TASA DE PASAJE TRACTO POST % /h	
0	2,68	5,24	4,75
0,2	3,58	6,29	4,94
0,4	3,88	6,37	3,89
0,6	4,61	7,35	5,03

NIVELES DE SIGNIFICANCIA			
PERIODO	0,7415	0,0165	0,0031
ANIMAL	0,4789	0,4191	0,0905
NIVEL DE PULIDURA			
LINEAL	0,0216	0,0142	0,9484
CUADRATICO	0,8475	0,9298	0,4587
CUBICO	0,9251	0,9035	0,3261

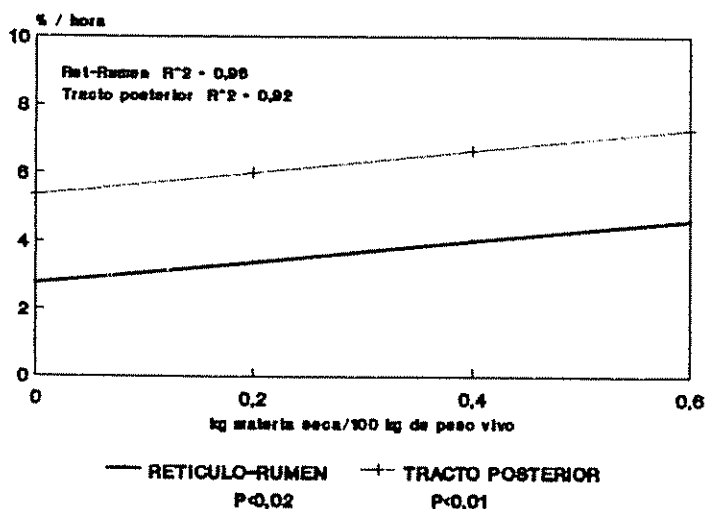


Figura 4. Efecto de la suplementación con pulidura de arroz sobre las tasas de pasaje en el retículo-rumen y en el tracto posterior de novillos alimentados a base de pasto, suplementados con poró y melaza.

No se observaron diferencias en los tiempos de tránsito asociados a cada tratamiento. Los valores obtenidos fueron menores a los reportados por Abarca (1988) (11,50 11,31 y 10,83 para los tratamientos mencionados anteriormente).

4.1.3 Parámetros de la degradación ruminal

4.1.3.1 Degradación del pasto King grass

La degradación inicial y potencial de la materia seca del pasto king grass no se afectó al suplementar con pulidura de arroz (Cuadro 5). Sin embargo, la adición del suplemento disminuyó en forma lineal la degradación real ($P < 0,0214$) y la tasa de degradación ($P < 0,0358$).

Cuadro 5. Efecto de la suplementación con pulidura de arroz sobre los parámetros de la degradación ruminal de la materia seca del pasto King Grass

TRATAMIENTO kg MS/100 kg PV	MEDIAS			TASA DE DEGRADACION % /h
	DEGRADABILIDAD INICIAL %	POTENCIAL %	REAL %	
0	21,70	66,44	48,05	0,0395
0,2	20,11	68,03	44,00	0,0429
0,4	21,86	69,41	43,32	0,0342
0,6	22,35	71,28	40,48	0,0250
	NIVELES DE SIGNIFICANCIA			
PERIODO	0,0001	0,0770	0,0235	0,4282
ANIMAL	0,8559	0,2839	0,1187	0,0152
NIVEL PULIDURA				
LINEAL	0,1947	0,2671	0,0214	0,0358
CUADRATICO	0,1146	0,9621	0,7054	0,2910
CUBICO	0,1188	0,9586	0,9246	0,9916

La tasa de degradación fue afectada linealmente por el cambio en el suministro de pulidura, lo cual pudo ser provocado parcialmente por un aumento ligero en la cantidad de bacterias amilolíticas y consecuentemente una disminución en el pH, lo que hizo que disminuyera la actividad celulolítica. San Martín (1980) reporta una disminución en la tasa de aceleración de la digestión de la materia seca y de los constituyentes de la pared celular de la punta de caña, atribuible al aumento en la cantidad de almidón en el rumen; a diferencia del presente trabajo, los niveles de banano verde evaluados fueron mucho más altos, por lo cual sí pudo observarse un cambio en el patrón de la fermentación ruminal.

La degradación real del king grass se vio seriamente disminuida por la suplementación con pulidura de arroz (Cuadro 5 y Figura 5), mostrando claramente una tendencia lineal. Entre los factores que están influyendo sobre esta variable se encuentran la tasa de degradación y del tiempo que este alimento está siendo retenido en el rumen antes de pasar al tracto posterior, lo cual se refleja en la tasa de pasaje en el retículo-rumen (Orskov, 1988). La forma de la curva de degradación afecta la magnitud en la que la tasa de pasaje influye sobre la degradabilidad real; por ejemplo, la harina de pescado tiene degradabilidad inicial alta y degradabilidad potencial relativamente baja, por lo cual habrá poca variación en la degradabilidad real como producto de un cambio en la tasa de pasaje (Orskov, 1982). En el caso del king grass, la fracción potencialmente degradable de la materia seca (b) es relativamente grande (media = 47,29 %) y se degradó lentamente, independientemente del tratamiento en el cual fue evaluada, por lo cual la variación en la tasa de pasaje causó un efecto marcado.

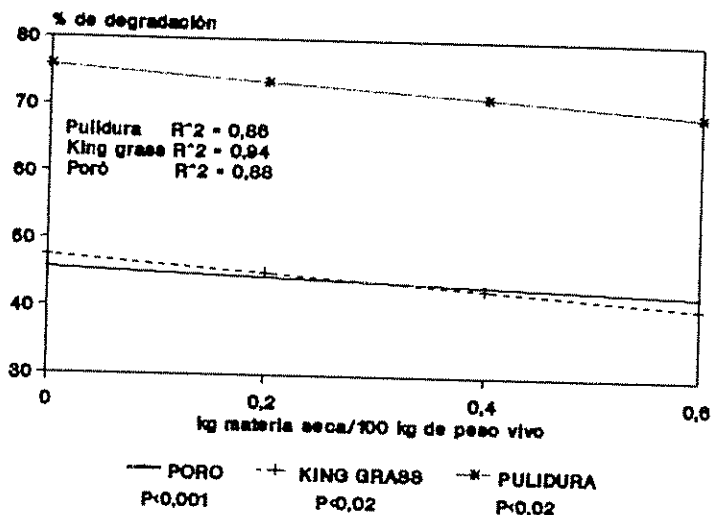


Figura 5. Efecto de la suplementación con pulidura de arroz sobre la degradabilidad real del king grass, la pulidura de arroz y el follaje de poró, en el rumen de novillos alimentados a base de pasto, suplementados con poró y melaza.

4.1.3.2 Degradación de la pulidura de arroz

El efecto de los tratamientos sobre la degradabilidad de la pulidura puede observarse en el Cuadro 6. No fueron detectadas diferencias en la degradabilidad inicial, potencial, ni en la tasa de degradación, lo que indica que probablemente la fermentación no está afectando la desaparición de este material. Por otro lado, la degradabilidad real disminuye a medida que aumenta la cantidad de pulidura suplementada como producto de los valores crecientes de la tasa de pasaje de la ración (Figura 5).

Cuadro 6. Efecto de la suplementación con pulidura de arroz sobre los parámetros de la degradación ruminal de la materia seca de la pulidura

TRATAMIENTO kg MS/100 kg PV	MEDIAS			
	DEGRADABILIDAD			TASA DE DEGRADACION
	INICIAL %	POTENCIAL %	REAL %	% /h
0	34,25	84,76	76,11	0,1414
0,2	29,64	85,05	72,52	0,1377
0,4	30,85	84,19	72,87	0,1550
0,6	36,19	85,36	68,58	0,1153
NIVELES DE SIGNIFICANCIA				
PERIODO	0,0663	0,0165	0,1952	0,0020
ANIMAL	0,7705	0,4191	0,2274	0,0202
NIVEL PULIDURA				
LINEAL	0,5818	0,8101	0,0149	0,2198
CUADRATICO	0,1161	0,6196	0,7985	0,1195
CUBICO	0,8926	0,4345	0,5524	0,2540

Uno de los factores que influye sobre esta variable es que, a pesar de que la desaparición de la materia seca es rápida, la fracción potencialmente fermentable es la mayor de los tres materiales evaluados en este estudio (media = 52,11), por lo cual el efecto de la tasa de pasaje se hace muy evidente.

4.1.3.3 Degradación del follaje de Poró

De las variables evaluadas en el follaje de poró, solamente fueron detectadas diferencias importantes en la degradabilidad real, como efecto de los tratamientos (Cuadro 7 y Figura 5). Esto probablemente es causado por las variaciones en la tasa de pasaje de la ración en el

retículo-rumen como producto de la suplementación con pulidura.

Cuadro 7. Efecto de la suplementación con pulidura de arroz sobre los parámetros de la degradación ruminal de la materia seca del follaje de Poró

MEDIAS				
TRATAMIENTO kg MS/100 kg PV	DEGRADABILIDAD		REAL %	TASA DE DEGRADACION %/h
	INICIAL %	POTENCIAL %		
0	29,80	51,33	45,64	0,0788
0,2	27,46	51,73	44,12	0,0800
0,4	28,12	50,21	44,13	0,1055
0,6	27,99	50,31	41,87	0,0779
NIVELES DE SIGNIFICANCIA				
PERIODO	0,2963	0,0477	0,0066	0,2740
ANIMAL	0,3296	0,1642	0,1202	0,4423
NIVEL PULIDURA				
LINEAL	0,4179	0,2863	0,0076	0,3029
CUADRATICO	0,4051	0,8700	0,8475	0,2448
CUBICO	0,5196	0,3975	0,5243	0,2115

4.1.4 Consumo de alimentos por los novillos

El consumo de pasto fue afectado linealmente por la suplementación con pulidura de arroz (Cuadro 8 y Figura 6). San Martín (1980) encontró relación entre la tasa de aceleración de la digestión de la materia seca y de los constituyentes de la pared celular de la punta de caña y el consumo de ésta. En el presente

trabajo, la tasa de degradación del king grass mostró una tendencia similar a la del consumo como producto de la aplicación de los tratamientos.

Cuadro 8. Efecto de la suplementación con pulidura de arroz sobre el consumo de pasto, de follaje de poró y total de materia seca de los novillos fistulados, expresado como % del peso vivo en materia seca

TRATAMIENTO kg MS/100 kg PV	PASTO	MEDIAS PORO	TOTAL
0	1,43	0,37	1,94
0,2	1,36	0,39	2,09
0,4	1,25	0,34	2,13
0,6	1,26	0,35	2,35
NIVELES DE SIGNIFICANCIA			
PERIODO	0,0024	0,0923	0,0080
ANIMAL	0,0309	0,0100	0,1568
NIVEL DE PULIDURA			
LINEAL	0,0266	0,4191	0,0031
CUADRATICO	0,3816	0,9737	0,4710
CUBICO	0,8924	0,3037	0,9247

No fueron detectadas diferencias en el consumo de follaje de poró como producto de la suplementación de pulidura, lo cual difiere de lo observado en el ensayo con vacas lecheras. La explicación de ésto es que probablemente la velocidad de consumo de los novillos fue mucho menor proporcionalmente que la de las vacas, por lo cual el hecho de ofrecer simultáneamente la pulidura y el poró durante un tiempo limitado tuvo como resultado un menor consumo del suplemento menos apetecido, o sea, de la leguminosa.

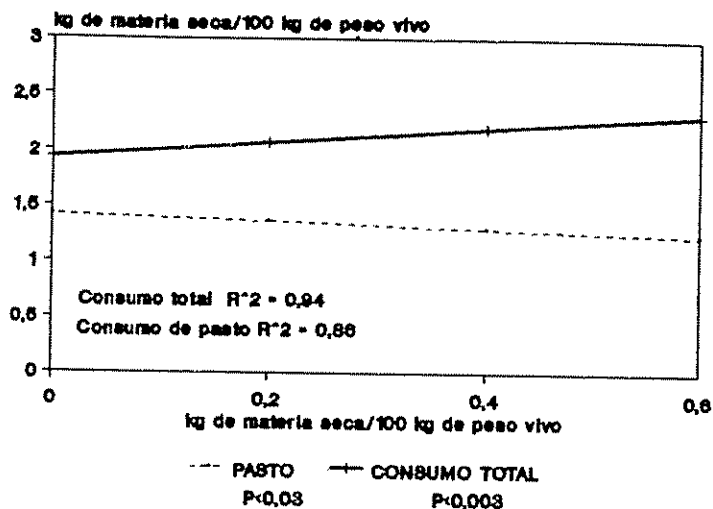


Figura 6. Efecto de la suplementación con pulidura de arroz sobre el consumo de materia seca de king grass y de la dieta total de novillos alimentados a base de pasto, suplementados con poró y melaza.

