

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

RESPUESTA BIOLÓGICA A LA SUPLEMENTACION PROTEICA
Y ENERGETICA EN TORETES ALIMENTADOS CON RASTROJO
DE FRIJOL (Phaseolus vulgaris, L.)

TESIS SOMETIDA A LA CONSIDERACION DE LA COMISION DEL PROGRAMA CONJUNTO
DE ESTUDIOS DE POSGRADO EN CIENCIAS AGRICOLAS Y RECURSOS NATURALES DE LA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA Y EL CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE
INVESTIGACION Y ENSEÑANZA, PARA OPTAR AL GRADO DE:

Magister Scientiarum

ENRIQUE LOZANO ALVA

CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA
TURRIALBA, COSTA RICA

1978.

Esta tesis ha sido aceptada en su forma presente por la
Comisión de Estudios de Posgrado del Programa Conjunto
UCR-CATIE, como requisito parcial para optar
el grado de

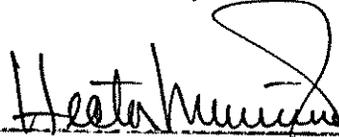
Magister Scientiae

JURADO:



Profesor Consejero

Manuel Ruiz, Ph.D.



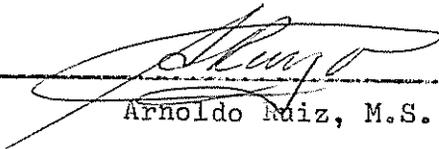
Miembro del Comité

Héctor Muñoz, Ph.D.



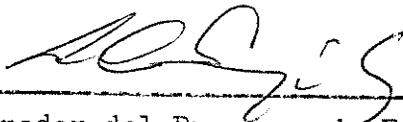
Miembro del Comité

Gerardo Budowski, Ph.D.



Miembro del Comité

Arnaldo Ruiz, M.S.



Coordinador del Programa de Estudios de Posgrado
en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales



Coordinador, Sistema de Estudios de Posgrado de
la Universidad de Costa Rica



Enrique Lozano Alva
Candidato

DEDICATORIA

A MI FAMILIA

A LOS PUEBLOS HERMANOS DE LATINOAMERICA QUE
LUCHAN POR SU SUPERACION

A MIS HERMANOS DEL CAMPO QUE TRABAJAN LA
TIERRA AÑORANDO UN MEJOR MAÑANA

A LOS MAESTROS QUE FORJAN EN SUS EDUCANDOS
EL DESARROLLO INTEGRAL DE LA PERSONA Y
HACEN DE ELLOS VERDADEROS LUCHADORES Y
RESPONSABLES DEL DESTINO DE SUS PUEBLOS

AGRADECIMIENTO

El autor desea expresar su agradecimiento:

Al Dr. Manuel Ruiz, Consejero Principal, a través de cuyo aporte se cristalizó el presente estudio;

Al Ing. Arnoldo Ruiz, cuyo apoyo constante representó un estímulo inmensurable;

A los miembros del Comité: Dr. Héctor Muñoz y Dr. Gerardo Budowski, por sus sugerencias y profunda revisión del presente trabajo;

Al Ing. Carlos Boschini e Ing. Manuel Quiroga por su valiosa ayuda en los análisis estadísticos;

A los trabajadores de campo, Nanrique Mora y Antonio Mora, con quienes compartí en el campo la responsabilidad en la conducción del presente estudio;

Al Instituto Interamericano de Cooperación Agrícola, Zona Sur, por su apoyo económico en la realización de mis estudios;

Al Centro Internacional para Investigación y Desarrollo CIID-Canadá, por el apoyo brindado en la ejecución de trabajos orientados hacia la mejora del pequeño productor.

BIOGRAFIA

El autor nació en Cajamarca, Perú.

Cursó sus estudios de Zootecnia en la Universidad Agraria del Norte, Lambayeque, Perú, obteniendo el grado de Ingeniero Zootecnista en 1970.

En Julio de 1976 ingresó al Programa de Posgrado del Convenio UCR-CATIE, donde obtuvo el grado de Magister Scientiae en Diciembre de 1978.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1 Producción y consumo de algunos rastrojos de leguminosas y cereales	3
2.2 Utilización de rastrojos suplementados con pro- teína	6
2.3 Utilización de rastrojos suplementados con energía	9
2.4 Retención y economía metabólica de los nutrien- tes	12
3. MATERIALES Y METODOS	14
3.1 Localización de los experimentos	14
3.2 Experimento PA-CIID 7806 - Retención de N y di- gestibilidad de raciones en base a rastrojo de frijol	15
3.2.1 Animales y su manejo	15
3.2.2 Tratamientos y diseño estadístico	16
3.2.3 Recolección de datos	17
3.2.4 Análisis estadístico	19
3.3 Experimento PA-CIID 7807 - Producción de carne en toretes alimentados a base de rastrojo de frijol, suplementados con proteína y energía ..	21
3.3.1 Animales y su manejo	21
3.3.2 Tratamientos y diseño estadístico	22
3.3.3 Recolección de datos	23
3.3.4 Análisis estadístico	24
3.3.5 Análisis económico	27
4. RESULTADOS	32
4.1 Experimento PA-CIID 7806 - Balance de N y diges- tibilidad aparente	32
4.1.1 Balance de N	32
4.1.2 Digestibilidad aparente	36

4.2	Experimento PA-CIID 7807	41
4.2.1	Consumo del rastrojo de frijol y MS total	41
4.2.2	Ganancia diaria de peso	43
4.2.3	Conversión del alimento a ganancia de peso	45
4.2.4	Relación entre la retención absoluta de N y ganancia de peso	48
4.2.5	Análisis económico	50
5.	DISCUSION	53
5.1	Aspectos biológicos sobre la utilización del rastrojo de frijol	53
5.1.1	Consumo de rastrojo de frijol y MS total	53
5.1.2	Ganancia de peso	56
5.1.3	Eficiencia biológica	58
5.2	Aspectos económicos sobre la utilización del ra rastrojo de frijol en la alimentación animal ..	59
5.3	Perspectivas sobre el desarrollo de subsistemas de alimentación a base de rastrojo de frijol ..	61
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	63
7.	RESUMEN	65
7a.	SUMMARY	67
8.	LITERATURA CITADA	69
9.	APENDICE	75

LISTA DE CUADROS

<u>TEXTO</u> <u>Cuadro Nº</u>	<u>Página</u>
1 Composición del suplemento protéico utilizado en ambas pruebas experimentales	16
2 Arreglo de tratamientos para la prueba de balance metabólico y producción de carne	17
3 Procedimiento de adaptación de los animales a la alimentación con rastrojo de frijol <u>ad libitum</u>	22
4 ANDEVA para ganancia de peso	24
5 Ganancia de peso (kg/animal/día) en toretes alimentados con rastrojo de frijol, suplementados con proteína y energía	45
6 Eficiencia de conversión de los alimentos a ganancia de peso	47
7 Análisis económico	51

LISTA DE CUADROS DEL APENDICE

1A Retención absoluta de N, g/100 kg PV/día	76
2A Retención total de N, % del N consumido	77
3A Retención total de N, % del N absorbido	78
4A Digestibilidad aparente de la proteína cruda	79
5A Digestibilidad aparente de la MS, %	80
6A Consumo de rastrojo de frijol, kg MS/100 kg PV/día	81
7A Consumo de MS total, kg/100 kg PV/día	82
8A Composición química de los alimentos utilizados en el experimento	83

<u>TEXTO</u>		<u>Página</u>
<u>Cuadro N°</u>		
9A	Precios de los alimentos del experimento	83
10A	Análisis de varianza para la retención absoluta de N	84
11A	ANDEVA para la retención de N, % del N consumido	84
12A	ANDEVA para la retención de N, % N absorbido	85
13A	ANDEVA para la digestibilidad de la PC	85
14A	ANDEVA para la digestibilidad de la MS	86
15A	ANDEVA para la ganancia de peso en la prueba de producción de carne	86

LISTA DE FIGURAS

Figura N ^o		<u>Página</u>
1	Retención absoluta de N en toretes alimentados con rastrojo de frijol, suplementados con proteína y energía	32
2	Efecto del consumo de PC total (Z) y melaza (X ₂) sobre la retención de N, % N consumido .	34
3	Relación entre el consumo de PC total (Z) y melaza (X ₂) con la retención de N, % N absorbido ²	35
4	Efecto del consumo de PC total (Z) y melaza (X ₂) sobre la digestibilidad de la PC	37
5	Efecto del consumo de PC total (Z) y melaza (X ₂) sobre la DMS	39
6	Efecto de los niveles de suplementación proteica (X ₁) y energética (X ₂) sobre el consumo de rastrojo de frijol y MS ² total	42
7	Relación de la PC suplementada (X ₁) y melaza (X ₂) con la ganancia de peso	44
8	Relación de la proteína y energía suplementada con la eficiencia de conversión de los alimentos	46
9	Relación entre la retención absoluta de N y la ganancia de peso	49

1. INTRODUCCION

Aunque el pasto constituye el recurso más barato y abundante en el trópico, su producción, por efectos del clima, aún bajo condiciones del trópico húmedo, experimenta grandes cambios en cantidad y calidad. Esta situación se presenta con mayor drásticidad en el trópico seco donde el crecimiento y disponibilidad de pasto son prácticamente nulos durante varios meses del año. Ante esta situación, el productor puede recurrir a una serie de alternativas que le permiten solucionar parcialmente este problema, evitando así pérdidas en la productividad. Una de estas alternativas es la utilización de subproductos y residuos de cosecha, como alimentos básicos para el animal.

Es práctica del pequeño productor que, paralelamente a la actividad ganadera, desarrolla algún tipo de actividad agrícola, caracterizada generalmente por la producción de granos básicos para autoconsumo y venta. De estos cultivos resulta un volumen considerable de rastrojos o residuos de cosecha de ninguna, o muy poca utilidad directa para el hombre, que bien podría ser utilizados en la alimentación animal. De los diferentes granos cultivados por el pequeño productor destacan las leguminosas de grano que ocupan un lugar predominante en la dieta del campesino latinoamericano.

En vista de lo anteriormente mencionado y de la necesidad

de desarrollar sistemas de alimentación animal basados principalmente en el uso de recursos disponibles en la misma finca, se desarrolló el presente trabajo con los siguientes objetivos:

- 1.- Evaluar la economía metabólica de animales alimentados a base de rastrojo de frijol, suplementados con diferentes niveles de proteína y energía.
- 2.- Estudiar el efecto de la suplementación protéica y energética sobre el consumo voluntario del rastrojo de frijol.
- 3.- Cuantificar la influencia de la suplementación protéica y energética sobre la ganancia de peso en toretes alimentados a base de rastrojo de frijol.
- 4.- Evaluar económicamente la producción de carne a base de rastrojo de frijol con cantidades variables de proteína y energía suplementarias.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Producción y consumo de algunos rastrojos de leguminosas y cereales

Son escasos los trabajos realizados acerca del uso del rastrojo de frijol en la alimentación de bovinos.

En un ensayo efectuado en Turrialba (56), destinado a conocer la aceptación, composición química y consumo voluntario del rastrojo de frijol, se estimó que los rendimientos de este cultivo varían entre 600 y 1200 kg de materia seca (MS)/ha, cuando se maneja como monocultivo, mientras que cuando se trata de un cultivo asociado el rendimiento disminuye a niveles entre 526 y 888 kg de materia seca/ha.

Los mismos autores encontraron que la composición física del rastrojo de frijol, en base seca, está constituido en un 55 por ciento de tallos y 45 por ciento de vainas con digestibilidades in vitro de 37,1 y 56,5 por ciento, respectivamente. También se informó de valores de 4.13 por ciento de proteína cruda y se observó que los animales aceptaban bien dicho rastrojo, registrándose consumos de 2,6; 2,7 y 3,0 kg de MS/100 kg PV/día, con raciones en que este residuo constituía el 98,1; 89,9 y 80,8 por ciento de la materia seca total, respectivamente. Dado que existe una alta correlación entre consumo y producción (21), se concluye que el rastrojo de frijol representa un componente promisorio para el

desarrollo de subsistemas de alimentación a nivel de pequeños productores.

Se ha obtenido respuestas similares con rastrojos de soya, encontrándose un consumo promedio de 2,46 kg MS/100 kg peso vivo y una digestibilidad in vitro de la materia seca de 56 por ciento (29). Estos resultados fueron superiores a los obtenidos para paja de cereales y otros forrajes de baja calidad (24, 15).

En otro ensayo llevado a cabo por Mulholland et al. (36), con cultivos de avena (Avena sativa), Lupino (Lupinus angustifolius) y guisante (Pisum sativum) se encontraron producciones de rastrojo de 6880, 3510 y 3350 kg MS/ha, respectivamente; una digestibilidad uniformemente baja (30 por ciento); pero la paja de leguminosa resultó consistentemente más alta en nitrógeno que la paja de avena (1,4 vs 0,77 por ciento). Aún subsanando la diferencia protéica, pareciera que los consumos de paja de cereales se mantienen bajos. Por ejemplo Owers et al. (44), trabajando con ovinos castrados, han estimado el consumo de paja de cereales, suplementados con proteína, en 1,84 kg de MS/día y una ganancia de peso diario de 265 g.

Ovejero y Javier (43), realizaron un estudio comparativo de 9 rastrojos de leguminosas en cuanto a sus caracterizaciones químicas y físicas. Rastrojos de lenteja (Lens esculenta, Monch), algarrobas (Vicia nomanthos, L.), almortas (Lathyrus sativus, L.), yeros (Ervilia sativa, L.), veza (Vicia sativa, L.), guisante (Pisum sativum, L.), garbanzos (Cicer arietinum, L.),

alubias (*Pheolus vulgaris*, L.) y habas (*Vicia faba*, L.) se caracterizaron por la presencia de vainas, tallos, hojas y algunas semillas. Consideraron los autores que su composición química es intermedia entre un heno de baja calidad y la paja de cereales, destacándose un elevado contenido de fibra cruda (32 a 44 por ciento), alto contenido de lignina (6 a 10 por ciento) y bajo contenido de proteína cruda (6 a 9 por ciento). En este mismo estudio se halló un contenido energético de 4,200 kcal de energía bruta, 2,352 kcal de energía digestible y 1,970 kcal de energía metabolizable/kg de MS. La energía digestible que pasa a ser metabolizable tiene un valor medio de 83,7 por ciento y la digestibilidad de la energía osciló alrededor de 56 por ciento. De los nueve rastrojos estudiados, el de garbanzo resultó ser el consumido con mayor avidez. Con base en la aceptación de los rastrojos de leguminosas y de sus contenidos de energía metabolizable, aparentemente es posible cubrir con éstos las necesidades energéticas de los ovinos (43).