El consumo de la materia seca total fue influenciado por los tratamientos, lo cual parece estar relacionado con la tasa de pasaje creciente. La reducción del tamaño de partículas producto de la mayor inclusión de pulidura en la ración, probablemente aumentó el ritmo de paso de los alimentos por el tracto digestivo y redujo el tiempo de permanencia en el rumen, lo que permitió a los animales consumir una mayor cantidad de alimentos (Bondi, 1988).

4.1.5 Ganancia diaria de peso de los novillos

La suplementación con pulidura de arroz no tuvo efecto estadísticamente importante sobre la ganancia de peso de los animales (Cuadro 9). Las probables diferencias no pudieron ser detectadas con este diseño experimental, el cual no es el más apropiado para analizar esta variable; por otra parte, hubo una variación muy amplia en las observaciones, lo que se refleja en el alto coeficiente de variación obtenido (57,87 %).

Cuadro 9. Efecto de la suplementación con pulidura de arroz sobre la ganancia de peso de los novillos

TRATAMIENTO kg MS/100 kg PV	MEDIAS GANANCIA DIARIA kg/animal/día
0	0,694
0,2	0,355
0,4	1,114
0,6	1,143
NIVELES DE SIGNIFICANCIA	
PERIODO	0,0680
ANIMAL	0,6781
NIVEL DE PULIDURA	0,2616

A continuación se presentan los resultados obtenidos en la evaluación del efecto de la suplementación con pulidura de arroz a vacas lecheras.

4.2 Ensayo de evaluación del comportamiento de las vacas lecheras

4.2.1 Producción de leche

Los niveles de pulidura de arroz evaluados ejercieron un efecto altamente significativo ($P < 0,0001$) sobre la producción de leche, tal y como se observa en el Cuadro (10) y la Figura 7. Esto puede explicarse por el aumento creciente en el suministro de energía y proteína en la dieta (Cuadro 11 y Figuras 8 y 9), lo que aumentó la posibilidad de que la glándula mamaria sintetizara proteína y lactosa y de esta manera aumentó la producción de leche (García citado por Cañas y Aguilar, 1990). El efecto del suministro de energía y de proteína en la dieta sobre la producción de leche no pudo separarse para determinar cuál de los dos nutrientes ejerció una mayor influencia sobre dicha variable. Sin embargo, en las Figuras 8 y 9 se aprecia la importancia relativa de la pulidura respecto a los otros componentes de la dieta, la cual es mayor como fuente de energía que de proteína.

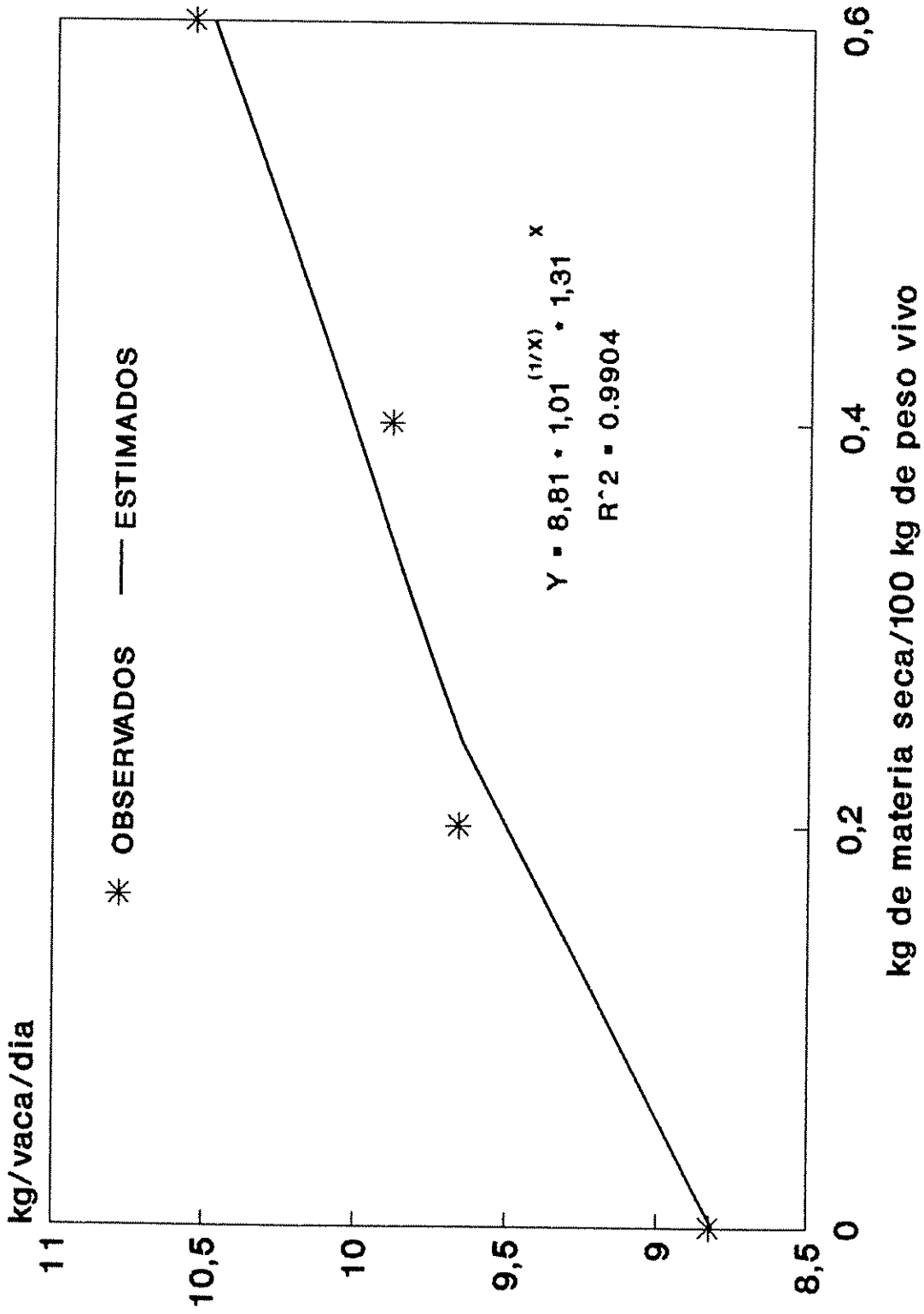


Figura 7. Efecto de la suplementación con pulidura de arroz sobre la producción de leche de vacas en pastoreo, suplementadas con poró y melaza.

Cuadro 10. Efecto de la suplementación con pulidura de arroz sobre la producción de leche y la concentración de sus constituyentes

TRATAMIENTO kg MS/100 kg PV	MEDIAS ¹ PROD DE LECHE kg/vaca/día
0	8,8
0,2	9,7
0,4	9,9
0,6	10,5
	NIVELES DE SIGNIFICANCIA
CUADRADO	0,2034
VACA(CUA*GRA*NPAR)	0,0001
PERIODO(CUADRADO)	0,0040
NIVEL DE PULIDURA	0,0001
GRUPO RACIAL	0,0737
NUMERO PARTOS	0,0042
GRACIAL * NUPAR	0,3328

¹ Medias calculadas por mínimos cuadrados.

En la Figura 7 se muestra que la respuesta obtenida en la producción de leche tiene una tendencia casi lineal, siendo proporcionalmente mayor el aumento en la producción entre los niveles de suplemento de 0 y 0,2 kg MS/100 kg PV que entre los otros niveles. Esto podría deberse a que el segundo aporta energía en una relación más favorable para los microorganismos ruminales, estimulando su actividad de tal manera que son mejor aprovechados los nutrientes proporcionados por la dieta. Lo anterior se manifiesta cuando se comparan los requerimientos proteicos y energéticos para las producciones alcanzadas en este estudio, con las cantidades de nutrientes aportadas por la dieta (Cuadro 11). A este respecto, Priego *et al*

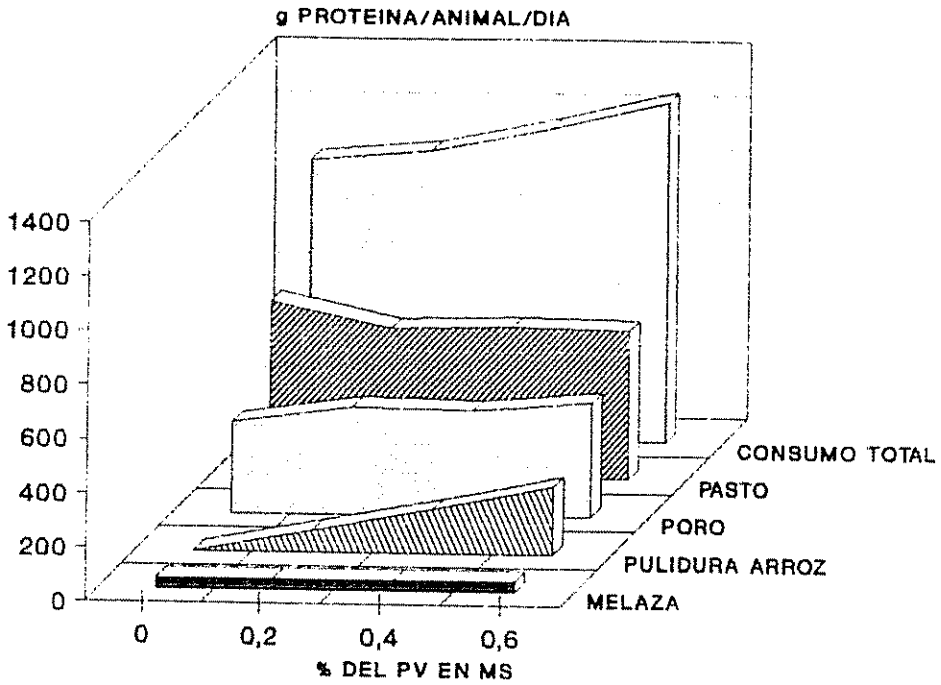


Figura 8. Consumo de proteína total y por componente de la dieta, de vacas lecheras en pastoreo, suplementadas con pulidura de arroz y poró y melaza.

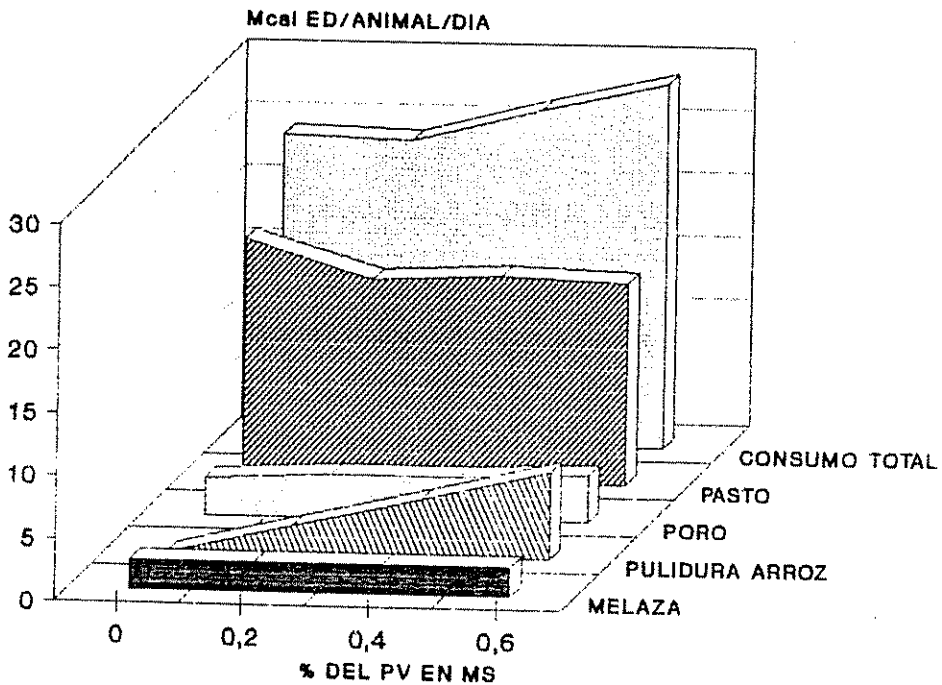


Figura 9. Consumo de Energía Digestible total y por componente de la dieta, de vacas lecheras en pastoreo suplementadas con pulidura de arroz, poró y melaza.

(1977) reportan que el suministro de pulidura de arroz en cantidades equivalentes al 0, 0,1, 0,3 y 0,4 % del peso vivo en materia seca, tiene un efecto significativo sobre la biomasa protozoaria ($P < 0,001$) tres horas después de haber suministrado el suplemento, con valores de 0,68 1,23 1,23 y 1,10 de volumen celular como porcentaje del líquido ruminal, respectivamente.

En las Figuras 10 y 11 se muestra la relación directa que existió entre la producción diaria de leche y la ingesta de energía digestible ($P < 0,15$) y de proteína ($P < 0,07$); resultados similares obtuvo Spörndly (1989), quien demostró por medio de regresiones simples y múltiples el efecto positivo de la ingesta de energía ($P < 0,0001$) y proteína cruda ($P < 0,0001$) sobre la producción diaria de leche. Sin embargo, en el presente estudio el efecto obtenido no se debe únicamente el aumento en el consumo, sino también al flujo mayor de nutrientes al tracto posterior, el cual se debe a las características sobrepasantes de la pulidura. A este respecto, Elliot et al (1978) reportan que al suministrar pulidura de arroz en niveles de 400, 800 y 1200 g/animal/día el flujo de almidón al duodeno fue de 288, 464 y 765 g/24 hrs, respectivamente, lo que demuestra que una buena cantidad sobrepasa la fermentación ruminal y es absorbido por el intestino delgado, aumentando la disponibilidad de glucosa para mantenimiento y producción. Similar resultado se obtuvo al estimar la cantidad de proteína que sobrepasa la degradación en el rumen, logrando diferenciar la proteína de la dieta de la proteína de origen microbial; en ambos casos el paso de proteína al duodeno aumentó proporcionalmente con la ingesta de pulidura, lo que se explica por la mayor tasa de recambio del rumen observada en los niveles mayores de suplemento (Elliot et al, 1978). Los mismos autores reportan que otro efecto observado es una alta eficiencia en la síntesis microbiana, especialmente en los mayores niveles.

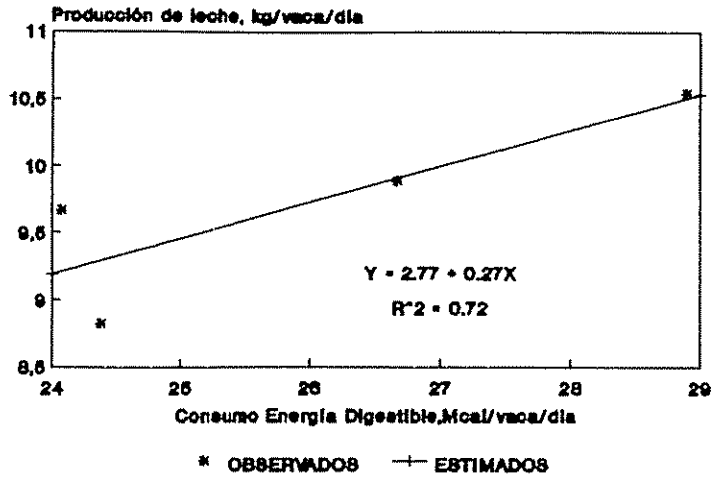


Figura 10. Efecto del consumo de energía digestible sobre la producción de leche de vacas en pastoreo, suplementadas con pulidura de arroz, poró y melaza.

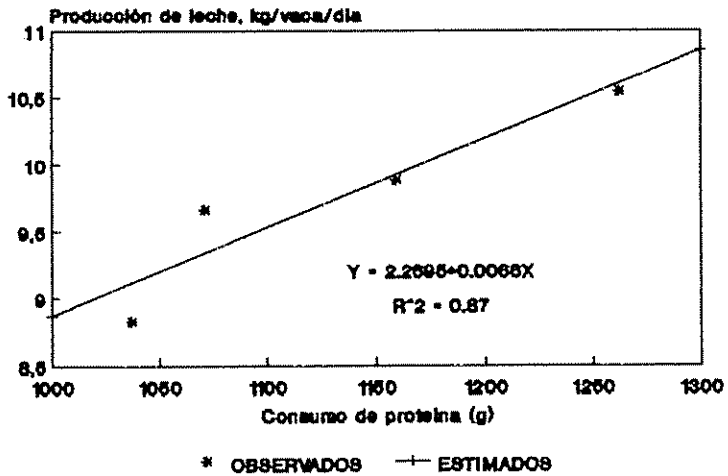


Figura 11. Efecto del consumo de proteína cruda sobre la producción de leche de vacas en pastoreo, suplementadas con pulidura de arroz, poró y melaza.

Cuadro 11. Requerimientos y disponibilidad de proteína cruda y energía digestible por tratamiento

TRATAMIENTO kg MS/100 kg PV	PROTEINA CRUDA g/día		ENERGIA DIGESTIBLE Mcal/día	
	Requerido	Suministro	Req ¹	Sumin
0	991	1037	23,37	24,38
0,2	1062	1071	24,40	24,07
0,4	1079	1159	24,63	26,66
0,6	1137	1262	25,62	28,89

¹ No incluye requerimientos de pastoreo y locomoción.

La calidad de los pastos y del poró podría estar siendo subestimada debido a la oportunidad de selección que tuvieron los animales (63±10 kg de MS de pasto/animal/día).

Por otra parte, el promedio de las vacas no perdió peso durante el período experimental en ninguno de los tratamientos evaluados. Esto se refleja en las ganancias diarias de peso (Cuadro 12) e indica que los animales no recurrieron al uso de reservas corporales para producir leche.

Cuadro 12. Efecto de los tratamientos sobre la ganancia diaria de peso

TRATAMIENTO kg MS/100 kg PV	GANANCIA DIARIA ¹ kg/animal
0	0,128
0,2	0,285
0,4	0,057
0,6	0,048

¹ Indica la ganancia promedio obtenida por animal a lo largo del período experimental. No fueron detectadas diferencias estadísticas entre tratamientos.

Respecto a la eficiencia de utilización de los nutrientes se puede observar que en el tratamiento 2 se requiere de una menor cantidad de proteína y energía para producir un kilogramo de leche que con los otros tratamientos (Cuadro 13).

Cuadro 13. Eficiencia en el uso de los nutrientes suministrados para la producción de leche

TRATAMIENTO kg MS/100 kg PV	PROTEINA CRUDA kg/kg de leche	ENERGIA DIGESTIBLE Mcal/kg de leche
0	0,118	2,75
0,2	0,111	2,49
0,4	0,117	2,70
0,6	0,120	2,74

Como se observa en el Cuadro 13 la eficiencia en el uso de la energía proveniente únicamente de los forrajes, tanto del poró como del pasto (Tratamiento 1), aumenta cuando se suministra pulidura en 0,2 % del PV; sin embargo,

al incrementar el suministro de este suplemento la eficiencia disminuye y es similar a la del tratamiento sin pulidura. Esto se podría explicar debido a que la tasa de pasaje de los materiales aumenta al incrementarse el consumo de pulidura, por lo cual disminuye la degradabilidad real de los forrajes y de esta manera cierta cantidad de los materiales pasa al tracto posterior sin haber sido atacada por los microorganismos ruminales (Cuadros 5 y 7); esto ocasiona que de la cantidad de energía suministrada a los animales en la dieta, una fracción no sea utilizada y se pierda por vía fecal.

Otra razón por la que el uso de la energía es más eficiente al suministrar pulidura es que la concentración energética del alimento consumido en el tratamiento 1 es inferior a la de los tratamientos 2, 3 y 4 (Cuadro 14).

Cuadro 14. Concentración energética del alimento suministrado

TRATAMIENTO kg MS/100 kg PV	CONCENTRACION Mcal ED/kg de MS
0	2,41
0,2	2,49
0,4	2,56
0,6	2,62

Lo anterior tiene como consecuencia que los animales asignados al tratamiento 1 requieren consumir una mayor cantidad de alimento para consumir la misma cantidad de energía que los asignados a los otros tratamientos. Por otra parte, dado que el consumo de pasto fue mayor para el tratamiento 1, el gasto energético en conseguir el alimento o "costo de cosecha" fue mayor, lo que también podría contribuir a disminuir la eficiencia en el uso de la energía

consumida. Spörndly (1989) señala que existe una alta correlación ($P < 0.0001$) entre la concentración de EM consumida y la producción diaria de leche; tal tendencia es similar a la calculada en el presente trabajo, como se muestra en la Figura 12 ($P < 0.018$).

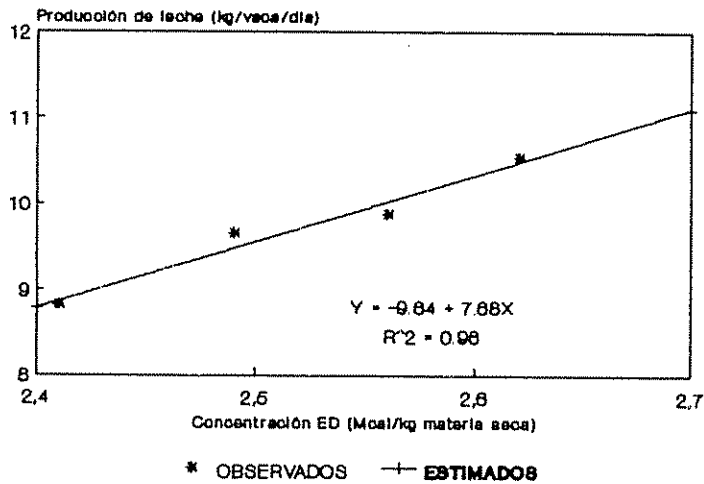


Figura 12. Efecto de la concentración de energía digestible en la dieta sobre la producción de leche de vacas en pastoreo, suplementadas con pulidura de arroz, poró y melaza

Como se mencionó anteriormente, la pulidura de arroz además del almidón y otros carbohidratos, contiene lípidos como fuente energética importante, sin embargo en este caso su aporte a la dieta ha sido bajo (Cuadro 15). De cualquier manera, el efecto de la suplementación energética sobre la producción de leche parece ser causado fundamentalmente por los carbohidratos de la dieta, ya que un aumento en el suministro de grasa (0 al 30 % de la ración) no provoca aumento en la producción de leche (Smith et al 1978), aunque podría ser utilizada para ganancia de peso, fertilidad o actividad física; Spörndly (1989) reporta que no existe efecto de la cantidad ni la concentración de Extracto Etéreo consumido, sobre la producción láctea.

Cuadro 15. Contenido de lípidos de las raciones consumidas

TRATAMIENTO kg MS/100 kg PV	EXTRACTO ETEREO % de la ración
0	2,00
0,2	2,84
0,4	3,54
0,6	4,21

4.2.2 Constituyentes de la leche

Cuadro 16. Efecto de la suplementación con pulidura de arroz sobre la concentración de los constituyentes de la leche

TRATAMIENTO kg MS/100 kg PV	GRASA %	MEDIAS ¹ PROTEINA %	SOL.TOT. %
0	3,5	3,1	12,1
0,2	3,6	3,1	12,2
0,4	3,5	3,2	12,1
0,6	3,4	3,2	12,1
NIVELES DE SIGNIFICANCIA			
CUADRADO	0,1219	0,0001	0,0021
VACA(CUA*GRA*NPAR)	0,0038	0,0516	0,0001
PERIODO(CUADRADO)	0,0605	0,0001	0,0005
NIVEL DE PULIDURA	0,0918	0,0041	0,7825
GRUPO RACIAL	0,9999	0,0001	0,0204
NUMERO PARTOS	0,0118	0,0074	0,2759
GRACIAL * NUPAR	0,0001	0,0001	0,0003

¹ Medias calculadas por mínimos cuadrados.

4.2.2.1 Grasa

El efecto de la suplementación con pulidura de arroz sobre el porcentaje de grasa en la leche se muestra en el Cuadro 16. Se observa que no hubo ningún efecto importante de los tratamientos sobre este parámetro. Teóricamente se esperaría una relación inversa entre en el porcentaje de grasa en la leche y el consumo de concentrado por los animales; sin embargo en este caso la proporción de la pulidura con respecto al consumo total de materia seca es relativamente baja (<18 %) (Figura 13), lo que aparentemente no es suficiente para deprimir el crecimiento y actividad de

las bacterias celulolíticas. Por otra parte, los valores obtenidos de pH (Cuadro 3) y la poca variación en la relación acético+butírico:propiónico indican que la actividad amilolítica aumentó muy poco como producto de la suplementación con pulidura, lo que contribuye a explicar la falta de respuesta en la concentración de grasa en la leche. En un estudio similar, Priego et al (1977) reportan que no detectaron diferencias significativas en la concentración de AGV totales ni en las proporciones molares de los ácidos acético, propiónico y butírico en el rumen, cuando fueron suministrados a novillos niveles crecientes de pulidura de arroz (equivalentes a 0 0,1 0,3 y 0,4 kg MS/100 kg PV).

El efecto de la concentración y proporciones molares de los ácidos grasos volátiles (AGV) sobre la composición química de la leche fue estudiado por Armstrong y Blaxter (1965), quienes demostraron que existió una diferencia cuando se infunde en el rumen de cabras ácido acético puro vrs una mezcla de AGV (en proporciones molares 55:32:13 de acético, propiónico y butírico, respectivamente), concluyendo que en el primer caso el porcentaje de grasa láctea aumentó.