Evaluable el rastrojo de diferentes variedades de frijol de palo (*Cajanus cajan*, L.), se encontró contenidos protéicos de 6 por ciento, variando la digestibilidad de la proteína cruda entre 50 y 57 por ciento. El consumo por ovinos de estos rastrojos varió entre 2,7 y 3,5 kg de MS/100 kg de peso vivo, dependiendo de la variedad del rastrojo (57).

En contraste con estos resultados, Patel y Shukla (45), en su estudio realizado, encontraron que el suministro de rastrojo

de frijol de palo (Cajanus cajan, L.) ocasionó pérdidas de peso corporal, reducción en el consumo de materia seca y depresión en la producción de leche. Indican que estos resultados pueden ser causados por algún principio tóxico o alguna sustancia no específica contenida en el rastrojo. Similarmente Jayal et al. (27), en contraron que al proporcionar rastrojo de la leguminosa mencionada, como único alimento para torques de 2 años de edad, se observó pérdidas de peso debido a un bajo consumo de proteína cruda y nutrientes digestibles totales.

2.2 Utilización de rastrojos suplementados con proteína

Los bajos consumos de materia seca observados en animales alimentados con rastrojos de escaso valor nutritivo, han sido asociados con un bajo contenido de nitrógeno del material (1, 4, 8), lo que conlleva una disminución en la actividad de los microorganismos del rumen y consecuentemente una disminución en la velocidad de paso de los alimentos (23, 25, 35, 40).

Se estima que la suplementación con proteína verdadera o con nitrógeno no protéico, HNP, a animales alimentados con forrajes de escaso valor nutritivo, mejora la ingestión de materia seca debido a un mejoramiento de la digestibilidad de la misma (6, 47). Se ha observado que el suministro de 75 a 150 g de urea por día aumentó el consumo de paja de avena en un 40 por ciento

y la digestibilidad in vivo de la materia orgánica aumentó de 41 a 50 por ciento de acuerdo con los resultados de Campling et al. (9).

Lyons et al. (34), encontraron que la suplementación protéica a ganado que recibía rastrojo de cereales incrementa significativamente la digestibilidad de la materia orgánica, fibra cruda y proteína cruda. Los mismos autores concluyeron que el bajo consumo de rastrojo, observado cuando el nivel de suplementación protéico fue bajo (100 g/animal/día) se debió a una deficiencia de dicho nutriente y que a niveles mayores de suplementación (400 g de proteína/animal/día) el consumo solo se vio limitado por la capacidad del tracto digestivo (34). Igualmente, informes de varios investigadores (16, 36, 42, 48, 62) indican que la urea, al ser adicionada a razón del 3 por ciento de la paja de cereales, más melaza, tienden a aumentar el consumo ad libitum de este material, como resultado de un aumento en la digestibilidad de la celulosa y mayor velocidad de paso del alimento a través del tracto digestivo.

En un trabajo sobre paja de arroz (16), se encontró que la suplementación con urea, como única fuente de nitrógeno, mejora la digestibilidad de la MS y de la fibra cruda, resultando en un incremento en el consumo de la paja de arroz de 48 por ciento. Se han obtenido resultados similares en cuanto a digestibilidad de la materia seca de la paja de arroz por Jackson (26), quien en ausencia de suplementación protéica encontró valores para la

digestibilidad entre 45 y 50 por ciento y consumos de MS inferiores al 2 por ciento del peso vivo.

El consumo y digestibilidad varía de acuerdo, al tipo de proteína que se suplementa (proteína verdadera vs. NNP). Así, en animales alimentados con heno de gramíneas, de bajo valor nutritivo, el aumento en la digestibilidad de la materia seca causa da por la suplementación protéica fue menor cuando la proteína verdadera fue sustituida por urea (1, 22, 32).

Trabajos efectuados con el fin de evaluar el efecto de la suplementación protéica en términos de ganancia de peso, demuestra claramente la ventaja de suplementar a animales cuya ración es en base a rastrojo de cereales. Jackson (26), encontró que alimentando vacunos con paja de arroz (3,2 por ciento de proteína cruda) o con paja de arroz más urea (6,6 por ciento de proteína cruda) se obtienen cambios de peso vivo de -0,12 y -0,01 kg/día, respectivamente; resaltando la ventaja del uso de la urea para evitar pérdidas excesivas de peso vivo. Otros estudios (15, 39, 63), indican que el uso de paja de arroz a razón de 25 a 35 por ciento de la dieta, la que además contenía tubérculos de camote, cáscaras de piña, harina de soya y urea, permiten alcanzar ganancias de peso de 0,46 a 0,82 kg/animal/día.

De igual modo, la utilización de rastrojos de cebada o trijo, en la alimentación de vacunos, suplementados adecuadamente con proteína, permiten lograr ganancias de peso de hasta 1,29 kg/animal/día (36, 61).

Ruiloba y Ruiz (53), utilizando animales Zebú alimentados con un nivel fijo de para de arroz (1,10 kg de MS/100 kg de peso vivo/día), diferentes niveles protéicos y diferentes niveles de sustitución de la harina de carne por urea, encontraron que la ganancia de peso aumenta conforme se incrementa el consumo de proteína cruda total pero disminuyó al aumentar la proporción de urea.

2.3 Utilización de los rastrojos suplementados con energía

Existe alguna información de que las pajas de cereales u otros cultivos sean deficientes en energía. Al respecto, Andrews et al. (2), suplementaron con varios niveles energéticos y protéicos a toretes alimentados con base a rastrojo de cereales, encontrando que con un nivel bajo de proteína (6,6 por ciento o menos) el consumo de baja resultó bajo para todos los niveles de suplementación energética; así mismo las ganancias de peso no mejoraron con el suministro de melaza. Se encontró, además, que a niveles mayores de proteína cruda, añadiendo melaza a razón de 5 y 9 g/kg de peso vivo, se redujo ligeramente el consumo pero se mejoraron las ganancias de peso.

Bajo un sistema de engorde en confinamiento, se estudió el efecto de diferentes niveles de energía (0,13, 0,40, 0,93, 1,33, 1,87 y 2,33 kg de melaza/100 kg de peso vivo/día) sobre la

respuesta en novillos de engorde. Los animales recibían caña de azúcar integral (ad libitum) y un suplemento protéico (225 g/100 kg de peso vivo) en el cual un 60 por ciento del nitrógeno provenía de la urea y la fracción restante de la harina de carne y hueso. Se encontró que el consumo de caña de azúcar disminuyó al aumentar el nivel de melaza suplementada, mientras que las ganancias de peso incrementaron de 0,416 a 0,969 kg/animal/día para los niveles mínimo y máximo de melaza, respectivamente (51).

Clark y Quinn (10), observaron que en ovinos alimentados con heno corriente de baja calidad, la administración suplementaria de melaza (12 por ciento) y urea (4 por ciento) resultó en un aumento en el consumo y menor pérdida de peso corporal.

Coombe (12), encontró que podía mantenerse el peso corporal de ovejas con una dieta de paja de avena (3 por ciento de proteína cruda) suplementada con melaza y urea. Con la paja de avena sola, las ovejas perdieron peso en un 20 por ciento en solo 7 semanas y la suplementación con melaza no produjo resultados en los aumentos de peso.

Más tarde, Coombe y Tribe (13), encontraron que la melaza reducía la digestibilidad de la paja de cereales dado a ovinos. Igualmente, se ha observado que la inclusión de sacarosa en una dieta de paja con urea, suministrada a ovinos, no ejercía efecto significativo sobre la ingestión ni la digestibilidad de la materia seca, la digestibilidad de la fibra bruta, la velocidad de paso de la ingesta, el balance nitrogenado y el peso corporal (20).

Beames (6), ha hecho notar que la ingestión ad libitum de melaza por ganado que pastorea, era muy variable y no producía aumentos de peso corporal mientras el ganado consumía pastos de baja calidad. Al respecto, otros autores (11, 17, 28, 39), han informado acerca de un aumento en la ingestión de forraje tosco cuando se a suplementado con melaza y urea, en tanto que el suministro de melaza sola no tiene efecto alguno sobre la ingestión voluntaria del alimento.

Estos últimos trabajos demuestran que la reducción observada en el consumo de pajas, es consecuencia de un agravamiento de la crítica relación entre proteína y energía del alimento y que su consumo mejora cuando ambos factores son corregidos.

La alimentación para producción, a base de paja de arroz y melaza requiere una suplementación protéica ya que de lo contrario la respuesta animal no alcanzaría niveles mayores a los de mantenimiento. Ruiz y Ruiloba (52), encontraron que animales alimentados con paja de arroz y melaza perdieron peso, en cambio la inclusión de proteína suplementaria permitió obtener incrementos de peso en una magnitud que dependió del nivel de proteína suplementaria y de la melaza. En dicho estudio se destaca también el hecho de que al aumentarse el nivel de melaza disminuye el consumo de paja de arroz.

2.4 Retención y economía metabólica de los nutrientes

La utilización de los nutrientes después de su absorción es notablemente similar en las distintas especies animales, a pesar de las grandes diferencias anatómicas del tracto digestivo (14).

Se ha llegado a la conclusión de que la eficiencia con que los rumiantes utilizan la urea depende de una serie de factores, tales como la cantidad de proteína verdadera en la dieta y de la calidad y cantidad de carbohidratos fácilmente fermentables (33).

En experimentos sobre balance de nitrógeno, en terneros, Bell et al. (7), encontraron que se produjo una mayor retención con una ración conteniendo almidones que con la dieta que contenía melaza de caña. Diversos investigadores (1, 8, 31, 35), han observado una disminución en la retención de N conforme se aumenta el nivel de urea en la ración. Así mismo, el efecto positivo de una fuente energética sobre un mejoramiento en la retención nitrogenada se ha confirmado en una serie de estudios (8, 48, 62).

Rosemberg y Flores (49), trabajando con ovinos castrados, para estudiar el efecto de un nivel bajo de melaza (25 por ciento) y un nivel alto (50 por ciento) sobre la retención de nitrógeno, encontraron que el nivel alto de melaza mejoró significativamente la retención del N (15,2 vs 51,0 g/animal/día), aunque tuvo un efecto depresor sobre la digestibilidad de la pared

celular.

Shultz et al. (59), al reemplazar el 10, 30, 50 y 70 del nitrógeno total por urea, en dietas para corderos alimentados con paja de arroz, encontraron retenciones de N de 28,6; 27,1; 27,8 y 31,4 por ciento para dichos tratamientos, respectivamente, sin encontrar diferencias significativas entre ellos.

3. MATERIALES Y METODOS

El presente estudio constó de dos experimentos, los cuales se realizaron en forma simultánea.

El primero de ellos, Experimento PA-CIID 7806, consistió en una prueba de balance metabólico con el propósito de evaluar in vivo la respuesta fisiológica de animales alimentados con rastrojo de frijol (Phaseolus vulgaris, L.) ad libitum suplementados con proteína y energía.

Las respuestas obtenidas en la prueba descrita anteriormente sirvieron para explicar los resultados del segundo experimento, PA-CIID 7807, consistente en una prueba de producción de carne utilizando el rastrojo de frijol y los mismos niveles de suplementación fijados para la prueba de balance metabólico.

3.1 Localización de los experimentos

Ambos experimentos se realizaron en la Finca Experimental del Programa de Producción Animal del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), en Turrialba, Costa Rica. El Centro está ubicado en una zona tropical húmeda, a 600 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura promedio de 22 grados centígrados, una precipitación pluvial de 2300 mm/año y

humedad relativa de 90 por ciento.

3.2 Experimento NO PA-CIID 7806 - Retención de nitrógeno y digestibilidad de raciones a base de rastrojo de frijol

3.2.1 Animales y su manejo

Se usaron 15 toretes Romo Sinuanos, con peso y edad pro medios iniciales de 150 kg y 12 meses, respectivamente.

El período pre-experimental consistió en dos fases de adaptación de los animales: La primera, de adaptación al confina miento, en jaulas de madera y al manejo respectivo. Durante esta fase se les suministró pasto verde, se desparasitaron interna y externamente y se disificaron con inyecciones de vitaminas A, D y E, según recomendaciones del NRC (37). Esta fase tuvo una dura ción de 15 días. La segunda fase fue de acostumbramiento a las respectivas raciones en estudio, durante el cual se redujo gradual mente el consumo de pasto verde, incrementando al mismo tiempo el suministro de rastrojo de frijol. En esta fase se adaptaron los animales al consumo de un suplemento energético (melaza de caña de azúcar) y un suplemento protéico, este último mostrándose en el Cuadro 1.

El suplemento protéico se combinó con la melaza (3,5% F.C.; 77,0% de M.S.; 3,29 Mcal de energía metabolizable por kg de

Cuadro 1. Composición del suplemento protéico usado en el período de adaptación ^{a/}

Ingredientes	Proporción (base al natural) %	PC %	MS %
Harina de carne y hueso	78,5	31,4	93,0
Urea	20,5	60,5	100,0
Harina de hueso	0,5	-	-
Sal común	0,5	-	100,0

^{a/} Contiene 91,9 por ciento de proteína cruda (PC), del cual el 60% se encuentra en forma de nitrógeno no protéico (NNP).

MS) en diferentes proporciones para proveer las cantidades de PC y melaza que conforman los tratamientos (Cuadro 2). El período de adaptación en su segunda fase (20 días) se realizó hasta obtener el consumo total de las raciones en estudio.

3.2.2 Tratamientos y diseño estadístico

Se aplicó el diseño irrestrictamente al azar, con dos variables y 5 niveles dentro de cada variable. El arreglo de tratamientos fue un factorial en una versión incompleta, según se presenta en el Cuadro 2, asignándose dos animales (repeticiones)

Cuadro 2. Arreglo de tratamientos para la prueba de balance metabólico (Experimento PA-CHID 7806)

		X_1	Proteína cruda suplementaria, g/100 kg PV				
			0	100	200	300	400
Melaza al natural kg/100 kg PV/día	0,0	I		II		III	
	0,5		IV		V		
	1,0	VI		VII		VIII	
	1,5		IX		X		
	2,0	XI		XII		XIII	

por tratamiento. Es decir, como solo se contaba con 15 animales todo el diseño se tuvo que realizar en dos etapas completas de recolección de datos, reasignándose los animales a los nuevos tratamientos en la segunda etapa.

El rastrojo de frijol, agua fresca y minerales trazas se ofrecieron ad libitum.

3.2.3 Recolección de datos

Se pesaron los animales al inicio de la etapa de recolección, con el propósito de calcular las cantidades de melaza y

proteína cruda suplementarias a ser ofrecidas según tratamientos. La proteína cruda estuvo compuesta en un 60 por ciento por N proveniente de la urea y, el resto del N provenía de la harina de carne. Se tomaron datos de consumo de rastrojo de frijol, lo cual se calculó por diferencia entre lo ofrecido y el rechazo, lo que permitió efectuar los cálculos de consumo total de nitrógeno (g/animal/día) y el consumo de materia seca, kg/animal/día.