Spörndly (1989) demostró que existió un efecto inversamente proporcional de la energía y la proteína cruda consumida sobre el porcentaje de grasa en la leche ($P < 0.0001$); en el presente estudio se observó una ligera tendencia en este sentido, sin que se hayan encontrado diferencias estadísticas para ninguno de los dos casos ($P < 0,20$).

4.2.2.2 Proteína

El efecto de la suplementación con pulidura de arroz sobre el porcentaje de proteína en la leche se muestra en el Cuadro 16 y en la Figura 14, en los que se observa una relación proporcional entre ambas variables. Sobre el particular, Emery (1978) concluyó que al incrementar la ingesta diaria de energía, aumenta el porcentaje de proteína en la leche a razón de 0.015 unidades porcentuales por megacaloría de EN consumida lo cual podría ser atribuido al aumento del suministro de glucosa a la glándula mamaria. Los resultados obtenidos en el presente trabajo mostraron una tendencia similar, estableciéndose que existe una relación lineal ($P < 0.1051$), como se muestra en la Figura 15.

Cuadro 17. Relación entre el porcentaje de pulidura de arroz en la ración y la eficiencia del uso de energía para producir proteína láctea.

TRATAMIENTO kg MS/100 kg PV	ED TOTAL PROVENIENTE DE LA PULIDURA (%)	EFICIENCIA EN LA PRODUCCION DE PROTEINA (g de proteína/Mcal ED)
0	0,00	11,07
0,2	9,47	12,40
0,4	16,99	11,75
0,6	23,81	11,59

La eficiencia en la producción de proteína láctea fue mayor al suministrar pulidura de arroz que en una dieta compuesta únicamente de forraje. Los índices de eficiencia calculados en el presente trabajo son similares a los reportados por Reid y White citados por Shirley (1978), quienes encontraron una eficiencia de 10,50 suministrando

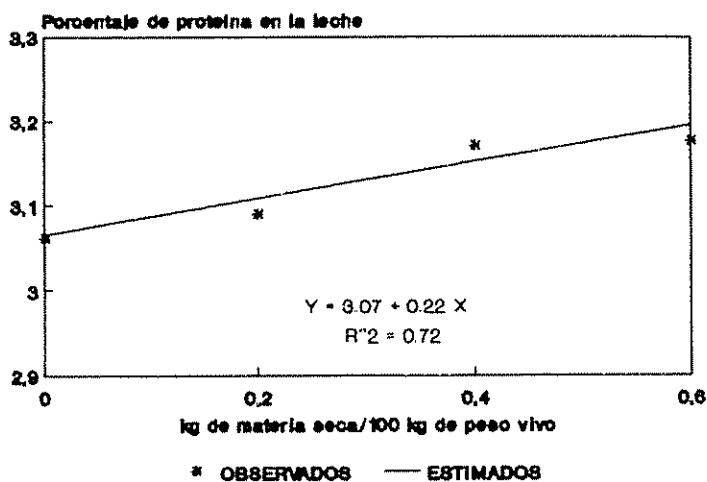


Figura 14. Efecto de la suplementación con pulidura de arroz sobre la concentración de proteína en la leche de vacas en pastoreo, suplementadas con poró y melaza.

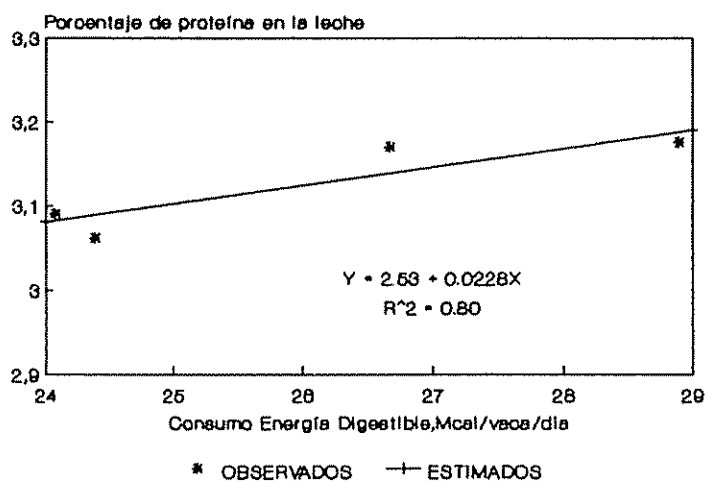


Figura 15. Efecto del consumo de energía digestible sobre la concentración de proteína en la leche de vacas en pastoreo, suplementadas con pulidura de arroz, poró y melaza.

dietas sin concentrado, y 12,40 con dietas en las que el concentrado aportaba el 22 % de la ED.

Por su parte, Spörndly (1989) reporta que existe una alta correlación entre la concentración de EM en la materia seca consumida por el animal y el porcentaje de proteína en la leche ($P < 0.0001$). En el presente trabajo la tendencia fue similar ($P < 0.0431$) tal y como se muestra en la Figura 16.

La cantidad de proteína consumida por el animal es otro factor que influye sobre la concentración de proteína en la leche. Emery (1978) determinó que existe una relación lineal entre ambas variables a una razón de 0,02 % de proteína en la leche por cada 1 % de aumento de la proteína en la dieta. Los datos obtenidos en este trabajo también muestran una relación lineal ($P < 0.08$), tal y como se muestra en la Figura 17.

Al parecer, el aumento en la concentración de la proteína en la leche se debe a una mayor disponibilidad de aminoácidos en la glándula mamaria; sin embargo, al suministrar nitrógeno no proteico en la ración tal efecto no se muestra (Van Horn *et al* 1975). Alagón (1990) reportó mayores porcentajes de proteína en leche al suministrar dos fuentes de proteína verdadera: la harina de pescado (3,42 % a) o la harina de soya (3,38 % ab), comparadas con el follaje de poró (3,27 % b) o urea (3,05 % c).

Por su parte, Tobón (1988) suplementó vacas en pastoreo con niveles crecientes de follaje de poró, sin encontrar efecto de los tratamientos sobre el porcentaje de proteína en la leche, a pesar del aumento en el consumo de proteína por animal. Es necesario recordar que la proteína cruda del poró está constituida en un alto porcentaje por NNP, mientras que la harina de pescado y la de soya

contienen una cantidad apreciable de proteína verdadera sobrepasante.

La importancia del suministro de proteína verdadera sobre la concentración proteica en la leche se comprueba con los resultados presentados por Schwab et al (1975), Spires et al (1975) y Vik-Mo et al (1974), quienes determinaron que la infusión de proteína o aminoácidos en el abomaso provoca un incremento del porcentaje de proteína verdadera en la leche.

Es importante aclarar que dadas las características bromatológicas de la pulidura de arroz, su aporte de nutrientes a la ración es tanto energético como proteico, lo que implica que es muy difícil determinar cuál de dichos nutrientes está causando el efecto obtenido.

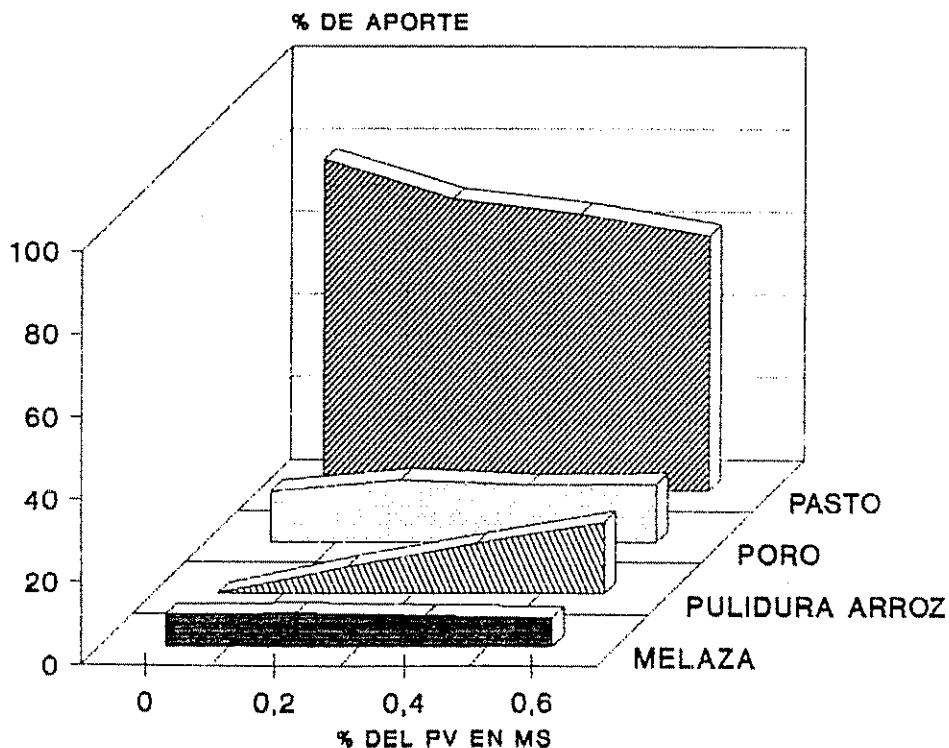


Figura 13. Aporte proporcional de cada uno de los componentes a la dieta de vacas lecheras en pastoreo, suplementadas con pulidura de arroz, poró y melaza.

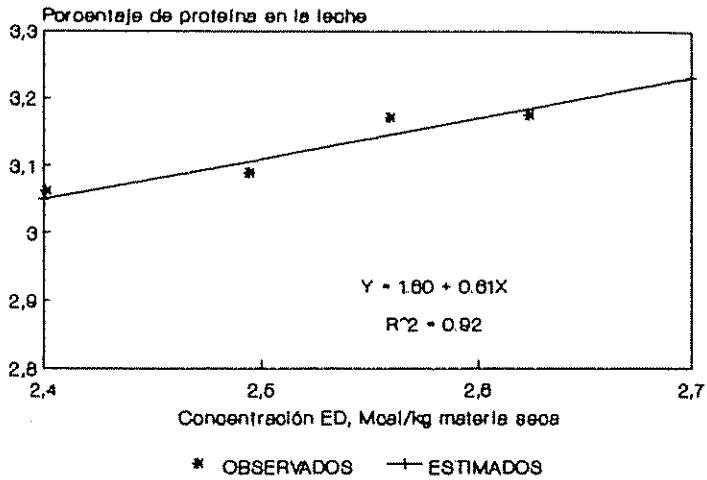


Figura 16. Efecto de la concentración de energía digestible en la dieta sobre la concentración de proteína en la leche de vacas en pastoreo, suplementadas con pulidura de arroz poró y melaza

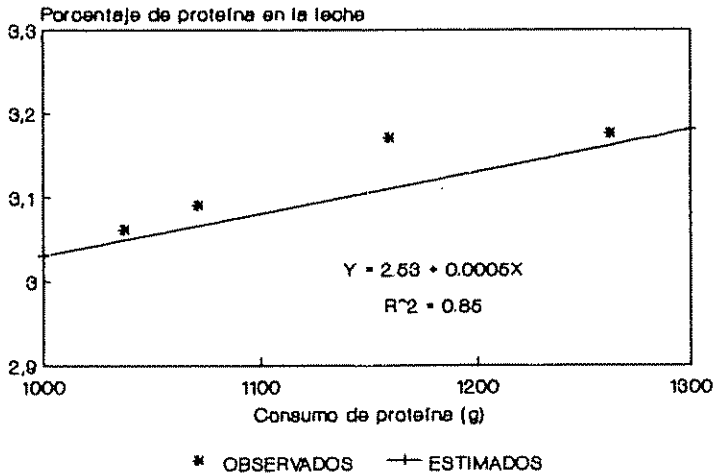


Figura 17. Efecto del consumo de proteína cruda sobre la concentración de proteína en la leche de vacas en pastoreo, suplementadas con pulidura de arroz, poró y melaza.

4.2.2.3 Sólidos totales.

El efecto de los niveles de pulidura de arroz sobre la concentración de sólidos totales en la leche se observa en el Cuadro 16, en el cual se aprecia que no se detectaron diferencias importantes entre los tratamientos. Esto puede explicarse al analizar los otros constituyentes de la leche, ya que mientras que el porcentaje de proteína aumentó, el porcentaje de grasa mostró una tendencia no significativa a disminuir, con lo cual se equilibran los valores para los diferentes tratamientos. Por otra parte, al parecer la concentración de lactosa, minerales y demás constituyentes de la leche, calculada por diferencia, tampoco varió mucho (5,53 5,48 5,39 y 5,51 % para los tratamientos 0,0 0,2 0,4 y 0,6 %, respectivamente). Abarca (1988) no encontró diferencia en la producción de sólidos totales de la leche, al evaluar dos niveles de suplementación de melaza, aunque sí hubo diferencias entre las dos fuentes nitrogenadas: follaje de poró vrs harina de pescado. Tobón (1988) al evaluar diferentes niveles de consumo de follaje de poró no encontró diferencias en el porcentaje de sólidos totales para los diferentes tratamientos, aunque los valores reportados (11,57 a 11,78 %) fueron menores a los obtenidos en este estudio.

4.2.3 Consumo de alimentos por las vacas

4.2.3.1 Consumo de pasto

La disponibilidad promedio de pasto ofrecido, medida al principio y al final del experimento se muestra en el Cuadro 1A. El nivel de asignación diario de materia seca fue en promedio de 56,4 kg por vaca, lo cual no solo garantizó una cantidad suficiente de pasto disponible por animal, sino que también existió una buena oportunidad de

seleccionar el material a consumir. Como era de esperar, hubo una amplia variación entre potreros, lo cual en determinados momentos pudo haber afectado en alguna medida la capacidad de selección de las vacas.

El área en que los animales pastorearon se caracteriza por la heterogeneidad en la composición botánica de cada potrero, tal y como se muestra en los Cuadros 2A y 3A. Si tomamos en cuenta que a su vez la calidad nutritiva de los diferentes componentes varía, como se mostró en el Cuadro 1, se puede concluir que la ingesta de nutrientes provenientes del pastoreo no fue uniforme a lo largo del periodo experimental, lo que refleja muy bien la realidad de la situación de los productores.

Los valores obtenidos en el consumo de pasto oscilan entre 2,15 y 2,58 kg MS/100 kg PV, y que sumados a los consumos de poró (Cuadro 18), se encuentran por encima del nivel mínimo de forraje requerido (2,2 %) por las vacas en pastoreo que sean suplementadas con ingredientes bajos en fibra cruda, según lo reportado por Villegas (1979).

La suplementación con pulidura tuvo efectos detrimentales importantes ($P < 0,0151$) sobre el consumo de pasto (Cuadro 18 y Figura 18), disminuyendo aproximadamente un veinte por ciento en el tratamiento 4 con respecto al tratamiento sin pulidura. Esto implica que existe una buena oportunidad de intensificar el sistema de pastoreo, con las consiguientes implicaciones en su productividad. El efecto observado coincide con los resultados obtenidos con los novillos (Cuadro 8) y con lo reportado por San Martín (1980), quien al suministrar a vaquillas de lechería niveles de banano verde de 0 hasta 1,98 kg MS/100 kg PV obtuvo consumos linealmente decrecientes ($P < 0,01$) de forraje (punta de caña) desde 2,49 hasta 0,76 kg MS/100 kg PV.

Cuadro 18. Efecto de la suplementación con pulidura de arroz sobre el consumo de pasto, de follaje de poró y el consumo total, expresado como porcentaje del peso vivo en materia seca.

TRATAMIENTO kg MS/100 kg PV	PASTO	MEDIAS ¹ PORO	TOTAL
0	2,58	0,40	2,98
0,2	2,16	0,46	2,82
0,4	2,24	0,46	3,09
0,6	2,15	0,49	3,24
NIVELES DE SIGNIFICANCIA			
CUADRADO	0,0085	0,0213	0,0114
VACA(CUA*GRA*NPAR)	0,1362	0,0002	0,0297
PERIODO(CUAD)	0,1048	0,0050	0,0843
NIVEL DE PULIDURA	0,0151	0,0050	0,0169
GRUPO RACIAL	0,0002	0,2759	0,0003
NUMERO PARTOS	0,1878	0,1867	0,2826
GRACIAL*NUPAR	0,0114	0,0001	0,1217

¹ Medias calculadas por mínimos cuadrados.

Por su parte, Villegas (1979) reporta que al aumentar el nivel de banano suplementado de 0 hasta 1,2 kg MS banano verde/100 kg PV a vacas en lactación disminuyó el consumo de pasto Estrella Africana, desde 3,39 hasta 2,16 kg de MS/100 kg PV, mostrando una tendencia exponencial en la que se alcanzó un valor asintótico cuando el consumo fue de 0,5 kg de MS de banano/100 kg PV. Priego et al (1977) reportan que al aumentar el suministro de pulidura de arroz (0 0,5 1,0 y 1,5 kg/novillo/día equivalentes a 0 0,1 0,3 y 0,4 kg MS/100 kg PV) los consumos de caña picada disminuyeron (4,74 4,41 4,54 4,46 kg/novillo/día, respectivamente), aunque no se reporta si las diferencias fueron estadísticamente significativas.

Las causas de las variaciones en el consumo pueden ser varias. Por una parte, cuando se suplementan con concentrado animales con una dieta exclusiva de forrajes y la proporción forraje:concentrado varía de 100:0 a 90:10 el consumo de forraje aumenta, mientras que si la proporción de concentrado aumenta del 10 al 70 %, el incremento resulta en una disminución en el consumo de forraje (NRC, 1988). En el Cuadro 19 se observa que las proporciones de concentrado (Pulidura de arroz + melaza) en la dieta están por encima del 10 % antes mencionado.

Cuadro 19. Aporte de concentrado en las dietas correspondientes a los tratamientos evaluados

TRATAMIENTO kg MS/100 kg PV	CONCENTRADO (%)
0	7
0,2	14
0,4	19
0,6	24

Al parecer, la suplementación energética disminuye la capacidad fermentativa de los microorganismos celulolíticos, lo cual podría tener como consecuencia una disminución de la digestión del forraje. Al respecto, varios autores han encontrado un efecto detrimental del aumento en consumo de concentrados sobre la digestibilidad del pasto. Villegas (1979) atribuye la disminución en el consumo del pasto estrella al aumento en consumo de almidón proveniente de niveles crecientes de banano verde. En otro ensayo de suplementación con banano verde, San Martín (1980) reportó que la degradación potencial de la punta de caña fue menor cuando se suministraron las mayores cantidades de banano. Sin embargo, cuando se suministra en cantidades bajas (22 a 36 % de la ración en MS) la degradación del forraje mejora,

lo que puede deberse a que a este nivel de suplementación se incrementa la disponibilidad de energía para la fermentación y los esqueletos de carbono necesarios para una síntesis eficiente de proteína microbiana. Sin embargo, al aumentar el consumo de banano más allá de los niveles mencionados, el nivel de almidón es tal que se favorece el desarrollo de poblaciones microbianas amilolíticas, disminuyendo la intensidad de digestión de los forrajes más fibrosos (Pérez, 1983), disminuyendo la tasa de aceleración de la digestión de la materia seca y de los constituyentes de la pared celular, lo cual se ha demostrado que está directamente relacionado con el consumo (San Martín, 1980).

Abarca (1988) reportó que la adición de melaza en la alimentación de novillos con dietas a base de pasto y suplementados con poró, tendió a disminuir la tasa de degradación de la materia seca del pasto, así como a disminuir la degradación potencial de la pared celular y el tiempo de latencia; sin embargo, al evaluar en vacas lecheras en pastoreo el efecto de dos niveles de melaza (1,5 y 3,0 kg/vaca/día), el mismo autor reporta que el consumo de pasto fue ligeramente menor con el nivel más alto de melaza (1,89 y 1,70 kg MS/100 kg PV, respectivamente), aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas ($P < 0.27$).

En el caso de la suplementación con pulidura, el aporte de almidón al rumen es importante, ya que, aunque como se mencionó anteriormente una fracción escapa de la fermentación ruminal, una buena parte es degradada por los

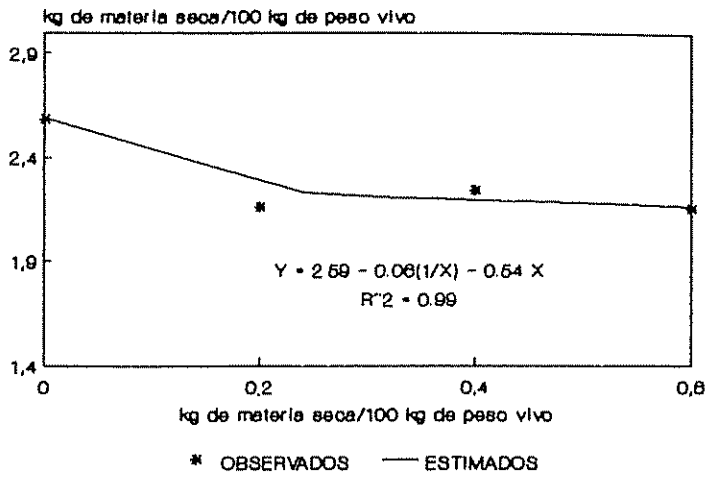


Figura 18. Efecto de la suplementación con pulidura de arroz sobre el consumo de materia seca de pasto, de vacas lecheras en pastoreo suplementadas con poró y melaza.

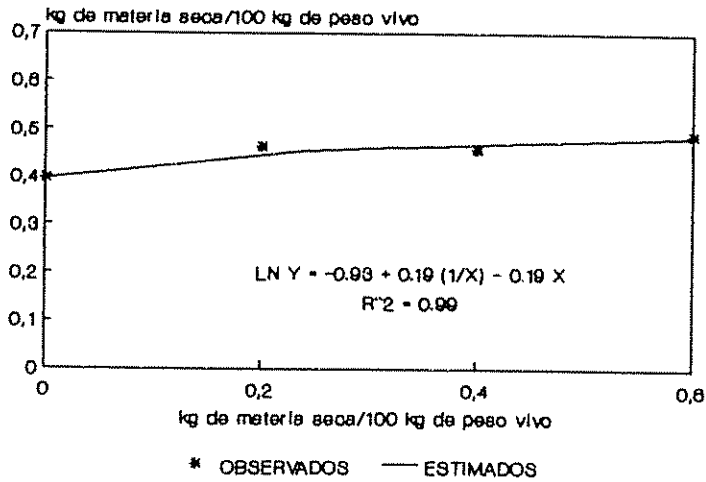


Figura 19. Efecto de la suplementación con pulidura de arroz sobre el consumo de materia seca de poró, de vacas lecheras en pastoreo suplementadas con poró y melaza.

microorganismos. Ferreiro et al (1979) reportan que al menos el 50 por ciento del almidón de la pulidura de arroz está disponible al animal para la síntesis de glucosa, lo que significa, calculado por diferencia, que una alta proporción está disponible para los microorganismos.

Otro factor que pudo estar afectando el consumo de pasto, fue el consumo de follaje de poró. Abarca (1988) reporta que al suplementar vacas en producción con 1,6 kg de poró/animal/día disminuyó el consumo de pasto Estrella africana comparado con la suplementación con harina de pescado ($P < 0,0279$), lo cual indica un efecto sustitutivo del poró sobre el pasto.

4.2.3.2 Consumo de follaje de poró

El efecto de los tratamientos sobre el consumo de poró se muestra en el Cuadro 18 y la Figura 19. Aunque estaba planeado que las vacas consumieran una cantidad fija de 0,5 kg MS/100 kg PV de poró, durante el transcurso ensayo se hizo evidente que existían variaciones en el consumo de este follaje atribuibles a la cantidad de pulidura suministrada, así a mayor consumo de pulidura, mayor consumo de poró ($P < 0,05$).

Por otra parte, el poró contribuyó en una buena proporción al suministro de proteína cruda para los animales. En la Figura 9 se observa que alrededor de un tercio de la proteína total consumida por el animal provino de este material. Esto ratifica la importancia del uso de esta fuente de bajo costo y de buena aceptación por los animales, cuyo uso no fue afectado por la suplementación con pulidura de arroz.

4.2.3.3 Consumo de materia seca total

El efecto de los tratamientos sobre el consumo de materia seca total se muestra en el Cuadro 18 y en la Figura 20, en los que se observa que se detectaron diferencias significativas ($P < 0,0169$) debidas al consumo de suplemento. Los valores obtenidos de consumo fueron ligeramente mayores (2,82 a 3,24 kg MS/100 kg PV) a los calculados con base a los requerimientos del NRC (1988) en donde se reporta que vacas con producciones de 10 kg o menos por día deben tener un consumo de 2,84 kg MS/100 kg PV, con el cual pueden llenar los requerimientos energéticos y proteicos. Sin embargo, entre los supuestos que menciona el NRC para alcanzar tal consumo está que la concentración energética en la ración debe ser de 1,42 Mcal de EN1/kg de MS; en caso de consumos mayores al estimado, se recomienda disminuir la concentración energética, con el fin de evitar la acumulación de grasa. Para las dietas utilizadas en el presente trabajo, tal concentración fue menor, lo que justifica que el consumo haya alcanzado los valores mostrados (Cuadro 20).