La producción total de orina y heces fue medida diariamente y se tomaron muestras compuestas (58) para la determinación de N por el método macrokjeldhal y su contenido de humedad por deshidratación al vacío (5). Con estos análisis se calculó la excreción total de N, g/100 kg PV/día, la segregación de este en N urinario y N fecal (g/100 kg PV/día) y la excreción de materia seca en las heces (kg/100 kg PV/día).

Haciendo uso de estos datos y de los datos de consumo de MS y PC total, se calculó la retención diaria de N, la digestibilidad de la proteína cruda y la digestibilidad de la materia seca, expresados en los siguientes parámetros:

- Retención absoluta de N, g/100 kg PV/día:

$$\frac{N \text{ consumido} - g (N \text{ heces} + N \text{ orina})}{\text{Peso del animal, kg}}$$

- Retención total de N, % del N consumido:

$$\frac{N \text{ consumido} - \text{Excreción total de N}}{N \text{ consumido}} \times 100$$

- Retención total de N, % del N absorbido:

$$\frac{N \text{ consumido} - \text{Excreción total de N}}{N \text{ consumido} - N \text{ heces}} \times 100$$

- Digestibilidad de la proteína cruda: %

$$\frac{N \text{ consumido} - N \text{ heces}}{N \text{ consumido}} \times 100$$

- Digestibilidad de la materia seca: %

$$\frac{M. S. \text{ Total consumida} - M.S. \text{ heces}}{M. S. \text{ Total consumida}} \times 100$$

3.2.4 Análisis estadístico

Tratándose de un experimento de balance metabólico, se consideró esencial calcular el consumo real de proteína cruda total. Es decir convertir la variable X_1 (F.C. suplementaria) a una variable Z (proteína cruda total consumida). Para ese fin se realizó una asociación entre ambas variables según la función

$$Z = b_0 + b_1 X_1$$

Donde:

Z = Proteína cruda total consumida, g/100 kg PV/día

X_1 = P.C. suplementaria, g/100 kg PV/día

b_0 = Valor de Z cuando $X_1 = 0$

b_1 = Coeficiente de regresión

Los datos obtenidos fueron analizados por regresión con

el propósito de detectar tendencias y determinar la función matemática que mejor las describa, siendo todas estas funciones emanadas de un modelo polinomial de segundo grado, eliminándose aquellos coeficientes que no resultaran ser significativos.

Consecuentemente el modelo guía fue:

$$Y_i = b_0 + b_1 Z + b_2 X_2 + b_{11} Z^2 + b_{22} X_2^2 + b_{12} ZX_2$$

Donde:

Y_i = Retención absoluta de N (Y_1 = g/100 kg PV/día;

Y_2 = % del N consumido; Y_3 = % del N absorbido),

% digestibilidad aparente de la materia cruda

(Y_4), % de digestibilidad de la materia seca (Y_5)

X_2 = Niveles de melaza al natural, kg/100 kg PV/día

Z = Consumo de P.C. total, g/100 kg PV/día

b_0 = Valor de Y cuando Z y $X_2 = 0$

b_i = Coeficientes de regresión

También se llevó a cabo un análisis de varianza, según el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = M + A_i + B_j + (A_i B_j) + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Una observación en el tratamiento ij

M = Media general

A_i = Efecto del nivel i de proteína cruda consumida,
 $i = 1, 2, 3, 4, 5$

B_j = Efecto del nivel j de melaza, $j = 1, 2, 3, 4, 5$

$(A_i B_j)$ = Efecto de la interacción

E_{ijk} = Error experimental, $k = 1, 2, 3, \dots, 15$

3.3 Experimento N° PA-CIID 7807 - Producción de carne con toretos alimentados a base de rastrojo de frijol y su- plementos protéicos y energéticos

3.3.1 Animales y su manejo

En el presente ensayo se contó con un total de 52 toretes, con un peso inicial promedio de 286 kg y edad inicial de 28 meses, pertenecientes a las razas Romo Sinuano, Brahaman, sus cruces recíprocos y cruces con Charolais. Previo al experimento, dichos animales fueron desparasitados interna y externamente, inyectados con vitaminas A, D y E, y sometidos a una fase de acostumbramiento al confinamiento y al consumo de rastrojo de frijol, de acuerdo al Cuadro 3.

Durante esta fase, la proteína cruda y energía suplementarias se suministraron en cantidades de 1,0 kg de melaza; 20,5 g de urea y 78,5 g de harina de carne y hueso/100 kg FV/día. Cumplido el noveno día, se pesaron los animales y se distribuyeron

Cuadro 3. Procedimiento de adaptación de los animales a la alimentación con rastrojo de frijol ad libitum

Días	Horas de pastoreo
0 - 2	12
3 - 5	8
6 - 8	4
9 en adelante	0

al azar entre los tratamientos (Cuatro animales por tratamiento), iniciándose otra fase de adaptación al consumo de los suplementos, ya descritos en la prueba de balance metabólico (Cuadro 2 y texto). Una vez concluida esta segunda fase se dio inicio al período experimental, el cual tuvo una duración de 90 días.

3.3.2 Tratamientos y diseño estadístico

Se empleó un diseño irrestrictamente al azar, con dos variables y 5 niveles dentro de cada una de ellas. El arreglo de tratamientos correspondió a un factorial en una versión incompleta, tal como se muestra en el Cuadro 2.

3.3.3 Recolección de datos

Los animales fueron pesados al inicio del experimento, cada 14 días y al final del período (90 días). Estos datos sirvieron para efectuar los reajustes de los suplementos de acuerdo al programa de alimentación, ya que este se hizo en una proporción constante al peso corporal, según lo indicado en el Cuadro 2. También sirvieron para la estimación de la ganancia diaria de peso vivo, por regresión lineal del peso sobre el tiempo experimental transcurrido, según el modelo:

$$Y = a + bX$$

Donde:

Y = peso del animal, kg

a = peso inicial, kg

b = ganancia de peso, kg/día

X = tiempo transcurrido, días

Diariamente se registraron las cantidades suministradas y rechazadas de rastrojo de frijol a través de las cuales se calculó el consumo diario por tratamiento.

3.3.4 Análisis de la información

El análisis de varianza (ANDEVA) para ganancia de peso, se realizó en la forma indicada en el Cuadro 4 (3).

Cuadro 4. ANDEVA para ganancia de peso a/

	GL
Tratamientos	11
Proteína	4
Melaza	4
Proteína/Melaza	3
Error	36
TOTAL	47

a/ Por problemas de sanidad, los que se juzgaron no relacionados a efectos de tratamiento, se perdió el tratamiento III (vease el Cuadro 2), razón por la cual el ANDEVA muestra solo 47 grados de libertad en el total.

También se llevaron a cabo análisis de regresión entre los niveles de proteína (X_1) y melaza (X_2), vs. la ganancia de peso respectiva (Y_3), consumo de materia seca del rastrojo (Y_6) y consumo de materia seca total (Y_7), según las siguientes funciones:

$$Y_6 \text{ ó } Y_8 = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_{11} X_1^2 + b_{12} X_1 X_2$$

Donde:

Y_6 = Consumo de MS del rastrojo, kg/100 kg de PV/día

Y_8 = Ganancia de peso, kg/animal/día

X_1 = Niveles de proteína suplementaria, g/100 kg PV/día

X_2 = Niveles de melaza suplementaria, kg/100 kg PV/día

b_0 = Valor de Y_8 cuando X_1 y $X_2 = 0$

b_i = Coeficientes de regresión

El consumo de la materia seca del rastrojo de frijol fue analizada con la misma función.

El consumo de materia seca total, se analizó según la función:

$$Y_7 = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2$$

Donde:

Y_7 = Consumo de materia seca total, kg/100 kg PV/día

X_1 = Niveles de proteína cruda suplementada, g/100 kg PV/día

X_2 = Niveles de melaza suplementada, kg/100 kg PV/día

b_0 = Valor que toma Y_7 cuando X_1 y $X_2 = 0$

b_i = Coeficientes de regresión

La eficiencia de la conversión del alimento a ganancia de peso fue calculada mediante la siguiente relación:

$$Y_9 = \frac{\text{Ganancia diaria de peso, kg/animal/día}}{\text{Consumo MS total, kg/animal/día}} = \frac{100 Y_8}{Y_7(286 + 45Y_8)}$$

Donde:

286 = Peso promedio inicial de los animales, kg

45 = Días transcurridos hasta la mitad del experimento

Con el propósito de integrar los resultados de la prueba de balance metabólico con la de producción, se generaron una serie de predicciones de ganancia de peso, utilizando la función Y_8' , donde se usa el término Z (consumo de proteína cruda total), según se indica a continuación:

$$Y_8' = b_0 + b_1Z + b_2X_2 + b_{11}Z^2 + b_{12}ZX_2$$

Donde:

Y_8' = Ganancia de peso, kg/animal/día

Z = Consumo de proteína cruda total, g/100 kg FV/día

X_2 = Consumo de melaza al natural/100 kg PV/día

b_i = Coeficientes de regresión

Las generaciones de los valores de Y_3' se hizo manteniendo un valor constante de X_2 (2,0 kg de melaza al natural/100 kg PV/día).

Paralelamente, con los mismos valores de Z se produjeron una serie de valores de retención de N, según la función Y_1 indicada en el inciso 3.2.4, para la retención absoluta de N, g/100 kg PV/día. Los dos juegos de datos (las ganancias diarias de peso estimadas con Y_3' y las retenciones de N) se asociaron mediante la siguiente función:

$$Y_3'' = b_0 + b_1 Y_1$$

Donde:

Y_3'' = Ganancia de peso estimado, kg/animal/día

Y_1 = Retención absoluta de N, g/100 kg PV/día

b_0 = Ganancia de peso cuando el animal no realiza retención de N

b_1 = Magnitud de aumento en la ganancia de peso por cada unidad de retención de N

3.3.5 Análisis económico

Con el propósito de realizar este análisis, se calculó el ingreso neto mediante la siguiente función ().

$$IN = IB - CT$$

donde:

IN = Ingreso neto, CR \$/animal/día

IB = Ingreso bruto, CR \$/animal/día

CT = Costo total, CR \$/animal/día

Tomando como base la función Y_g , la cual predice la ganancia de peso, en función de ambos niveles de suplementación, e introduciendo en ella el precio de la carne (Cuadro 9A), se obtuvo una función que permite calcular el ingreso bruto. De esta manera, el ingreso bruto se puede calcular según la siguiente ecuación:

$$IB = Pc(Y_g)$$

donde:

IB = Ingreso bruto, CR \$/animal/día

Pc = Precio de la carne, CR \$/kg en pie

Y_g = Ganancia de peso, kg/animal/día

Por otro lado, los costos totales se calcularon mediante la siguiente relación:

$$CT = CF + CV$$

CT = Costos totales, CR \$/animal/día

CF = Costos fijos, CR \$/animal/día

CV = Costos variables, CR \$/animal/día

En vista de que bajo condiciones de engorda intensiva, únicamente son los costos de alimentación los que varían, ya que todos los otros costos tienden a permanecer constantes para todos los animales, se agrupó como costos fijos aquellos costos que, siendo variables en su naturaleza, en este estudio permanecieron constantes para todos los tratamientos. Bajo CF se incluye también un costo constante para el consumo del rastrojo de frijol a pesar que, como se verá más adelante, este alimento se consumió en cantidades cambiantes de acuerdo al nivel de X_1 y X_2 . Esta generalización (es decir un costo de rastrojo igual para todos los tratamientos) se hizo con el fin de evitar soluciones complejas en el análisis económico, por los modelos matemáticos escogidos. El error al hacer esta generalización se considera bajo, especialmente por el bajo costo del rastrojo.

Para el cálculo del costo de alimentación se consideró como peso de los animales el alcanzado a mitad del experimento (305 kg).

Tomando en consideración el precio de los suplementos, el cual se presenta en el Cuadro 9A, los costos de alimentación se calcularon con la siguiente fórmula:

$$CA = 3,05(P_p X_1 + P_m X_2)$$

Integrando todo esto en la función de ingreso neto, se

genera la siguiente ecuación que permite conocer el ingreso neto a cualquier nivel de suplementación y a cualquier precio de los insumos y del producto.

$$IN = Pc(Y_g) - 3,05(P_p X_1 + P_m X_2) - CF$$

donde:

IN = Ingreso neto, CR \$/animal/día

Pc = Precio de la carne, CR \$/kg en pie

X₁ = Niveles de suplementación protéica, g/100 kg PV/día

X₂ = Niveles de suplementación energética, kg/100 kg
PV/día

$$3,05 = \frac{\text{Peso promedio de los animales a mitad del experimento}}{100}$$

Pp = Precio del suplemento protéico, CR \$/g de PC

Pm = Precio del suplemento energético, CR \$/kg al natural

CF = Los costos considerados como costos fijos

El cálculo del nivel de suplementación protéica, para cada uno de los niveles experimentales de melaza, que produce el máximo ingreso neto (MIN), se realizó obteniendo la primera derivada de la función IN, igualando esta a cero y despejando la X correspondiente.

4. RESULTADOS

4.1 Experimento Nº PA-CIID 7806 - Balance de N y digestibilidad aparente

4.1.1 Balance de N

Los resultados de retención de N se presentan en los Cuadros 1A, 2A y 3A, expresados como retención absoluta, en relación al N consumido y al N absorbido, respectivamente.

Los respectivos análisis de varianza (Cuadros 10A, 11A 12A) mostraron diferencias significativas entre tratamientos, por efecto del nivel protéico, sobre los tres parámetros seleccionados. La melaza también afectó significativamente la retención de N, expresada como porcentaje del N absorbido y la retención absoluta del N. La interacción proteína x melaza mostró ser altamente significativa para la retención relativa del N absorbido.

El análisis de regresión llevado a cabo indica la forma en que la retención de N fue afectada por las variables independientes.

El análisis de regresión para la retención absoluta de N, concordó con lo encontrado para el análisis de varianza en lo que respecta a los efectos de la proteína y melaza, siendo, la función que describe dichas relaciones la siguiente:

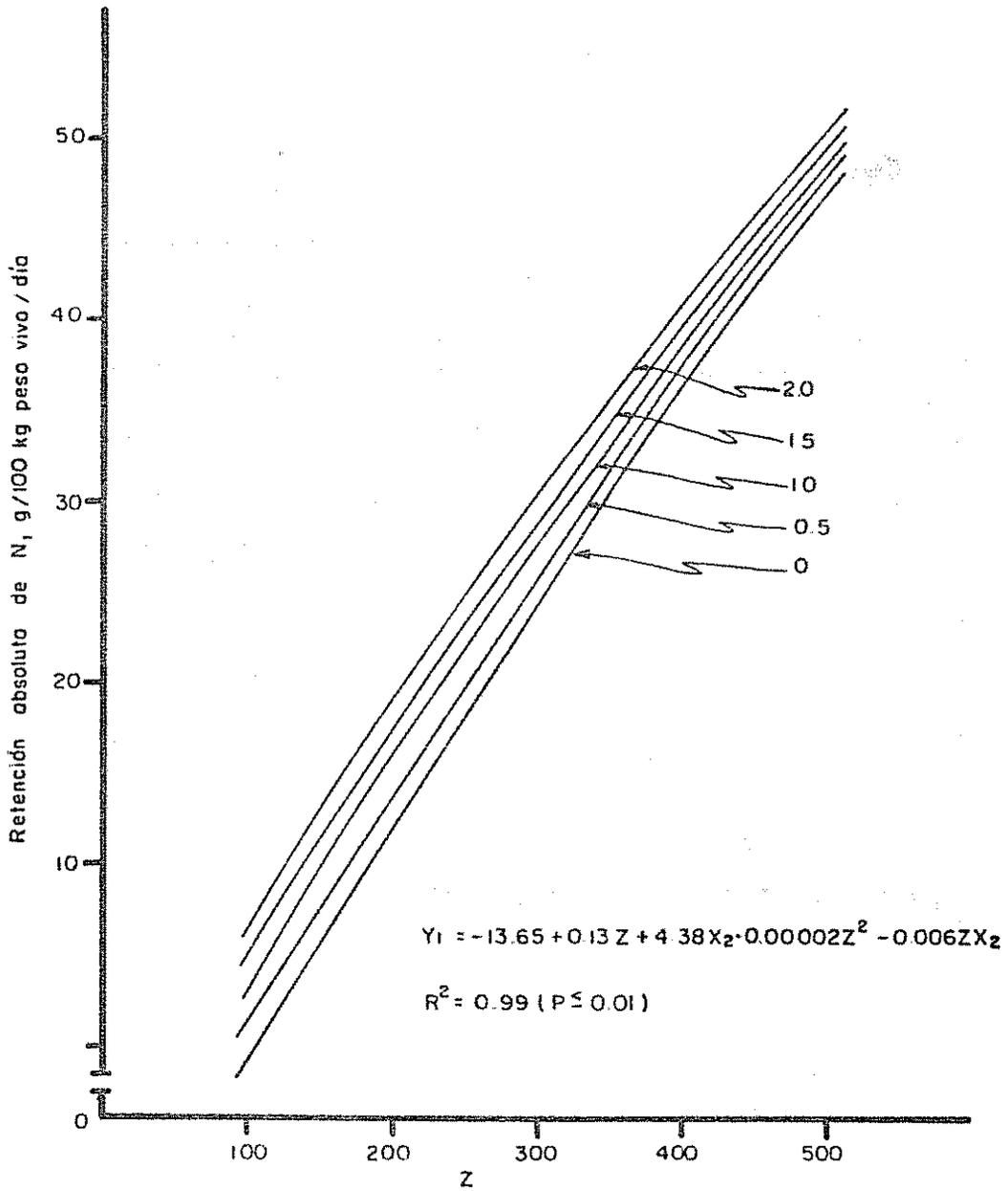


Fig.1 Efecto del consumo de PC total (Z), g/100kg PV/día y de melaza al natural, kg/100 kg PV/día, sobre la retención de N de animales alimentados a base de rastrojo de frijol

$$Y_1 = -13,65 + 0,13Z + 4,38X_2 - 0,00002Z^2 - 0,006ZX_2$$

$$R^2 = 0,99 \quad (P \leq 0,01)$$

Esta función se muestra en la Figura 1. En esta se nota la dominancia del efecto lineal tanto de la PC total consumida como de la melaza. Donde también es evidente la pequeña influencia de la interacción. Comparativamente, la proteína tiene un efecto más grande sobre la retención de N que la melaza, especialmente si se toma en cuenta que Z está expresada en gramos, mientras que X_2 está dada en kg, ambos por cada 100 kg PV/día.

Con el mismo modelo matemático se obtuvieron las regresiones de N retenido en relación al N consumido (Y_2) y en relación al N absorbido (Y_3). Las funciones correspondientes siguen a continuación:

$$Y_2 = -14,36 + 0,21Z + 9,37X_2 - 0,0002Z^2 - 0,026ZX_2$$

$$R^2 = 0,93 \quad (P \leq 0,01)$$

$$Y_3 = -11,13 + 0,23Z + 17,08X_2 - 0,0002Z^2 - 0,041ZX_2$$

$$R^2 = 0,86 \quad (P \leq 0,01)$$

La primera función se expresa gráficamente en la Figura 2; mientras que la otra aparece en la Figura 3. Dada la alta similitud entre ambas, la descripción que sigue es explicable en gran medida a ambas Figuras. Principalmente en concordancia al

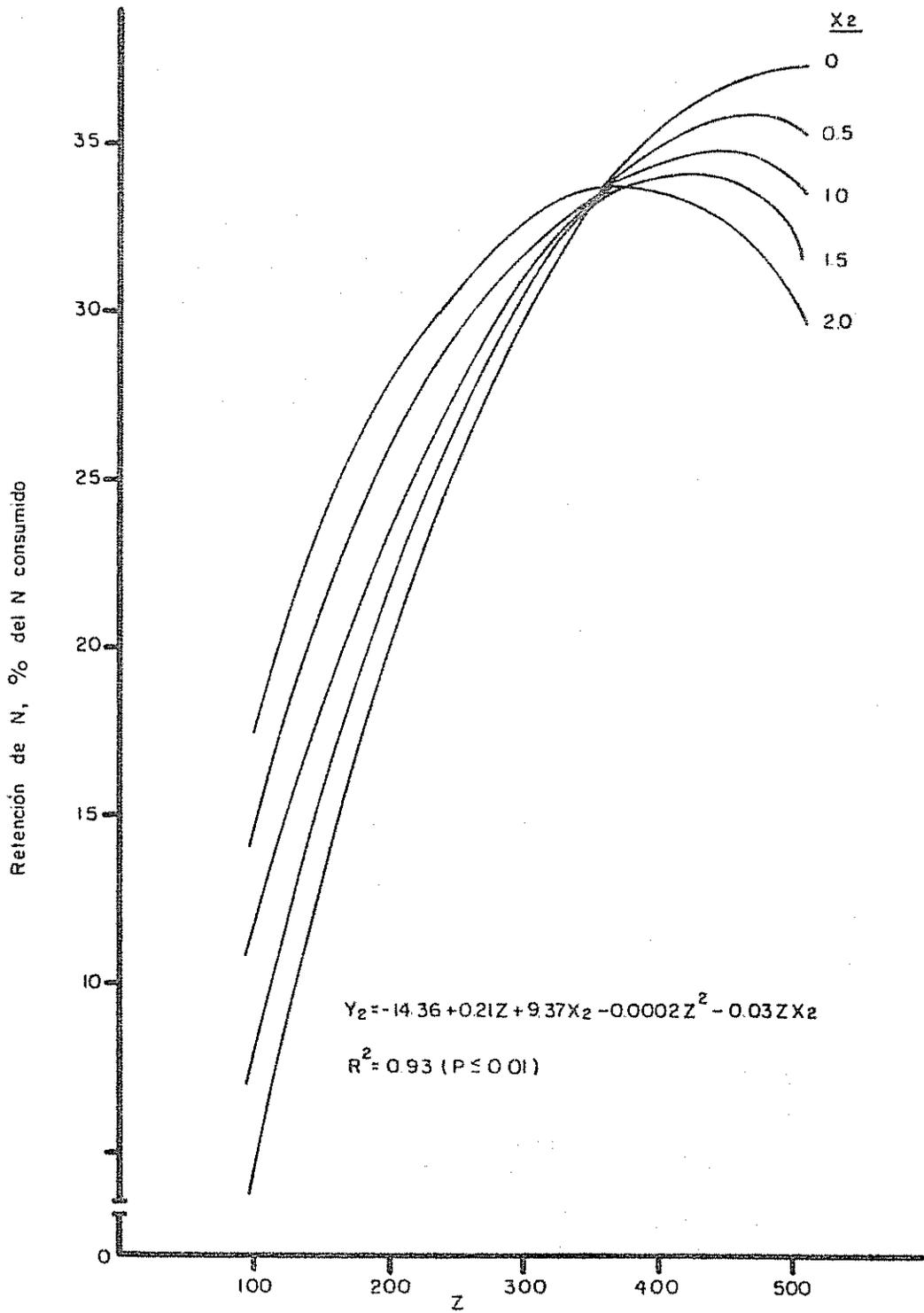


Fig. 2 Efecto del consumo de PC total (Z) y del nivel de melaza suplementaria (X₂) sobre la retención de N, relativa al N consumido, en animales alimentados a base de rastrojo de frijol

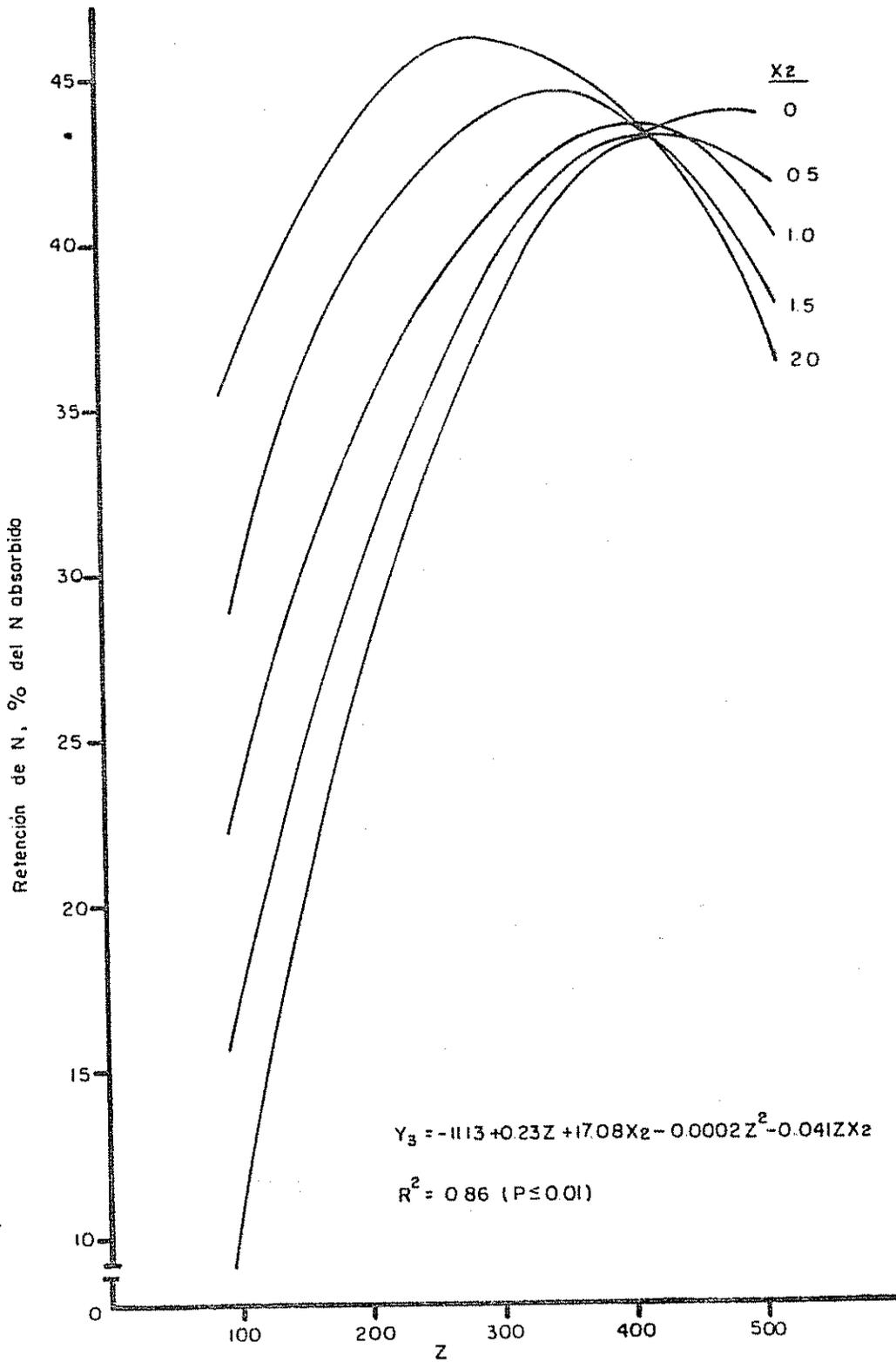


Fig 3 Retención de N, relativo al N absorbido, dependiendo del nivel Z (PC consumida, g / 100 kg PV/ día) y del nivel X2 (melaza al natural, kg / 100 PV/ día)

modelo matemático, el efecto de la melaza sobre la retención relativa de N es lineal y positiva, exceptuando el caso cuando el nivel de proteína cruda consumida se acerca a 365 g/100 kg PV/día en el caso de Y_2 ó a 420 g/100 kg PV/día en el caso de Y_3 , punto en el cual el nivel de melaza parece no importar sobre la retención relativa del N. Las respuestas a los niveles de proteína cruda consumida son cuadráticas y después que se alcanza el valor de $Z = 365$ g/100 kg PV/día en el caso de Y_2 , ó 420 g para el caso de Y_3 , existe una reversión del efecto de la melaza sobre la retención relativa del N.

Es singular la observación que las máximas retenciones de N, relativas al N consumido, se alcanzan después del nivel de 365 g/100 kg PV/día (con la excepción del nivel $X_2 = 2,0$ kg); sin embargo en el caso de las retenciones de N relativas al N absorbido, en presencia de melaza, todas las máximas se obtienen antes de alcanzar el valor de 420 g de proteína cruda consumida/100 kg PV/día.

4.1.2 Digestibilidad aparente

Los datos sobre digestibilidad aparente de la proteína cruda (DFC) y de la materia seca (DMS), se presentan en los Cuadros 4A y 5A, respectivamente.