Cuadro 20. Concentración energética de las dietas para cada tratamiento

TRATAMIENTO kg MS/100 kg PV	EN1 (Mcal/kg MS) ¹
0	1,22
0,2	1,27
0,4	1,30
0,6	1,34

¹ Calculada por la ecuación $EN1 = -0,12 + 0,0245(TND)$ (NRC, 1982)

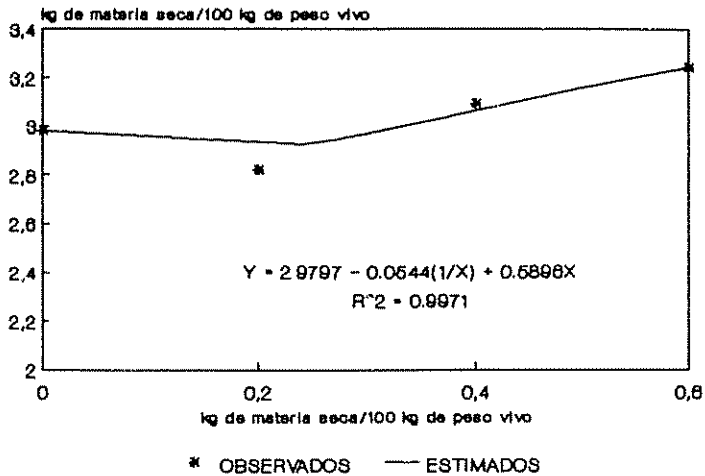


Figura 20. Efecto de la suplementación con pulidura de arroz sobre el consumo de materia seca total de vacas lecheras en pastoreo suplementadas con poró y melaza.

Los resultados obtenidos concuerdan con lo reportado por San Martín (1980), quien encontró que al suministrar niveles crecientes de banano a vaquillas de lechería con una dieta a base de pasto, el consumo total de MS total aumentó de 2,64 a 3,09 kg MS/100 kg PV. El mismo autor reportó una tendencia similar en novillos, aunque los valores fueron menores (1,55 a 2,66 %). Por su parte, Priego et al (1977) detectaron diferencias estadísticas importantes ($P < 0,03$) en el consumo de materia seca total de novillos alimentados con caña de azúcar, pulidura de arroz y urea (de 1,72 hasta 2,08 kg de MS/100 kg de PV) cuando se suministraron niveles crecientes de pulidura de arroz (desde 0 hasta 0,4 kg MS/100 kg PV, respectivamente).

Los factores físicos y fisiológicos que regulan el consumo de materia seca varían en importancia al aumentar la digestibilidad de la dieta. Los valores de digestibilidad en las diferentes dietas suministradas en el presente trabajo se muestran en el Cuadro 21; como puede observarse, las cuatro raciones tienen digestibilidades dentro del rango entre 52 y 66 %, por lo cual pueden ser clasificadas como bajas (Conrad et al, 1964). Los cambios en el consumo de animales alimentados con raciones con baja digestibilidad son regulados por factores como la capacidad física del

animal, la tasa de pasaje y la digestibilidad de la materia seca.

Cuadro 21. Digestibilidad de las dietas suministradas en cada tratamiento

TRATAMIENTO kg MS/100 kg PV	DIVMS DE LA DIETA (%)
0	54,70
0,2	55,56
0,4	56,08
0,6	56,64

De los factores mencionados, puede considerarse que el peso corporal no ejerció una influencia decisiva en el presente estudio, tomando en cuenta que el tamaño promedio de los animales que fueron sometidos a cada tratamiento fue similar. Por otra parte, la tasa de pasaje parece ejercer un efecto importante sobre el consumo total de materia seca, como se observó en la evaluación con novillos fistulados (Cuadro 4). Al respecto, Priego *et al* (1977) detectaron diferencias importantes ($P < 0,0001$) en la tasa de flujo del rumen de animales suplementados con niveles crecientes de pulidura, encontrando una relación directa entre ambas variables; Elliot *et al* (1978) también reporta un aumento en la tasa de flujo del rumen al suministrar niveles crecientes de pulidura, aunque no especifica si fueron detectadas diferencias estadísticas.

De los tres factores que mencionan Conrad *et al* (1964), el que influye más sobre el consumo de materia seca parece ser la digestibilidad del alimento. Sin embargo, en este trabajo las mínimas diferencias obtenidas en las digestibilidades de las dietas correspondientes a cada tratamiento (Cuadro 21) hacen pensar de que el aumento en el consumo debe ser atribuido a los otros factores, en especial a la tasa de pasaje.

4.2.4 Analisis economico

Los resultados obtenidos como resultado del análisis económico se muestran en el Cuadro 22 y la Figura 21. Como puede observarse, los beneficios netos obtenidos mediante la aplicación de los tratamientos no tuvieron una tendencia creciente, siendo el tratamiento 2 superior a los demás.

Cuadro 22. Presupuesto parcial

	TRATAMIENTOS (kg MS/100 kg PV)			
	0	0,2	0,4	0,6
INGRESOS				
PROD LECHE (kg/vaca/dia)	8,83	9,66	9,88	10,54
PROD CORR 3% (l/vaca/dia)	9,26	10,41	10,45	11,05
PRECIO (US\$/l corr 3%)	0,28	0,28	0,28	0,28
BENEFICIOS BRUTOS DE CAMPO (US\$/vaca/dia)	2,63	2,95	2,96	3,13
COSTOS				
CANT MRLAZA ¹	0,75	0,75	0,75	0,75
COSTO (US\$/kg/MS)	0,07	0,07	0,07	0,07
COSTO (US\$/vaca/dia)	0,05	0,05	0,05	0,05
CANT PULIDURA ¹	0,00	0,63	1,25	1,90
COSTO (US\$/kg MS)	0,18	0,18	0,18	0,18
COSTO (US\$/vaca/dia)	0,00	0,11	0,23	0,35
CANT PORO ¹	1,25	1,46	1,43	1,55
COSTO (US\$/kg MS)	0,08	0,08	0,08	0,08
COSTO (US\$/vaca/dia)	0,11	0,12	0,12	0,13
CANT PASTO ¹	8,13	6,81	6,99	6,81
COSTO (US\$/kg MS)	0,03	0,03	0,03	0,03
COSTO (US\$/vaca/dia)	0,28	0,24	0,24	0,24
TOTAL COSTOS VARIABLES	0,44	0,53	0,64	0,77
BENEFICIOS NETOS (US\$/vaca/dia)	2,18	2,42	2,32	2,37

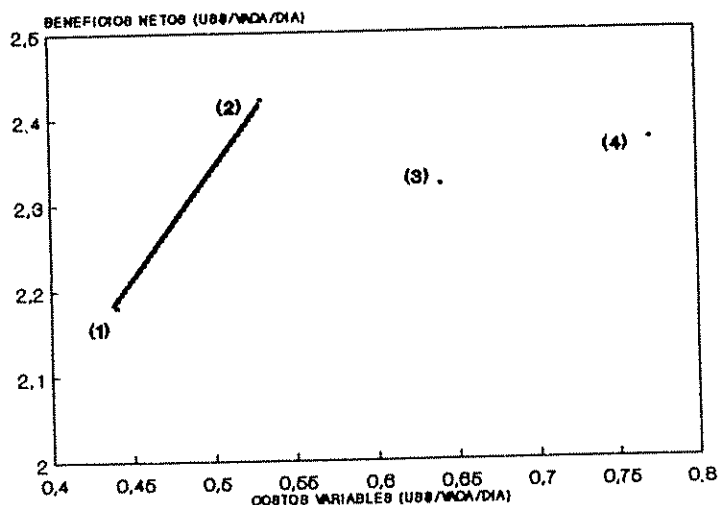


Figura 21. Curva de Beneficios Netos.

Cuadro 23. Análisis marginal

Tratamiento	Costos variables	Costos marginales	Beneficios netos	Beneficio neto marginal	TRM (%)
	US\$/VACA/DIA				
0	0,44	0,09	2,18	0,24	276,56
0,2	0,53		2,42		
0,4	0,64		2,32		
0,6	0,77		2,37		

El detalle del Análisis marginal se muestra en el Cuadro 23. El valor obtenido de la Tasa de Retorno Marginal entre los tratamientos 1 y 2 indica que al suplementar con pulidura en el nivel indicado, se obtienen los mismos beneficios netos que en el tratamiento 1, más US\$ 2,76 por cada dolar extra invertido en dicha práctica, lo cual hace muy atractiva esta práctica de manejo.

5. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se realizó el presente trabajo y con base en los resultados obtenidos, se pueden formular las siguientes conclusiones:

1. En sistemas silvopastoriles, con vacas en pastoreo suplementadas con poró y melaza, la pulidura de arroz muestra un efecto positivo sobre la producción de leche y su concentración de proteína. Asimismo, ejerce un efecto aditivo sobre el consumo de materia seca total.

2. Los parámetros de la fermentación ruminal y la tasa de pasaje en el tracto digestivo fueron afectados por los tratamientos aplicados. Se observó un incremento en la concentración total de ácidos grasos volátiles, en la proporción molar de ácido butírico y en la tasa de pasaje. La tasa de degradación del king grass, la degradabilidad real de los materiales evaluados *in situ* y la proporción molar de ácido acético disminuyeron a medida que aumentó la proporción de pulidura en la dieta.

3. El suministro de pulidura de arroz en las proporciones estudiadas es compatible con la utilización del follaje de poró, ya que su consumo y utilización no se ven alterados.

4. La suplementación con pulidura de arroz permite intensificar el sistema, debido al efecto parcialmente sustitutivo que ejerce sobre el consumo de pasto.

5. La inclusión de pulidura de arroz en la dieta mejora los beneficios netos obtenidos, independientemente del nivel utilizado. Sin embargo, la suplementación en una proporción de 0,2 kg de materia seca/100 kg de peso vivo fue la más eficiente económicamente.

6. RECOMENDACIONES

1. Evaluar otras fuentes de energía sobrepasante que puedan estar disponibles en el medio, a fin de determinar sus ventajas bioeconómicas comparativas respecto a la pulidura de arroz como suplemento a vacas en pastoreo.
2. Evaluar la combinación de varios niveles de pulidura de arroz con varios niveles de poró, a fin de determinar la que presenta la relación proteína:energía más favorable para la producción láctea.
3. En futuros ensayos con manejo similar al presente estudiar la posibilidad de aumentar la carga animal, dado el efecto de la suplementación con pulidura sobre el consumo de pasto demostrado en este trabajo.

7. BIBLIOGRAFIA

- ABARCA, S. 1989. Efecto de la suplementación con poró (*Erythrina poeppigiana*) y melaza sobre la producción de leche de vacas pastoreando estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*). Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R. CATIE. 68 p.
- ALAGON, G. 1990. Comparación del poró (*Erythrina poeppigiana*) con otras fuentes nitrogenadas de diferente potencial de escape a la fermentación ruminal como suplemento a vacas lecheras alimentadas con caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R. CATIE. 145 p.
- BATEMAN, J.V. 1970. Nutrición animal. Manual de métodos analíticos. México D.F., Herrero. 468 p.
- BENAVIDES, J. 1983. Utilización de forrajes de origen arbóreo en la alimentación de rumiantes menores. In Curso corto intensivo prácticas agroforestales con énfasis en la medición y evaluación de parámetros biológicos y socioeconómicos (1983, . Turrialba, C.R.). Contribuciones de los participantes. Comp. por Liana Babbar. Turrialba, CATIE, Departamento de Recursos Naturales Renovables. 11 p.
- BENAVIDES, J. 1986. Utilización de follaje de poró (*Erythrina poeppigiana*) para alimentar cabras bajo condiciones de trópico húmedo. Turrialba, Costa Rica, CATIE, Departamento de Producción Animal. 31 p.
- BONDI, A. 1988. Nutrición animal. Trad por Rafael Sanz Arias. Acribia. Zaragoza, España. 546 p.

- CANAS, R.; AGUILAR, C. 1990. Uso de la bioenergética en producción de bovinos. Departamento de Zootecnia, Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile. s.p.
- CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. 1987. Resumen de datos meteorológicos. Turrialba, Costa Rica. 1 p.
- CIMMYT. 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. Edición completamente revisada. México, D.F. 80 p.
- CONRAD, H.R.; PRATT, A.D.; HIBBS, J.W. 1964. Regulation of feed intake in dairy cows. I. Change in importance of physical and physiological factors with increasing digestibility. *Journal of Dairy Science (EUA)* :54-62.
- CHALUPA, W. 1973. Utilisation of non-protein nitrogen in the production of animal protein. *Proceedings of the Nutrition Society (G.B.)* 32:99-105.
- CHANA, C.; ROMERO, F. 1990. Productividad de biomasa en cercas vivas. In *Anais da 12a. Reuniao da Associação Latino-Americana de Produção Animal (1990, Campinas, Brasil)*. Piracicaba, SP, Brasil. Fundação de Estudos Agrarios Luiz de Queiroz. p 93.
- ELLIOT, R.; FERREIRO, H.M.; PRIEGO, A.; PRESTON, T.R. 1978. Pulidura de arroz como suplemento en dietas a base de caña de azúcar: cantidades de almidón (polimero de la glucosa) que pasan al duodeno proximal. *Producción animal tropical* 3:30-35.