El análisis de varianza para la digestibilidad de la

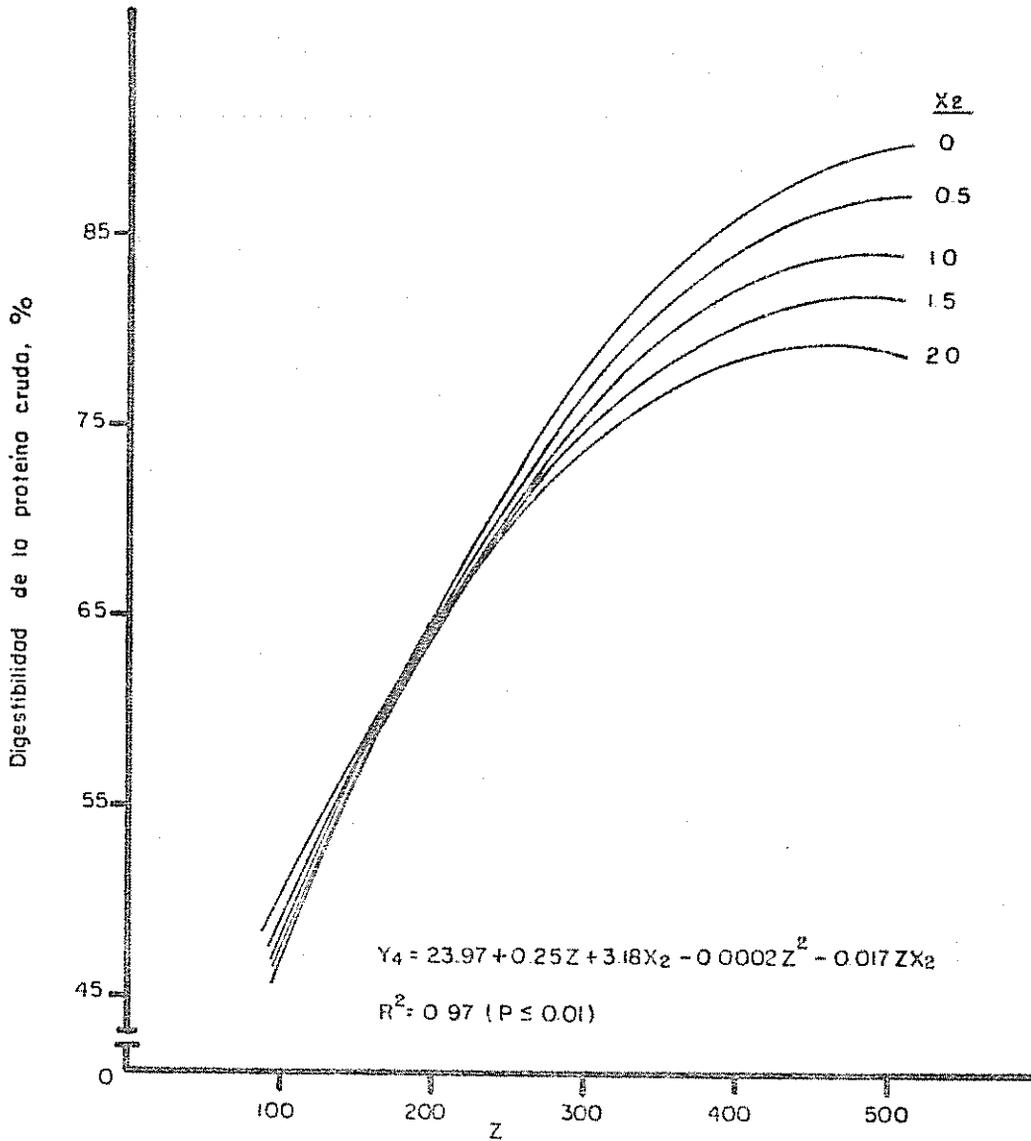


Fig. 4 Digestibilidad de la PC en función del nivel de Z (PC consumida) y X2 (melaza al natural, kg/100 kg PV/día) en animales alimentados a base de rastrojo de trijol

proteína cruda mostró diferencias altamente significativas ($P \leq 0,01$), entre tratamientos, debido al nivel de proteína cruda y melaza consumida y la interacción de ambas variables.

Para el caso de la digestibilidad de la MS, el análisis de varianza detectó un efecto significativo ($P \leq 0,05$) de la proteína consumida y altamente significativo ($P \leq 0,01$) en cuanto al efecto de la melaza. Los análisis de varianza para la DPC y de la DMS se presentan en los Cuadros 13A y 14A, respectivamente.

El análisis de regresión para la DPC confirmó el análisis de varianza y muestra la forma en que afectó el consumo de PC total y de la melaza los parámetros de digestibilidad. Se encontró que la proteína tiene un efecto beneficioso sobre la DPC, pero llega a adquirirse un valor máximo, dependiendo del nivel de melaza; después del cual, la relación entre el nivel de proteína y la digestibilidad de la misma se torna inversa. Con respecto a la melaza, los efectos solo se manifiestan a niveles de PC consumida superiores a 200 g/100 kg PV/día. A partir de este punto, hay un decaimiento de la DPC con incrementos en el nivel de melaza, a pesar que la función tiene un coeficiente lineal positivo para el término X_2 (nivel de melaza).

La razón de esta aparente contradicción la constituye el término de la interacción, por ser negativa.

La función que corresponde a estas observaciones y que se grafica en la Figura 4 es:

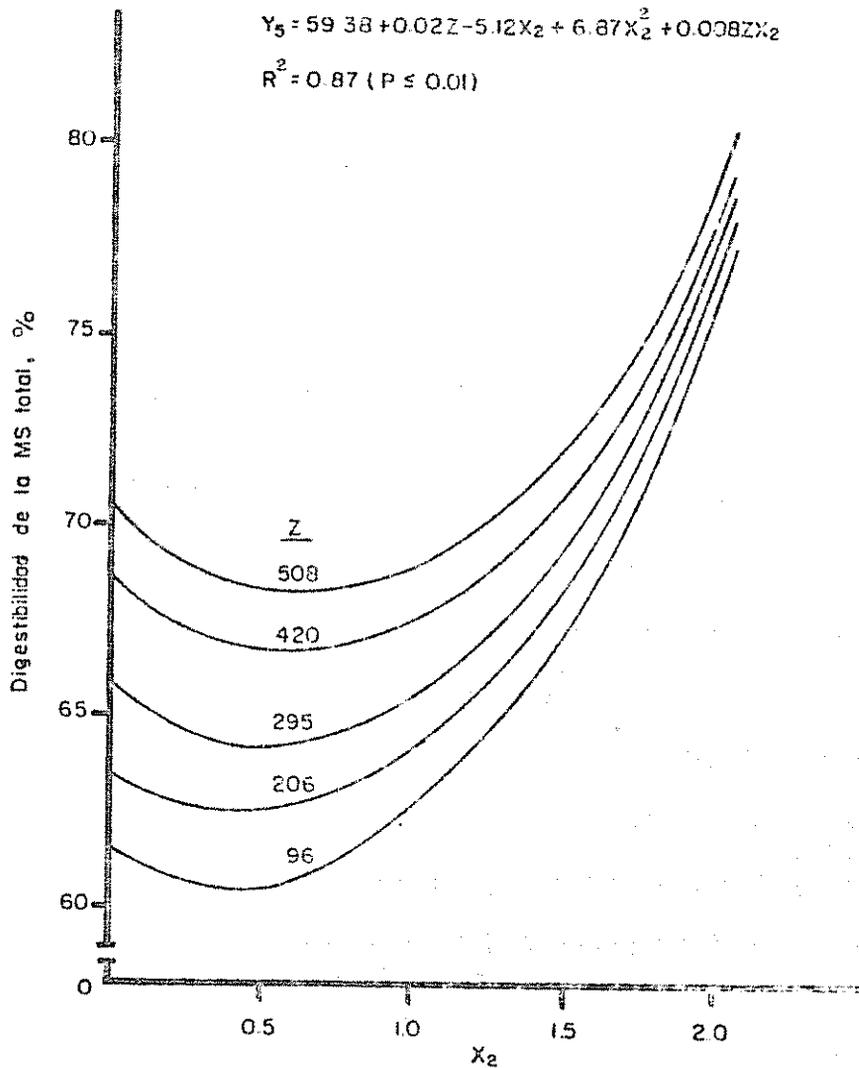


Fig. 5 Digestibilidad de la MS de raciones a base de rastrojo de frijol en relación al consumo de PC total (Z) y melaza suplementaria (X_2)

$$Y_4 = 23,97 + 0,25Z + 3,18X_2 - 0,0002Z^2 - 0,01ZX_2$$
$$R^2 = 0,97 \quad (P \leq 0,01)$$

En contraste a lo obtenido para la digestibilidad de la PC, el análisis de regresión para la DMS mostró un efecto significativo lineal ($P \leq 0,05$) de la proteína cruda consumida y un efecto cuadrático y altamente significativo ($P \leq 0,01$) de la melaza. Dichos efectos se cuantifican en la siguiente función:

$$Y_5 = 59,38 + 0,023Z - 5,12X_2 + 6,87X_2^2 - 0,008ZX_2$$
$$R^2 = 0,87 \quad (P \leq 0,01)$$

Gráficamente (Figura 5), se observa claramente que la digestibilidad de la MS mejora a medida que el nivel de melaza supera un valor aproximado de 0,5 kg/100 kg PV/día. Con niveles bajos de melaza, diferencias en el consumo de PC total se manifiestan en claras diferencias en la DMS, sin embargo a medida que el nivel de melaza aumenta, la influencia del nivel de PC consumida se hace cada vez menos discernible, aunque se mantiene una relación positiva entre el nivel de Z (PC consumida) y el grado de digestibilidad de la MS.

4.2 Experimento N^o PA-CIID 7807 - Producción de carne en
toretos alimentados con rastrojo de frijol, suplementa-
dos con proteína y energía

4.2.1 Consumo del rastrojo de frijol y materia seca total

Los datos para consumo de materia seca de rastrojo de frijol y consumo de materia seca total, se muestran en los Cuadros 6A y 7A, respectivamente. Dado que en este experimento la alimentación no se realizó en forma individual, sino más bien por grupo, no se realizó un análisis de varianza para estos parámetros. Se encontró que tanto la proteína como la melaza suplementaria causaron una disminución en el consumo de rastrojo, pero solamente el efecto de la melaza resultó ser significativo ($P \leq 0,05$).

El consumo promedio observado fue de 2,32 kg de MS del rastrojo/100 kg PV/día y la función que sigue describe la variación y tendencias en el consumo de este residuo:

$$Y_6 = 2,63 - 0,0009X_1 - 0,15X_2 + 0,000006X_1^2 + 0,0000X_1X_2$$
$$R^2 = 0,89 \quad (P \leq 0,01)$$

En cuanto al consumo de materia seca total, debido a que los niveles de proteína y melaza fueron cada vez incrementándose, ambos suplementos tuvieron efectos positivos y altamente significativos ($P \leq 0,01$) e independientes, sobre el consumo, como

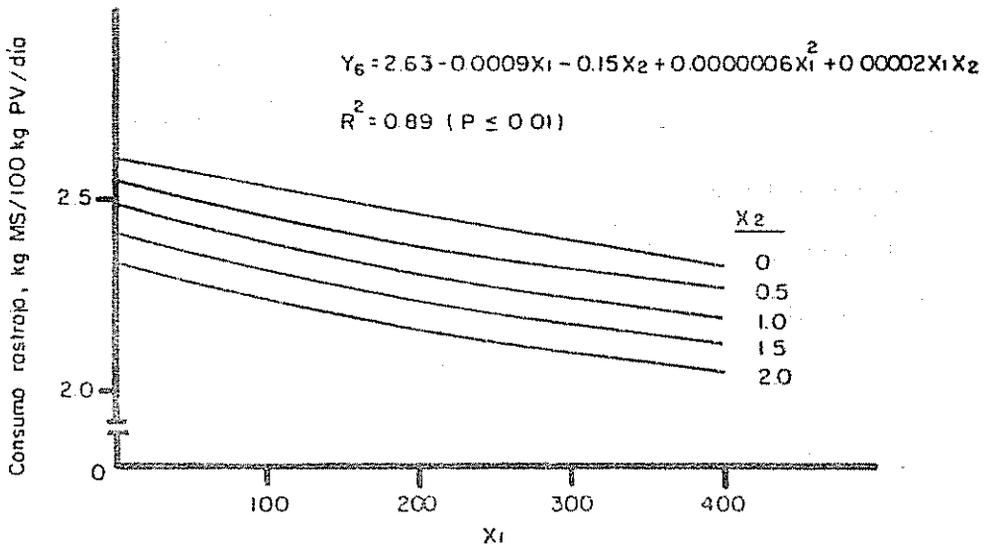
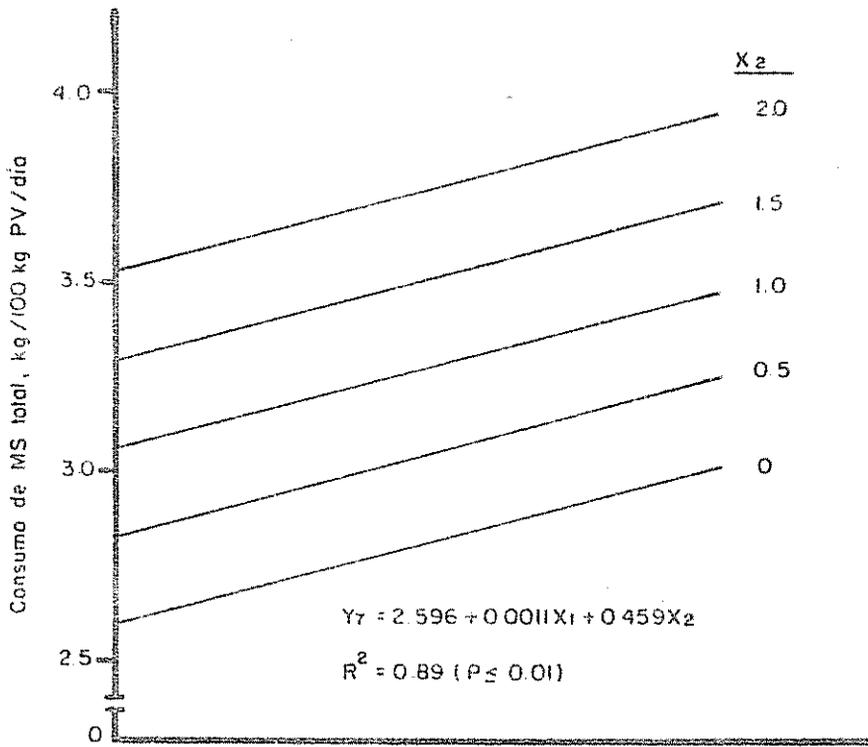


Fig. 6 Consumo de MS del rastrojo de frijol (Y_6) y MS total (Y_7) en toreros alimentados con rastrojo de frijol, suplementados con proteína (X_1) y melaza (X_2)

se puede apreciar en la función Y_7 .

$$Y_7 = 2,60 + 0,0011X_1 + 0,46X_2$$

$$R^2 = 0,89 \quad (P \leq 0,01)$$

Ambas funciones producen la Figura 6.

4.2.2 Ganancia diaria de peso

Los incrementos diarios de peso, según los niveles de suplementación protéica y energética, se presentan en el Cuadro 5; habiéndose alcanzado un aumento promedio de 0,414 kg/animal/día.

El análisis de varianza (Cuadro 15A), mostró un efecto altamente significativo ($P \leq 0,01$) de la suplementación protéica sobre la ganancia de peso, no habiéndose encontrado diferencias entre tratamientos debido a la suplementación energética, pero si lo hubo mediante la interacción proteína x melaza.