- EMERY, R.S. 1978. Feeding for increased milk protein. *Journal of Dairy Science* (EE UU) 61(6):825-828.
- ESPINOZA, J. 1984. Caracterización nutritiva de la fracción nitrogenada del follaje del madero negro (*Gliricidia sepium*) y poró (*Erythrina poeppigiana*). Tesis Mag. Sc. UCR-CATIE. Turrialba, C.R. Programa Universidad de Costa Rica/CATIE. 87 p.
- FERREIRO, H.M.; PRIEGO, A.; LOPEZ, J.; PRESTON, T.R.; LENG, R.A. 1979. Glucose metabolism in cattle given sugar cane based diets supplemented with varying quantities of rice polishings. *British Journal of Nutrition* 42:341-347.
- FONSECA, M.T. 1968. El Poró. *Revista de Agricultura* (C.R.) 40(6-7):102, 104, 106, 108, 110, 112.
- HAYDOCK, K.P.; SHAW, N.H. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* (Australia) 15:663-670.
- HERBEIN, J.H.; VAN MAANEN, R.W.; MCGILLARD, A.; YOUNG, J.W. 1978. Rumen propionate and blood kinetics in grazing cattle fed isoenergetic diets. *Journal of Nutrition* 108:994-1001.
- 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).
- ITURBIDE, A.M. 1967. El óxido crómico como indicador externo para estimar producción fecal y consumo en las pruebas de digestibilidad. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R. IICA. 137 p.

- KASS, M.; RODRIGUEZ, G. 1989. Evaluación nutricional de forrajes. Turrialba, C. R., CATIE. 43 p.
- LESLIE, F.; JOHNSTONE, H. 1982. Análisis moderno de los alimentos. Trad. Justino Burgos. España. Acribia. 619 p.
- LOPEZ, J.M.; 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 1:170-178.
- LUCAS, H.L. 1957. Extra-period latin-square change-over designs. Journal of Dairy Science (EE. UU.) 40:225-239.
- MANNETJE, L.; HAYDOCK, K.P. 1963. The dry weight-rank method for the botanical analysis of pasture. Journal of the British Grasslands Society (G.B.) 18:268-275.
- MCDOWELL, L.R.; CONRAD, J.H.; THOMAS, J.E.; HARRIS, L.E. 1974. Latin american tables of feed composition. University of Florida, EUA. 510 p.
- MEDINA, P. 1988. Efecto de la suplementación con poró (*Erythrina poeppigiana*) y melaza sobre los parámetros de la fermentación ruminal y la degradabilidad *in situ* del poró y pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*). Tesis Mag. Sci. Turrialba, C.R. CATIE. 95 p.
- MEHREZ, A.Z.; ORSKOV, E.R.; Mc DONALD, I. 1977. Rates of rumen fermentation in relation to ammonia concentration. British Journal of Nutrition (G.B.) 38:437.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1982. USA and Canada tables of feed composition. Washington, D. C. 52 p.

- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1988. Nutritional requirements of dairy cattle. 6 ed. Washington, D. C. 85 p.
- ORSKOV, E.R. 1976. The effect of processing on digestion and utilization of cereals by ruminants. Proceedings of the Nutrition Society 35:245-252.
- ; HOVELL, F.D.D.; MOULD, F. 1980. Uso de la técnica de la bolsa de nylon para la evaluación de los alimentos. Producción animal tropical 5:213-233.
- ; MILLER, E.L. 1988. Protein evaluation in ruminants. In Feed Science. E.R. Orskov ed. Elsevier, Nueva York. p 103-128.
- PEREZ, E. 1983. Efecto de la suplementación de bovinos con banano verde sobre la dinámica de su fermentación. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE. 61 p.
- PEZO, D. 1982 . El pasto base de la producción bovina. In aspectos nutricionales en los sistemas de producción bovina en el trópico. Programa de formación de recursos humanos, CATIE, Turrialba, C.R. p 87-109. (Serie materiales de enseñanza, CATIE; no. 15)
- PRESTON, T.R.; CARCANO, 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 1:156-168.
- PRESTON, T.R.; LENG, R.A. 1989. Adecuando los sistemas de producción pecuaria a los recursos disponibles: aspectos básicos y aplicados del nuevo enfoque sobre la

nutrición de rumiantes en el trópico. Cali, Colombia, Círculo Impresores. 313 p.

PRIEGO, A.; WILSON, A.; SUTHERLAND, T.M. 1977. Efecto de la caña de azúcar picada y suplementada con pulidura de arroz o harina de yuca sobre los parámetros de fermentación ruminal y tasa de líquido ruminal en toros cebú. *Producción animal tropical* 2:301-308.

RUSSO, R.O. 1983. Efecto de la poda de *Erythrina poeppigiana* (Walpers) O.F. Cook (poró) sobre la nodulación, producción de biomasa y contenido de nitrógeno en el suelo en un sistema agroforestal "café-poró". Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE. 108 p.

SAN MARTIN H., F.A. 1980. Digestibilidad, tasas de digestión y consumo de forraje en función de la suplementación con banano verde. Tesis Mag. Sci. Turrialba, C.R. UCR-CATIE. 59 p.

SCHWAB, C.G.; CLAY, A.B.; SATTER, L.D. 1975. Determination of limiting aminoacids for lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* (EE UU) 58:778 Abs.

SHIRLEY, R.L. 1986. Nitrogen and energy nutrition of ruminants. Orlando, Florida. Academic Press. 358 p.

SMITH, N.E.; DUNKLEY, W.L.; FRANCKE, A.A. 1978. *Journal of Dairy Science* 61:747.

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

- SPÖRNDLY, E. 1989. Effects of diet on milk composition and yield of dairy cows with special emphasis on milk protein content. Swedish Journal of Agricultural Research (Suecia) 19(2):99-106.
- SUTTON, J.D. 1968. The fermentation of soluble carbohydrates in rumen contents of cows fed diets containing a large proportion of hay. The British Journal of Nutrition (UK) 22(4):689-712.
- SUTTON, J.D. 1979. Carbohydrate fermentation in the rumen. Variations on a theme. Proceedings of the Nutrition Society (G.B.) 38:275-281.
- TERRY, R.A.; TILLEY, J.M.A.; OUTEN, G.E. Effect of pH on cellulose digestion under in vitro conditions. Journal of the Science of Food and Agriculture 20(5):317-320.
- TOBON, C. J. 1988. Efecto de la suplementación con cuatro niveles de follaje de poró (*Erythrina poeppigiana* (Walpers) O.F. Cook) sobre la producción de leche de vacas en pastoreo. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R. CATIE. 72 p.
- TOLEDO, J.M.; MENDOZA; P.E. 1989. Pasturas tropicales promisorias en suelos pobres y ácidos. In Panorama de la ganadería de doble propósito en la América tropical (1986, Bogotá, Colombia). Ed. por L. Arango-Nieto, A. Charry, R.R. Vera. Bogotá, ICA CIAT. p 155-175.
- VAN HORN, H.H.; MARSHALL, S.P.; WILCOX, C.J.; RANDEL, P.F.; WING, J.M. 1975. Complete rations for dairy cattle. III. Evaluation of protein percent and quality, and citrus pulp-corn substitutions. Journal of Dairy Science (EE UU) 58:1101.

- VAN SOEST, P.J. 1982. Nutritional ecology of the ruminant. Corvallis, Oregon. 374 p.
- VIK-MO, L.R.; EMERY, R.S.; HUBER, J.T. 1974. Milk protein production in cows abomasally infused with casein or glucose. *Journal of Dairy Science* (EE UU) 57:869.
- VILLEGAS, L. A. 1979. Suplementación con banano verde a vacas lecheras en pastoreo. Tesis Mag. Sci. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE. 58 p.
- WALDO, D.R. 1973. Extent and partition of cereal grain starch digestion in ruminants. *Journal of Animal Science* 37:1062-1074.

A N E X O S

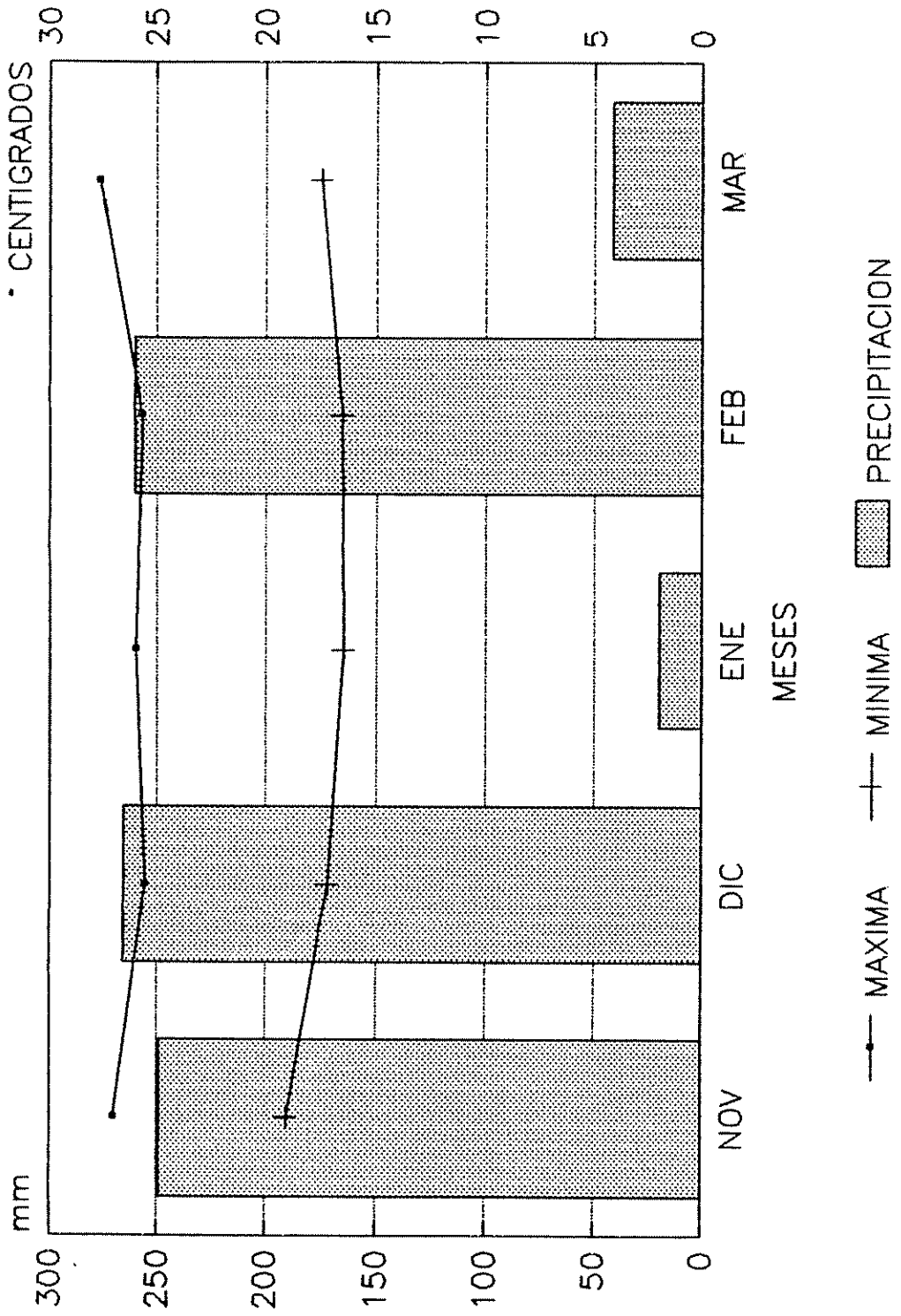


Figura 1A Temperatura y precipitación durante el periodo experimental

Cuadro 1A. Disponibilidad de pasto en los potreros

POTRERO	AREA ha	DISPONIBILIDAD kg/ha	
		Inicial	Final
1	0.68	4208.68	2925.49
2	0.50	6699.90	4114.22
3	0.47	5377.55	5114.44
4	0.69	5725.23	4522.59
5	0.66	6132.11	4087.48
6	0.86	5288.45	4187.05
7	0.70	3598.13	4858.88
8	0.61	5331.02	4096.29
9	0.55	5654.54	4725.72
Total	5.72	5273.70	4260.23

Cuadro 2A. Composición botánica inicial de los potreros

POTRERO	RUZI	ESTRELLA	MALEZAS	OTRAS GRAMINEAS ¹	LEGUMIN
----- % de aporte -----					
1	50,85	6,35	18,57	23,97	0,26
2	65,48	15,79	13,95	3,91	0,87
3	59,06	4,80	29,97	4,09	2,09
4	57,57	8,80	12,49	21,14	0,00
5	21,96	0,48	16,91	57,51	3,14
6	5,77	1,75	12,66	78,53	1,28
7	2,73	3,46	11,47	82,22	0,12
8	43,85	5,59	8,57	41,99	0,00
9	76,02	0,00	9,39	14,48	0,12
Media	42,59	5,22	14,89	36,43	0,88