El análisis de regresión, corroboró el efecto altamente significativo de la proteína suplementaria. Las relaciones entre incremento de peso y los niveles de suplementación se denotan en la siguiente función:

$$Y_8 = 0,060 + 0,0024X_1 + 0,027X_2 - 0,000004X_1^2 + 0,00046X_1X_2$$

$$R^2 = 0,89 \quad (P \leq 0,01)$$

La Figura 7 ilustra dicha ecuación y se evidencia que

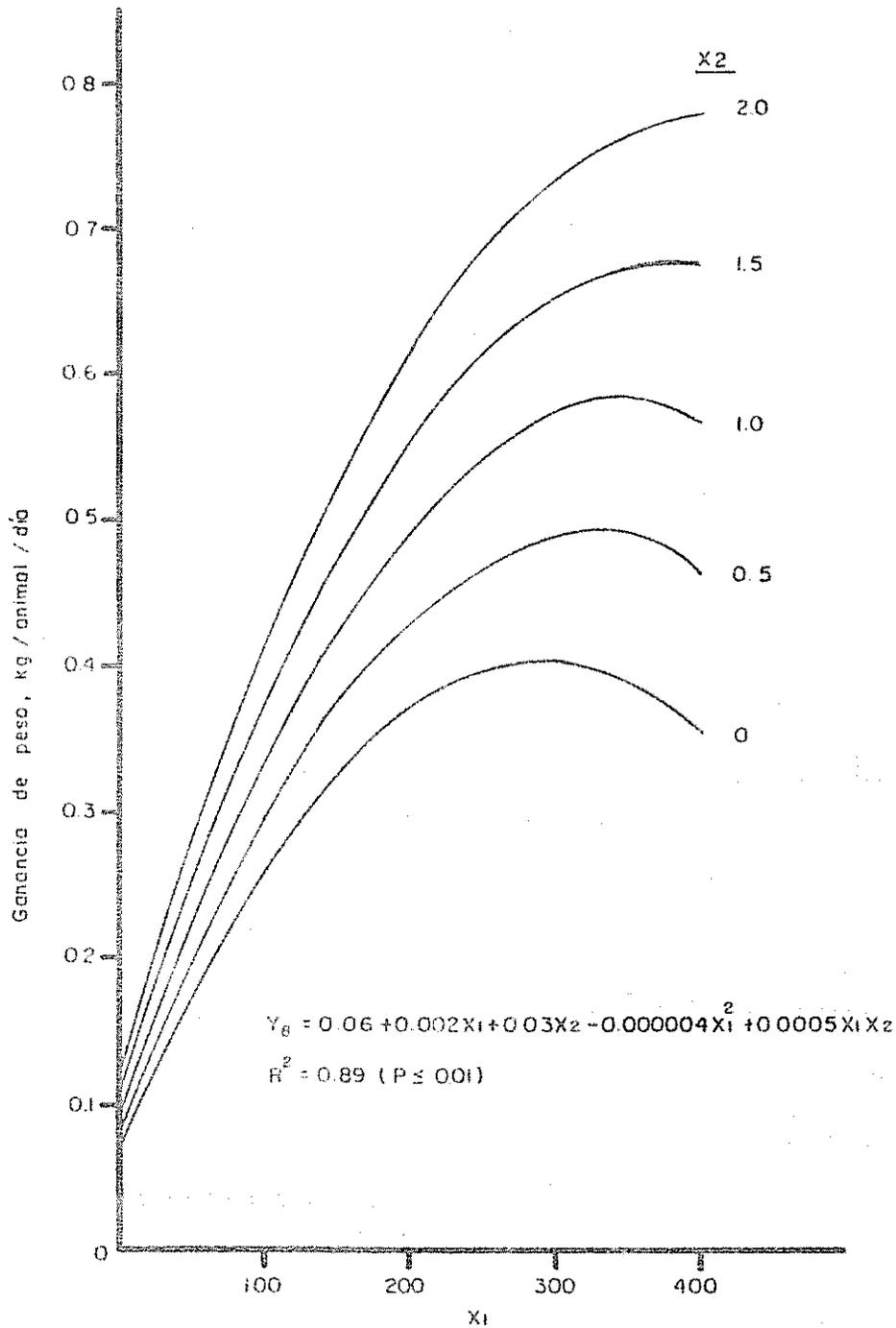


Fig. 7 Ganancia de peso, kg animal día, en lotes alimentados con rastrojo de frijol, suplementados con proteína (X₁) y melaza (X₂)

Cuadro 5. Ganancia de peso, kg/animal/día, en toretes alimentados con rastrojo de frijol, suplementados con proteína y energía.

X ₂	X ₁	Proteína suplementaria, g/100 kg PV/día					Promedios
		0,0	100	200	300	400	
Melaza al natural kg/100 kg PV/día	0,0	0,058		0,256		0,390*	0,235
	0,5		0,267		0,647		0,457
	1,0	0,179		0,436		0,476	0,364
	1,5		0,431		0,609		0,520
	2,0	0,022		0,657		0,798	0,492
Promedios		0,086	0,349	0,450	0,628	0,555	0,414

* Calculado a través del análisis de covarianza

es posible obtener altas tasas de ganancia de peso aunque esto significaría una subutilización del rastrojo de frijol (compárese con la Figura 6), hecho que contradeciría los objetivos planteados en el presente estudio.

4.2.3 Conversión del alimento a ganancia de peso

Los datos observados sobre la eficiencia de conversión

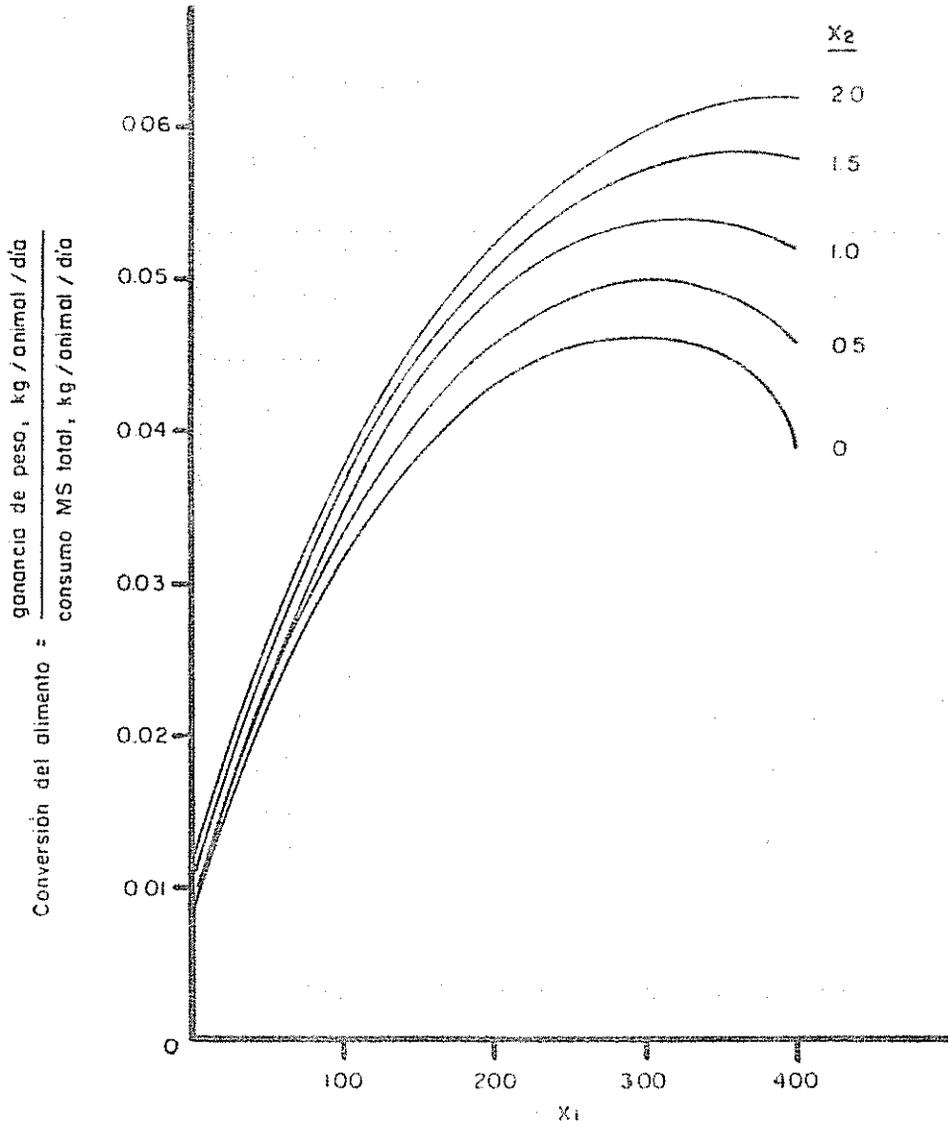


Fig. 8 Efecto de la suplementación con proteína (X_1) y melaza (X_2) sobre la eficiencia de conversión del alimento a ganancia de peso en torres alimentados a base de rastrojo de frijol

del alimento, en base seca por tratamiento, se presentan en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Eficiencia de conversión del alimento a ganancia de peso, kg ganancia/kg MS consumida.

$X_2 \backslash X_1$		Proteína suplementaria, g/100 kg PV/día					Promedios
		0,0	100	200	300	400	
Melaza al natural kg/100 kg PV/día	0,0	0,007		0,033		0,035	0,025
	0,5		0,029		0,059		0,044
	1,0	0,017		0,039		0,040	0,032
	1,5		0,038		0,048		0,043
	2,0	0,002		0,050		0,051	0,034
Promedios		0,009	0,034	0,041	0,054	0,042	0,036

Los valores del Cuadro 6 fueron calculados con los datos sobre ganancia de peso y consumo de materia seca total observados.

Al igual que la ganancia de peso, la eficiencia de conversión de los alimentos (graficada en la Figura 8 mediante la función Y_9), tiende a mejorarse conforme aumenta el nivel de proteína suplementaria. La función Y_9 , obtenida en la forma explicada en la sección Materiales y Métodos, explica en alto grado (77

por ciento) la variación que se observa en los datos del Cuadro 6.

Según la Figura 8, se ve también que el efecto predominante de la proteína es lineal hasta cantidades de aproximadamente 275 g de proteína suplementaria/100 kg/PV/día cuando el nivel de melaza es bajo. En contraste, al nivel de 2,0 kg de melaza, el punto de máxima eficiencia se desplaza hacia la derecha, es decir se obtiene con niveles mayores de proteína.

4.2.4 Relación entre la retención absoluta de N y la ganancia de peso

Con el propósito de integrar los experimentos PA-CIID 7806 y PA-CIID 7807, se efectuaron análisis de regresión entre la retención absoluta de N, g/100 kg PV/día y la ganancia de peso, esta en g/animal/día, ambas en función del consumo de proteína cruda total y a un nivel fijo de melaza al natural (2,0 kg/100 kg PV/día).

Asociando ambos parámetros, se obtuvo la siguiente función:

$$Y_8'' = -52,15 + 15,40Y_1, R^2 = 0,95(P \leq 0,01)$$

Donde:

Y_8'' = ganancia de peso, estimada en función de la retención absoluta de N, g/100 kg PV/día

Y_1 = retención absoluta de N

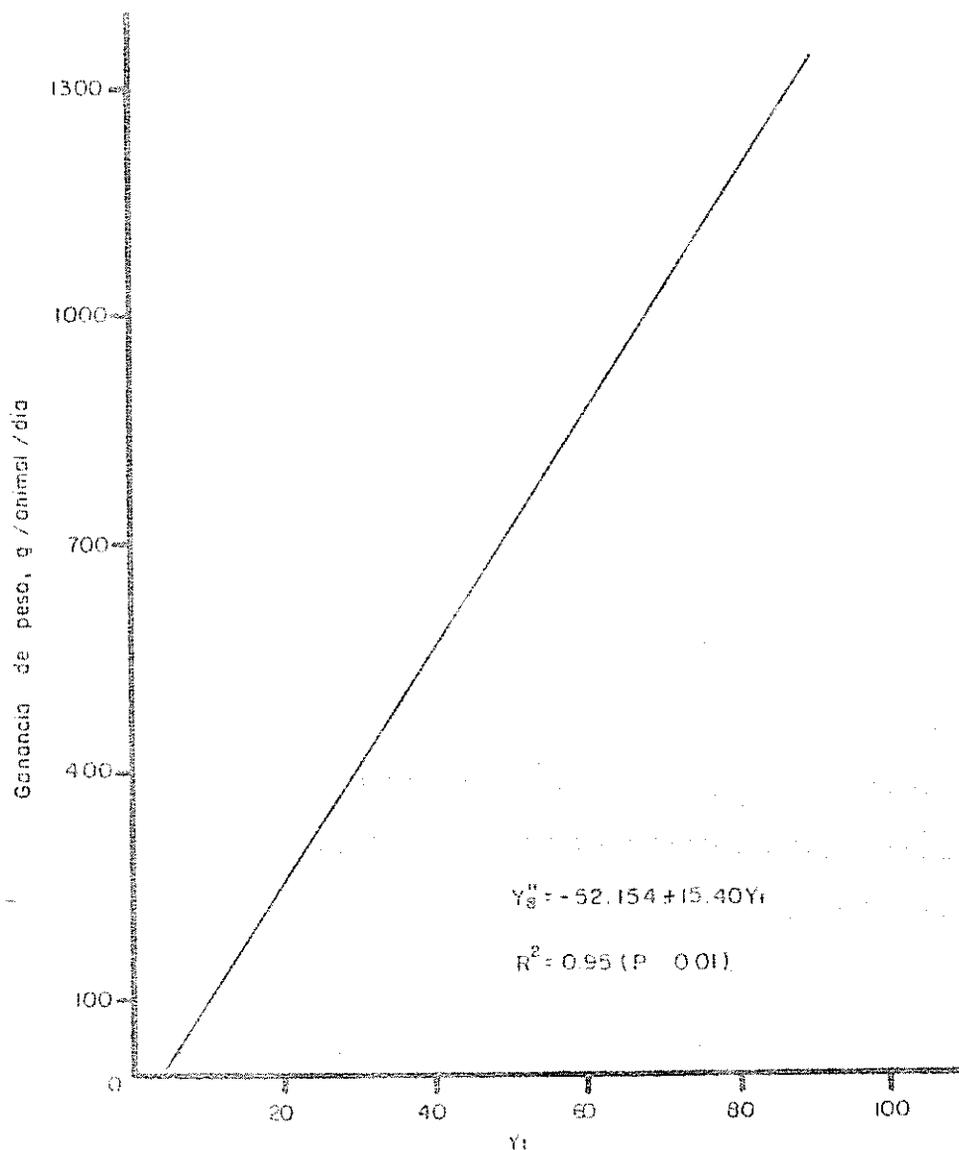


Fig. 9 Relación entre la retención absoluta de N, g/100 kg PV/día y la ganancia de peso, g/animal/día de torques alimentados con rastrojo de frijol, suplementados con proteína y energía

La gráfica resultante se presenta en la Figura 9. La utilidad de esta relación, especialmente con el alto grado de confiabilidad que conlleva, es múltiple. Por ejemplo es claro que un novillo necesita retener 3,4 g N/100 kg PV/día, para lograr su mantenimiento corporal y que si su retención de N es cero, ocurrirá una pérdida de peso de aproximadamente 50 g/animal/día.

4.2.5 Análisis económico

Siguiendo la metodología de análisis planteada en 3.3.5, se calculó un costo de manejo, depreciación de instalaciones y equipo, mano de obra y medicinas, en \$0,86/animal/día; además de acuerdo al consumo promedio de rastrojo de frijol (2,32 kg de MS/100 kg PV/día), se determinó un costo por concepto de consumo de este alimento en \$0,20/animal de 305 kg PV/día. Estos dos costos se sumaron para integrar lo que se denomina "costos fijos" (CF), según lo explicado en la sección Materiales y Métodos.

El Cuadro 7 presenta los principales resultados del análisis económico efectuado solamente para los 5 niveles de melaza. De los resultados del Cuadro 7, se puede concluir que con una moderada suplementación protéica al rastrojo de frijol (111,6 g/100 kg PV/día), y sin el uso de suplemento energético, es posible evitar pérdidas económicas que pudieran provenir de una pérdida de peso de los animales.

Cuadro 7. Niveles de PC suplementaria que producen los máximos ingresos netos, en animales alimentados a base de rastrojo de frijol y niveles fijos de melaza.

X_2 (Niveles pre establecidos) kg/100 kg PV/día	X_1 (Para producir MIN) g/100 kg PV/día	Incremento de peso kg/animal/día	Máximo ingreso neto (MIN) CR \$/animal/día
0,0	111,6	0,278	0,00
0,5	141,2	0,352	0,14
1,0	170,2	0,459	0,64
1,5	199,3	0,557	0,69
2,0	228,3	0,663	0,98

Los mismos datos, indican que a niveles de 1,0 kg melaza al natural/100 kg PV/día y con 170 g de PC/100 kg PV/día, suplementada al rastrojo de frijol, se obtienen ingresos netos competitivos con los obtenibles con otros planes de alimentación a base de melaza (38), y es posible alcanzar mayores ingresos económicos a niveles crecientes de suplementación.

Si se considera que el animal puede ingerir hasta 2,5 kg de melaza por 100 kg PV/día (38) y considerando que la suplementación protéica es dependiente del nivel de melaza, es de esperarse un mayor ingreso neto si a un nivel de 2,5 kg de melaza, también

se incrementa el nivel de PC suplementaria. Sin embargo con estos consumos, de suplementos, el papel del rastrojo sería de menor cuantía y el sistema no sería realmente basado en el uso de un residuo de cosecha.

También se realizó un análisis similar, obteniendo la derivativa parcial de IN, con respecto a X_2 (melaza).

De acuerdo a las funciones originales, el término X_1 desapareció y el nivel X_2 necesario para producir el máximo ingreso neto fue de 0,002 kg de melaza al natural/100 kg PV/día, independiente del nivel de PC suplementaria. Este dato apoya a los resultados biológicos, que sugieren que el rastrojo de frijol no es muy limitado en cuanto a su contenido energético y, por lo tanto, las mayores respuestas, tanto económicas como biológicas, se deben a la suplementación protéica.

5. DISCUSION

1. Aspectos biológicos sobre la utilización del rastrojo de frijol

1.1 Consumo del rastrojo de frijol y MS total

En general, se admite que los rastrojos de cultivos o residuos de cosechas son un alimento de escaso valor nutritivo para el ganado. Sus elevados contenidos de fibra y bajo contenidos de proteína (41, 64), son las causas de sus bajas digestibilidades lo que además implica una mayor retención del alimento en el tracto digestivo y consecuentemente un menor consumo.

Se ha sugerido constantemente que la calidad de un forraje es factor determinante del volumen de ingesta alimenticia en los rumiantes; habiéndose demostrado claramente que existe un aumento en la ingesta voluntaria a medida que mejora la calidad del forraje (60). Existen evidencias que muestran que la producción es función directa del consumo (9 y 60).

Se ha establecido que el consumo voluntario en pastos tropicales, se deprime, cuando el valor de la proteína cruda en ellos disminuye por debajo del 6 al 7 por ciento en la materia seca (50). Por consiguiente, las observaciones del presente estudio, considerando que el rastrojo de frijol se clasifica dentro

del rango de forraje grosero, resultan, en cierto modo, contradictorias, si se tiene en cuenta que los consumos de rastrojos de frijol en base seca alcanzaron un promedio de 2,32 kg/100 kg PV/día, valor que resulta superior a lo obtenido con alimentos de similares características, tales como paja de cereales (36).

La razón de estos altos niveles de consumo del material en estudio, está en las características adecuadas que presenta, principalmente en la aceptabilidad por parte del ganado, así como al alto grado de selectividad que este realiza en favor de las vainas del rastrojo. Este componente de la planta posee un mayor contenido de proteína cruda y mayor digestibilidad que los tallos (56), lo que determinaría que este material tenga un menor tiempo en el rúmen, permitiendo de ese modo la posibilidad de un mayor consumo (36). La selectividad a favor de las vainas implica que parte del rastrojo ofrecido se rechaza y se perderá. Según observaciones en estos estudios, aproximadamente el 75 por ciento del rastrojo ofrecido se logró consumir. Naturalmente, esta cifra variará de acuerdo a la disponibilidad de rastrojo que se permita al animal.

En relación al consumo de materia seca total, a través de la prueba de balance metabólico se encontró que la proteína suplementaria ejerce un efecto positivo sobre la digestibilidad de la MS; de allí que al relacionar la DMS del rastrojo de frijol y el consumo de este material, se encuentra una alta correlación ($r = 0,88$), apoyando esto, la observación hecha en el párrafo

anterior.

Es de recalcar, que en la mayoría de los casos, el consumo de concentrados compite con el consumo del alimento basal (19), por lo que la tendencia observada hacia un menor consumo de rastrojo de frijol, conforme se aumenta el nivel de suplementación, es consecuencia de un efecto sustitutivo. Sin embargo, también existe un efecto aditivo ya que la sustitución no es de uno a uno (peso a peso).

Aumentos en el consumo de la materia seca total, están relacionados con un aumento en la velocidad de paso del alimento a través del tracto digestivo.

Incrementos en el consumo de materia seca total, como consecuencia de una suplementación energética, es de esperarse, ya que esta proporciona la energía requerida por los microorganismos del rumen para su actividad fermentativa. Sin embargo, aumentos en el consumo no siempre causan mayores tasas de ganancia de peso, así, se ha encontrado que si el nivel de melaza supera la cantidad de 2,5 kg/100 kg PV/día, causando un aumento en el consumo de MS total, la ganancia de peso no se ve alterada, resultando en una ineficiencia en la conversión de la MS en ganancia de peso (55).

1.2 Ganancia de peso

Dada la gran variabilidad impuesta a los tratamientos, en cuanto al nivel de nutrientes a consumir, se esperaba un rango muy amplio en la respuesta animal, medida en términos de ganancia de peso.

Es importante resaltar, la respuesta encontrada en animales alimentados exclusivamente con rastrojo de frijol (Tratamiento I). Jackson (26), reporta que al alimentar a base de rastrojo de paja de arroz no es suficiente para mantener al animal sin pérdidas de peso y que los niveles de mantenimiento y ganancia de peso solo son posibles obtenerlos con alguna suplementación de proteína y energía. Sin embargo, lo encontrado en el presente estudio, sitúa al rastrojo de frijol como un forraje de gran potencial alimenticio. La ganancia de peso observada en el tratamiento I (58 g/animal/día) es congruente con el alto consumo de MS observado y a que la proteína y energía contenida en el rastrojo consumido, se hallan fácilmente disponibles para el animal.

Concordando con varios trabajos efectuados (11, 30, 32, 46), sobre el efecto de la suplementación protéica en la ganancia de peso, en el presente estudio se ha encontrado una tendencia clara a incrementar el peso conforme se aumentan los niveles de proteína suplementaria. Al igual que otros investigadores (38, 55), se encontró que el efecto de la proteína es lineal hasta un nivel de aproximadamente 280 g de proteína suplementaria/100 kg

PV/día, cuando el nivel de melaza del suplemento es bajo; pero las ganancias aumentan debido a mayores niveles de proteína si al mismo tiempo aumentamos los niveles de melaza más allá del 1,5 kg/100 kg PV/día.

Al observar la Figura 7, referida a incremento de peso, resalta la factibilidad de que el animal alcance ganancias de peso de hasta aproximadamente 0,4 kg/animal/día, mediante el uso del rastrojo de frijol y una suplementación con proteína modesta (250 g/100 kg PV/día), lo cual demuestra que el contenido de energía en el rastrojo de frijol es adecuado.

Lo anterior también está corroborado por los resultados obtenidos con los tratamientos que solamente recibieron melaza como suplemento al rastrojo de frijol (tratamientos VI y XI), en los que se obtuvo una pobre ganancia de peso, lo que indica que en un sistema de alimentación con rastrojo de frijol, la limitante lo constituye la proteína y que al suplementar con energía, tan solo se logra ahondar el desbalance proteína - energía, existente en el rastrojo de frijol. Esto concuerda con lo indicado por otros trabajos, donde en pruebas de alimentación con paja de cereales u otros rastrojos (cuyo contenido de proteína cruda es inferior a 6 por ciento), no encontraron mejoras en la ganancia de peso con tan solo la suplementación energética (13, 20).

Al integrar los resultados de la retención absoluta de N con los de ganancia de peso, se encontró que estos guardan un alto grado de asociación ($R^2 = 0,95$), indicando que el efecto de

la suplementación protéica sobre la ganancia de peso, está mediada por un aumento en la retención de N.

Un estudio efectuado por Ruiz, (54), indica que el N retenido por novillos en estado de mantenimiento, es alrededor de 0,100 g de $N/W^{0,75}$ /día, cifra que guarda similitud con lo encontrado en el presente estudio, donde se obtuvo un valor de 0,107 g de $N/W^{0,75}$ /día, retenido para mantenimiento. El hecho de no encontrar un balance de $N = 0$, para mantenimiento, como podría esperarse, es debido a que existen otras pérdidas que normalmente no se miden en pruebas de balance metabólico. Estas pérdidas son las que ocurren a través del sudor, caída de piel y pelo, gases que son eliminados, etc.

1.3 Eficiencia biológica

La eficiencia de conversión del alimento a ganancia de peso y que viene a constituir la relación entre ganancia de peso y consumo de materia seca total, presente la misma variabilidad que lo notado para dichos parámetros. Partiendo de un plan bajo de alimentación y al ir luego incrementando los niveles de suplementación protéica y energética, vemos que hay igual tendencia en la eficiencia de conversión del alimento. En términos generales, las bajas eficiencias encontradas en este trabajo podría atribuirse a que las ganancias de peso resultaron ser bajas (0,058 a 0,798

kg/animal/día) y, a su vez, consecuencia principalmente del bajo valor protéico del rastrojo. Es así, que al aumentar el nivel de suplementación protéica, la eficiencia mejora rápidamente.

La melaza también mejora notablemente la eficiencia alimenticia, pero solo cuando el nivel de proteína es adecuado. Con todo, aún bajo condiciones de máxima suplementación protéica y energética, la eficiencia de conversión no llega a superar 0,065 (es decir, unos 15,5 kg de MS por kg de ganancia de peso). Esto no es ideal y podría sugerirse el buscar medios para mejorar la eficiencia de utilización de este rastrojo, en aras de una mayor rentabilidad económica.

2. Aspectos económicos sobre la utilización del rastrojo de frijol en la alimentación animal.

De acuerdo con los objetivos del presente estudio, consistente en generar información básica sobre la factibilidad de usar el rastrojo de frijol en la alimentación animal, resulta difícil señalarle un valor económico, si se considera que es un residuo de cosecha que generalmente es desperdiciado en el mismo campo de cultivo y que cuyo uso implicaría como costos, la mano de obra del productor para enfardarlo y distribuirselo a sus animales. Aún con esto en mente, se asignó un costo a este residuo (\$0,07/kg MS) que fue lo pagado a un productor grande que cosechó

y enfardó el rastrojo, usando maquinaria y derivando algún beneficio económico.

De acuerdo al análisis económico efectuado, los resultados muestran que es posible generar cierto ingreso neto, el mismo que varía en función del nivel de suplementación protéica y energética. Puede decirse que con el uso de una fuente protéica de regular calidad, como la del presente estudio, dada en una cantidad de 228 g/100 kg PV/día, más una cantidad mínima de suplemento energético, altamente disponible, es posible generar una utilidad de aproximadamente \$1,00/animal/día.

Quizás para las condiciones del pequeño productor, no es tan importante buscar una utilidad neta que sea semejante a la buscada por el engordador comercial, sino más bien buscar un sistema de alimentación que, en la época crítica de escasez de pastos, le permita por lo menos que el productor no pierda dinero. Si se obtiene algún beneficio neto, tanto mejor; pero lo más importante es impedir que el sufrimiento nutricional de los animales durante la época crítica no sea tan intenso que vaya a impedir o reducir la capacidad de realizar crecimiento compensatorio en la época de abundancia de pasto.

El análisis económico debe tomarse con cautela, por las razones antes expuestas, y, además, porque en producción de carne en Costa Rica es casi imposible obtener beneficios netos por el bajo precio de venta del ganado. El hecho que con el uso del rastrojo de frijol se llegue a obtener hasta \$1,00/animal/día de

beneficio neto, es indicativo de lo promisorio que es este material como base alimenticia.

Solo resta manifestar que a la luz de los resultados obtenidos, pareciera que el rastrojo de frijol, utilizado para producción de leche, podría ofrecer aún mayores beneficios.

3. Perspectivas sobre el desarrollo de sistemas de alimentación a base de rastrojo de frijol

Es preocupación del actual investigador agrícola, la búsqueda de subsistemas de alimentación para el ganado basándose en la utilización de nuevas o poco usadas, fuentes de alimentación. Siendo la razón principal de esto la necesidad de intensificar la producción animal, escasez de pasturas en ciertos períodos, especialmente cuando se refiere al pequeño productor, quien tiene como factor de restricción, limitaciones de tierra, que impiden la extensión de sus pasturas.

Resultados obtenidos anteriormente y complementado con las observaciones obtenidas en el presente trabajo, sobre todo lo relacionado a consumo del rastrojo, ganancia de peso e ingresos económicos, demuestran claramente las ventajas que pueden derivarse del uso de este recurso tan común en la finca del productor.

Aún más, la estacionalidad en el crecimiento de los pastos crea períodos de escasa disponibilidad lo que origina pérdida

de peso en los animales; pero, por las características de aceptabilidad y consumo observados, es concluyente su alternativa de uso como sustituto del pasto, o complemento de este para períodos de escasez.

El rastrojo de frijol, no presenta, entonces, problemas de aceptación por parte del animal. Su consumo es alto. Es un residuo que se encuentra ampliamente distribuido en toda América Latina, especialmente en la zona tropical; pudiendo, en algunos casos, lograrse dos cosechas por año. La cosecha del rastrojo no es una práctica que habría que introducir; esto ya lo realiza el productor, quien arranca toda la planta, las reúne y luego, después de trillar, las quema.