Cuadro 3A. Composición botánica final de los potreros

POTRERO	RUZI	ESTRELLA	MALEZAS	OTRAS GRAMINEAS ¹	LEGUMIN
----- % de aporte -----					
1	45,33	8,31	20,08	25,72	0,56
2	52,12	13,21	17,21	13,54	3,92
3	56,13	5,43	27,66	7,67	3,11
4	58,93	10,07	10,59	19,50	0,91
5	18,01	1,95	14,16	61,59	4,29
6	7,12	4,38	10,87	76,91	0,72
7	2,50	5,64	9,08	82,36	0,42
8	40,07	6,18	5,39	48,15	0,21
9	70,26	0,00	6,22	23,45	0,07
Media	38,94	6,13	13,47	39,88	1,58

¹ En su mayoría pasto natural. En el potrero 5 incluye una alta proporción de *B. brizantha*

Cuadro 4A. Análisis de varianza de la variable produccion diaria de leche

EFECTO	GL	CUADRADO MEDIO	SIG
CUADRADO	2	0,5457	n.s.
GRUPO RACIAL	2	0,9395	n.s.
NUMERO DE PARTOS	2	2,2766	***
GRACIAL*NUPAR	2	0,3671	n.s.
VACA(CUAD*GRAC*NUPAR)	3	3,7356	***
PER(CUAD)	9	1,2838	***
NIVEL DE PULIDURA	3	6,0258	***
ERROR	21	0,3396	

C.V. = 5,99 %

Cuadro 5A. Análisis de varianza de la variable porcentaje de grasa en la leche

EFECTO	GL	CUADRADO MEDIO	SIG
CUADRADO	2	0,0381	n.s.
GRUPO RACIAL	2	0,0014	n.s.
NUMERO DE PARTOS	2	0,2340	**
GRACIAL*NUPAR	2	0,5239	***
VACA(CUAD*GRAC*NUPAR)	3	0,2164	***
PER(CUAD)	9	0,1117	n.s.
NIVEL DE PULIDURA	3	0,1176	n.s.
ERROR	21	0,0420	

C.V. = 5,87 %

Cuadro 6A. Análisis de varianza de la variable porcentaje de proteína en la leche

EFECTO	GL	CUADRADO MEDIO	SIG
CUADRADO	2	0,1536	***
GRUPO RACIAL	2	0,1376	***
NUMERO DE PARTOS	2	0,0537	***
GRACIAL*NUPAR	2	0,1412	***
VACA(CUAD*GRAC*NUPAR)	3	0,0261	*
PER(CUAD)	9	0,1280	***
NIVEL DE PULIDURA	3	0,0398	***
ERROR	21	0,0092	

C.V. = 3,07 %

Cuadro 7A. Análisis de varianza de la variable porcentaje de solidos totales en la leche

EFECTO	GL	CUADRADO MEDIO	SIG
CUADRADO	2	0,6894	***
GRUPO RACIAL	2	0,3847	*
NUMERO DE PARTOS	2	0,1119	n.s.
GRACIAL*NUPAR	2	1,0255	***
VACA(CUAD*GRAC*NUPAR)	3	0,9812	***
PER(CUAD)	9	0,4703	***
NIVEL DE PULIDURA	3	0,0314	n.s.
ERROR	21	0,0874	

C.V. = 2,44 %

Cuadro 8A. Análisis de varianza de la variable consumo de pasto de las vacas

EFEECTO	GL	CUADRADO MEDIO	SIG
CUADRADO	2	0,7760	***
GRUPO RACIAL	2	1,9571	***
NUMERO DE PARTOS	2	0,2075	n.s.
GRACIAL*NUPAR	2	0,7165	**
VACA(CUAD*GRAC*NUPAR)	3	0,2644	n.s.
PER(CUAD)	9	0,2457	n.s.
NIVEL DE PULIDURA	3	0,5638	**
ERROR	21	0,1285	

C.V. = 11,89 %

Cuadro 9A. Análisis de varianza de la variable consumo de poro de las vacas

EFEECTO	GL	CUADRADO MEDIO	SIG
CUADRADO	2	0,0151	*
GRUPO RACIAL	2	0,0045	n.s.
NUMERO DE PARTOS	2	0,0059	n.s.
GRACIAL*NUPAR	2	0,0836	***
VACA(CUAD*GRAC*NUPAR)	3	0,0338	***
PER(CUAD)	9	0,0126	***
NIVEL DE PULIDURA	3	0,0187	***
ERROR	21	0,0033	

C.V. = 12,62 %

Cuadro 10A. Análisis de varianza de la variable consumo total de materia seca de las vacas

EFEECTO	GL	CUADRADO MEDIO	SIG
CUADRADO	2	0,7477	**
GRUPO RACIAL	2	2,0602	***
NUMERO DE PARTOS	2	0,1400	n.s.
GRACIAL*NUPAR	2	0,3322	n.s.
VACA (CUAD*GRAC*NUPAR)	3	0,4858	*
PER(CUAD)	9	0,2742	n.s.
NIVEL DE PULIDURA	3	0,5710	**
ERROR	21	0,1339	

C.V. = 9,72 %

Cuadro 11A Análisis de varianza de la variable ganancia de peso de las vacas

EFEECTO	GL	CUADRADO MEDIO	SIG
CUADRADO	2	0,0036	n.s.
GRUPO RACIAL	2	0,1502	n.s.
NUMERO DE PARTOS	2	0,0400	n.s.
GRACIAL*NUPAR	2	0,0022	n.s.
VACA (CUAD*GRAC*NUPAR)	3	0,1035	n.s.
PER(CUAD)	9	0,3222	n.s.
NIVEL DE PULIDURA	3	0,1364	n.s.
ERROR	21	0,1911	

C.V. = 354,45 %

Cuadro 12A. Análisis de varianza de la variable concentración de ácidos grasos volátiles totales

EFFECTO	GL	CUADRADO MEDIO	SIG
PERIODO	3	18,2292	n.s.
NOVILLO	3	24,5625	n.s.
NIVEL DE PULIDURA	3	374,8958	***
ERROR	6	13,9792	

C.V. = 3,73 %

Cuadro 13A. Análisis de varianza de la variable proporción molar de ácido acético

EFFECTO	GL	CUADRADO MEDIO	SIG
PERIODO	3	4,1667	n.s.
NOVILLO	3	4,3333	n.s.
NIVEL DE PULIDURA	3	28,5000	*
ERROR	6	6,3333	

C.V. = 3,61 %

Cuadro 14A. Análisis de varianza de la variable
proporcion molar de acido propionico

EFEECTO	GL	CUADRADO MEDIO	SIG
PERIODO	3	7,4167	n.s.
NOVILLO	3	10,9167	n.s.
NIVEL DE PULIDURA	3	1,7500	n.s.
ERROR	6	4,9167	

C.V. = 12,23 %

Cuadro 15A. Análisis de varianza de la variable
proporcion molar de acido butirico

EFEECTO	GL	CUADRADO MEDIO	SIG
PERIODO	3	2,5625	n.s.
NOVILLO	3	4,5625	n.s.
NIVEL DE PULIDURA	3	22,7292	***
ERROR	6	1,1458	

C.V. = 8,78 %

Cuadro 16A. Análisis de varianza de la variable concentración ruminal de nitrógeno amoniacal

EFEECTO	GL	CUADRADO MEDIO	SIG
PERIODO	3	154,2311	**
ANIMAL	3	76,7235	*
NIVEL DE PULIDURA	3	11,3649	n.s.
ERROR (a)	6	16,6625	
TIEMPO	3	911,8870	***
TIEMPO*ANIMAL	9	16,6186	n.s.
TIEMPO*PERIODO	9	38,3053	**
TIEMP*NIVEL PULIDURA	9	16,2669	n.s.
ERROR (b)	18	11,5902	

C.V. (a) = 28,21 %

C.V. (b) = 23,53 %

Cuadro 17A. Análisis de varianza de la variable pH del licor ruminal

EFEECTO	GL	CUADRADO MEDIO	SIG
PERIODO	3	0,5077	**
ANIMAL	3	0,3068	**
NIVEL DE PULIDURA	3	0,0260	n.s.
ERROR (a)	6	0,0260	
TIEMPO	3	1,7527	***
TIEMPO*ANIMAL	9	0,0554	**
TIEMPO*PERIODO	9	0,1024	***
TIEMP*NIVEL PULIDURA	9	0,0235	n.s.
ERROR (b)	18	0,0124	

C.V. (a) = 2,64 %

C.V. (b) = 1,69 %

Cuadro 18A. Análisis de varianza de la variable tasa de pasaje en el reticulo rumen

EFEECTO	GL	CUADRADO MEDIO	SIG
PERIODO	3	0,0001	n.s.
ANIMAL	3	0,0001	n.s.
NIVEL DE PULIDURA			
LINEAL	1	0,0006	*
CUADRATICO	1	0,0001	n.s.
CUBICO	1	0,0001	n.s.
ERROR	6	0,0001	

C.V. = 19,78 %

Cuadro 19A. Análisis de varianza de la variable tasa de pasaje en el tracto posterior

EFEECTO	GL	CUADRADO MEDIO	SIG
PERIODO	3	0,0002	**
ANIMAL	3	0,0001	n.s.
NIVEL DE PULIDURA			
LINEAL	1	0,0006	**
CUADRATICO	1	0,0001	n.s.
CUBICO	1	0,0001	n.s.
ERROR	6	0,0001	

C.V. = 10,94 %

Cuadro 20A. Análisis de varianza de la variable tiempo de transito

EFEECTO	GL	CUADRADO MEDIO	SIG
PERIODO	3	4,6295	**
ANIMAL	3	0,1383	n.s.
NIVEL DE PULIDURA			
LINEAL	1	0,0056	n.s.
CUADRATICO	1	0,7736	n.s.
CUBICO	1	0,8501	n.s.
ERROR	6	1,2011	

C.V. = 23,43 %

Cuadro 21A. Análisis de varianza de la variable degradabilidad real de la materia seca del king grass

EFEECTO	GL	CUADRADO MEDIO	SIG
PERIODO	3	61,8510	*
ANIMAL	3	25,0552	n.s.
NIVEL DE PULIDURA			
LINEAL	1	84,1320	*
CUADRATICO	1	1,2377	n.s.
CUBICO	1	0,8504	n.s.
ERROR	6	7,7180	

C.V. = 6,28 %

Cuadro 22A. Análisis de varianza de la variable degradabilidad real de la materia seca de la pulidura de arroz

EFEECTO	GL	CUADRADO MEDIO	SIG
PERIODO	3	13,1535	n.s.
ANIMAL	3	11,6775	n.s.
NIVEL DE PULIDURA			
LINEAL	1	76,0477	**
CUADRATICO	1	0,4153	n.s.
CUBICO	1	0,6540	n.s.
ERROR	6	5,7315	

C.V. = 3,29 %

Cuadro 23A. Análisis de varianza de la variable degradabilidad real de la materia seca del follaje de poro

EFEECTO	GL	CUADRADO MEDIO	SIG
PERIODO	3	15,3785	**
ANIMAL	3	3,3930	n.s.
NIVEL DE PULIDURA			
LINEAL	1	19,6272	**
CUADRATICO	1	0,4547	n.s.
CUBICO	1	0,5928	n.s.
ERROR	6	1,0534	

C.V. = 2,32 %

Cuadro 24A. Análisis de varianza de la variable consumo de materia seca de pasto por los novillos

EFEECTO	GL	CUADRADO MEDIO	SIG
PERIODO	3	0,1419	**
ANIMAL	3	0,0433	*
NIVEL DE PULIDURA			
LINEAL	1	0,0601	*
CUADRATICO	1	0,0057	n.s.
CUBICO	1	0,0032	n.s.
ERROR	6	0,0062	

C.V. = 5,99 %

Cuadro 25A. Análisis de varianza de la variable consumo de la materia seca del follaje de poro

EFEECTO	GL	CUADRADO MEDIO	SIG
PERIODO	3	0,0076	n.s.
ANIMAL	3	0,0239	**
NIVEL DE PULIDURA			
LINEAL	1	0,0015	n.s.
CUADRATICO	1	0,0001	n.s.
CUBICO	1	0,0009	n.s.
ERROR	6	0,0020	

C.V. = 12,45 %

Cuadro 26A. Análisis de varianza de la variable consumo de materia seca total por los novillos

EFECTO	GL	CUADRADO MEDIO	SIG
PERIODO	3	0,1158	**
ANIMAL	3	0,0233	n.s.
NIVEL DE PULIDURA			
LINEAL	1	0,2462	**
CUADRATICO	1	0,0053	n.s.
CUBICO	1	0,0022	n.s.
ERROR	6	0,0087	

C.V. = 4,45 %

Cuadro 27A. Análisis de varianza de la variable ganancia diaria de peso de los novillos

EFECTO	GL	CUADRADO MEDIO	SIG
PERIODO	3	0,9891	n.s.
ANIMAL	3	0,1162	n.s.
NIVEL DE PULIDURA	3	0,3937	n.s.
ERROR	6	0,2172	

C.V. = 57,87 %