Si la cosecha se hizo en buen tiempo seco, y se protege la planta (y más tarde, el rastrojo) de la lluvia, es posible almacenar el rastrojo en forma de pacas de heno, sin que ocurran pérdidas de notar por hongos o combustión espontánea, según las observaciones logradas al realizar el presente trabajo.

Resta investigar los medios para mejorar la eficiencia de utilización de la MS consumida y evaluar este residuo como principal ingrediente de sistemas de alimentación para producción de leche. Sin embargo, con lo realizado hasta el momento, es evidente que ya es posible hacer recomendaciones al pequeño productor sobre el uso adecuado del rastrojo de frijol como alimento de su ganado.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Bajo las condiciones en que se realizó el presente estudio y en base a los resultados obtenidos, se concluye lo siguiente:

1. El rastrojo de frijol, sin tratamientos físicos o químicos, es fácilmente aceptado por el bovino y es consumido con avidez.
2. La suplementación protéica y energética del rastrojo de frijol es imprescindible para lograr altas tasas de ganancia de peso.
3. La suplementación exclusivamente energética no promueve mejoramiento de la producción a base de rastrojo de frijol.
4. La eficiencia de conversión de los alimentos, mejora, al igual que la ganancia de peso, al suplementar con proteína y energía.
5. En animales alimentados con rastrojo de frijol ad libitum existe una estrecha relación positiva entre retención de N y ganancia de peso.
6. Se recomienda investigar medios para mejorar la eficiencia de conversión del rastrojo de frijol a producto

animal.

7. Se recomienda determinar el valor energético del rastro de frijol, utilizable por el animal.
8. Se recomienda desarrollar sistemas de alimentación de vacas lecheras en producción a base de este residuo agrícola.

7. RESUMEN

Con el propósito de evaluar la utilización del rastrojo de frijol (Phaseolus vulgaris, L.) como alimento para el ganado, con suplementos energéticos y protéicos, se realizaron dos experimentos. El primero consistió en una prueba de balance metabólico usando 15 toretes Romo Sinuanos de 150 kg y 12 meses de edad iniciales. En este experimento se impusieron 13 tratamientos cada uno de los cuales contó con dos animales. Los tratamientos resultaron de una combinación factorial modificada de los siguientes niveles de las dos variables impuestas: 0; 100; 200; 300 y 400 g/100 kg PV/día, de proteína cruda suplementaria (X_1); y 0; 0,5; 1,0; 1,5 y 2,0 kg/100 kg PV/día de melaza al natural (X_2). Para propósitos de análisis, se tomó en cuenta el consumo de proteína cruda total consumida (Z) y no X_1 . Se encontró que la retención de N ($Y_1 =$ g/100 kg PV/día) mejoró a medida que aumentaban los consumos de PC y melaza, según la función $Y_1 = -13,65 + 0,13 Z + 4,38 X_2 - 0,00002Z^2 - 0,006 Z X_2$ ($R^2 = 0,99$; $P \leq 0,01$). De manera semejante, la digestibilidad de la materia seca (DMS) se vio mejorada por niveles mayores que 0,5 kg de melaza y por cualquier adición de PC, según se puede deducir de la función $Y_5 = 59,38 + 0,023 Z + 5,12 X_1 + 6,37 X_2^2 - 0,008 Z X_2$ ($R^2 = 0,97$; $P \leq 0,01$), donde $Y_5 =$ % DMS. El segundo experimento (de producción de carne) se realizó con los mismos tratamientos del primero, usando 52

toretos de 286 kg y 28 meses, en cuanto a peso y edad iniciales. Se encontró un alto promedio de consumo de MS del rastrojo de frijol (2,32 kg/100 kg IV/día). El consumo fue deprimido tanto por la melaza como por la PC suplementaria, por efectos primordialmente sustitutivos. Sin embargo, estas variables promovieron un mejoramiento de la ganancia de peso (Y_8) la que varió desde 0.060 kg/animal/día (sólo rastrojo) hasta 0,775 kg/animal/día ($X_1 = 400$; $X_2 = 2,0$), de acuerdo con la función $Y_8 = 0,060 + 0,0024 X_1 + 0,027 X_2 - 0,000004 X_1^2 + 0,00046 X_1 X_2$ ($R^2 = 0,89$; $P \leq 0,01$). La ganancia de peso se puede explicar en un 95 por ciento por la retención de N. Es decir, se encontró una estrecha relación entre estos dos parámetros, $Y_8'' = -52,15 + 15,40 Y_1$ ($R^2 = 0,95$; $P \leq 0,01$), donde Y_8'' es la ganancia de peso en G/animal/día.

Desde el punto de vista económico, es factible utilizar el rastrojo de frijol para producción de carne y obtener un saldo neto de \$1,00/animal/día. Con lo establecido, se concluye que este residuo tiene un gran potencial para ser incluido en un sistema eficiente de alimentación de bovinos, especialmente para las condiciones y recursos del pequeño productor.

7a. SUMMARY

Two experiments were conducted with the general objective of evaluating the utilization of the common bean (Phaseolus vulgaris, L.) crop residues as a feedstuff for animals, supplemented with energy and protein. The first experiment consisted of a metabolic balance study involving Romo Sinuano young bulls weighing 150 kg with an average age of a 12 months. Thirteen treatments were imposed each of which included two animals. The treatments were the result of a modified factorial combination of the following levels of the two variables studied; 0, 100, 200, 300 and 400 g/100 kg LW/day of supplementary a crude protein (X_1); and 0, 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0 kg/100 kg LW/day, of blackstrap molasses, as fed (X_2); the bean straw being fed ad libitum. For the purpose of analysis, instead of X_1 , the total CP intake (Z) was taken as the variable. It was found that N retention ($Y_1 = \text{g}/100 \text{ kg LW/day}$) improve as the intakes of CP and molasses increased, as shown by the function $Y_1 = -13,65 + 0,13Z + 4,38X_2 - 0,00002Z^2 - 0,006ZX_2$ ($R^2 = 0,99$; $P \leq 0,01$). Likewise, dry matter digestibility (DMD) was improved by levels of molasses greater than 0.5 kg and by any addition of CP, as may be deduced from the function $Y_5 = 59,38 + 0,023Z + 5,12X_2 + 6,87X_2^2 - 0,0008ZX_2$ ($R^2 = 0,97$; $P \leq 0,01$), where $Y_5 = \% \text{ DMD}$.

The second experiment (beef production) was carried out

applying the same treatments described for the first one, using 52 young bulls with initial weight and age of 286 kg and 28 months, respectively. A high bean straw DM intake was found (2.32 kg/100 kg LW/day). Intakes were depressed by both molasses and supplementary CP, because of effects judged to be primarily of substitutive nature. However, these variables promoted an improvement in daily weight gain (Y_g) which varied from 0.060 kg/head/day (with only straw) to 0.775 kg/head/day ($X_1 = 400$; $X_2 = 2.0$), according to the function $Y_g = 0.060 + 0.0024X_1 + 0.027X_2 - 0.000004X_1^2 + 0.00046X_1X_2$ ($R^2 = 0.89$; $P \leq 0.01$).

Ninety five per cent of the weight gain was explained by the N retention. That is to say, that there exists close relationship between these two parameters, $Y_g = -52.15 + 15.40Y_1$ ($R^2 = 0.95$ $P \leq 0.01$), where Y_g is the weight gain in g/head/day.

From the economic point of view, it is feasible to use the common bean crop residue for the production of beef and obtain a net balance of \$1.00/head/day.

With the results mentioned, it is concluded that this residue has a great potential to be incorporated in an efficient feeding system for cattle, especially given the conditions and conditions and resources of the small landholder.

8. LITERATURA CITADA

1. AMMERMAN, C., VERDE, G., MOORE, J., BURNS, W. y CHICCO, C. Biuret, urea and natural proteins as nitrogen supplements for low quality roughage for sheep. *Journal of Animal Science* 35:121-127. 1972.
2. ANDREWS, R., ESCUDER, V., CURRAN, M. y HOLMES, W. The influence of supplements of energy and protein on the intake and performance of cattle fed on cereal straw. *Animal production* 15:167-176. 1972.
3. BARR, A. y GOODNIGHT, J. A user's guide to the statistical Analysis system. North Carolina State University Press, Raleigh, USA, 1972. 260 p.
4. BARRY, T. y JOHNSTONE, P. A comparison of supplementary sources of nitrogen and energy for increasing the voluntary intake and utilization of barley straw by sheep. *Journal of Agricultural Science* 86:163-169. 1976.
5. BATEMAN, J. *Nutrición Animal. Manual de métodos analíticos.* Herrero, México, 1971. 468 p.
6. BEAMES, R. Molasses and urea as a supplement to low quality pasture hay for cattle. *Queensland Journal of Agricultural and Animal Science* 16:223-232. 1959.
7. BELL, M., GALLUP, W. y WHITEHAIR, C. Utilization by steers of urea nitrogen in rations containing different carbohydrate feeds. *Journal of Animal Science* 10:1037-1044. 1951.
8. BHATTACHARYA, A. y PERVEZ, E. Effect of urea supplementation on intake and utilization of diets containing low quality roughage in sheep. *Journal of Animal Science* 36:976-981. 1973.
9. CAMPLING, R., FREER, M. y BALCH, C. Factors affecting the voluntary intake of food by cows. 3. The effect of urea on the voluntary intake of oat straw. *British Journal of Nutrition* 16:115-124. 1962.
10. CLARK, R. y QUINN, J. Studies on the alimentary tract of the Merino Sheep in South Africa. XXII. Effect of supplementing poor-quality grass hay with molasses and nitrogenous salts. *Onderstepoort Journal of Veterinary Research* 25:93-103. 1951.

11. CLAVO, F. Respuesta a diferentes niveles de urea por novillos alimentados con melaza y bagazo de caña de azúcar. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1974. 45 p.
12. COONBE, J. The effect of supplementation with urea and molasses on the live weight, appetite and wool growth of sheep. *Journal of the Australian Institute of Agricultural Science* 25:299-301. 1959.
13. _____ y TRIBE, D. The effects of urea supplements on the utilization of straw plus molasses diets by sheep. *Australian Journal of Agricultural Research* 14:70-92. 1963.
14. CHURCH, D. Fisiología digestiva y nutrición de los rumiantes. Vol. I. Fisiología digestiva. Traducido por Pedro Ducar. Ed. Acribia, España, 1974. 379 p.
15. DEVENDRA, C. The utilization of rice straw by sheep. I. Optimal level in the diet. *Malaysian Agricultural Journal* 50:169-186. 1975.
16. _____. The utilization of rice straw by sheep. II. Level of crude de protein and urea as the sole source of dietary nitrogen. *Malaysian Agricultural Journal* 50:187-199. 1975.
17. _____. Studies on the utilization of rice straw by sheep. IV. Effect of carbohydrate source on the utilization of dietary urea and nitrogen retention. *Malaysian Agricultural Journal* 50:358-370. 1976.
18. DILLON, J. The analysis of response in crop and livestock production. Pergamon Press, Gran Bretaña, 1968. 135 p.
19. ELLIOT, R. Voluntary intake of low protein diets by ruminants. I. Intake of food by cattle. *Journal of Agricultural Science* 69:375-382. 1967.
20. FAICHNEY, G. The effect of sucrose on the utilization of straw plus urea diets by sheep. *Australian Journal of Agricultural Research* 16:159-167. 1965.
21. FLORES, R. Respuesta bio-económica de novillos en engorda alimentados con diferentes niveles de pulpa de café ensilada y proteína. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1973. 63 p.

22. FORBES, T., IRVIN, H. y RAVEN, A. The use of coarsely chopped barley straw in high concentrate diets for beef cattle. *Journal of Agricultural Science* 73:347-354. 1969.
23. FREER, M., CAMPLING, R. y BALCH, C. Factors affecting the voluntary intake of food by cows. 4. The behaviour and reticular motility of cows receiving diets of hay, oat straw and straw with urea. *British Journal of Nutrition* 16:279-295. 1962.
24. HADJIPANAYOTOU, M., LOUCA, A. y LAWLOR, M. A note on the straw intake of sheep given supplements of urea -molasses, soya bean meal, barley- urea or barley. *Animal Production* 20:429-432. 1975.
25. HUME, I., MOIR, R. y SCHMERS, M. Synthesis of microbial protein in the rumen. 1. Influence of the level of nitrogen intake. *Australian Journal of Agricultural Research* 21:283-296. 1970.
26. JACKSON, M. La paja de arroz como alimento para el ganado. *Revista Mundial de Zootecnia, FAO*, 23:25-31. 1977.
27. JAYAL, M., GUPTA, P. y MANADEVAN, V. Nutritive value of arhar (*Cajanus indicus*) bhoosa for feeding cattle. *Indian Veterinary Journal* 47:253-260. 1970.
28. JOHNSON, R. Influence of carbohydrate solubility on non-protein-nitrogen utilization in the ruminant. *Journal of Animal Science* 413:184-191. 1976.
29. JOHRY, C., KULSHRESTHA, S. y SAXENA, J. Chemical composition and nutritive value of green soya bean and soya bean straw. *Indian Veterinary Journal* 48:938-940. 1971.
30. KEMPTON, T., NOLAN, J. y LENG, R. Nitrógeno no protéico y proteínas desviadas. Principios para su empleo en las raciones de rumiantes. *Revista Mundial de Zootecnia, FAO*, 23:1-5. 1977.
31. KROPP, J., JOHNSON, R., MALES, J. y OWENS, F. Microbial protein synthesis with low quality roughage rations: Isonitrogenous substitution of urea for soybean meal. *Journal of Animal Science* 46:837-854. 1977.
32. LEAVER, J. Rearing of dairy cattle. 4. Effect of concentrates supplementation on the live weight gain and feed intake of calves offered roughage ad libitum. *Animal Production* 17:43-52. 1973.

33. LOOSLI, J. y Mc DONALD, I. El nitrógeno no protéico en la nutrición de los rumiantes. FAO: Estudios Agropecuarios No 75. 1969. 107 p.
34. LYONS, T., CAPREY, P. y O'CONNELL, W. The effect of energy, protein and vitamin supplementation on the performance and intake of barley straw by cattle. *Animal Production* 12:323-334. 1970.
35. MILLER, J. y MORRISON, F. The influence the feeding low-nitrogen rations on the reliability of biological values. *Journal of Agricultural Research* 45:429-451. 1942.
36. MULHOLLAND, J., COOMBE, J. y DANN, P. Use of oat, lupin and field pea stubbles by grazing sheep. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 16:467-471. 1976.
37. NATIONAL RESEARCH COUNCIL, NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE. Nutrient requirements of beef cattle. 4^a ed. Washington, D. C., 1970. 55 p.
38. OCHOA, Efecto del nivel de proteína y bagazo de caña sobre el crecimiento de toros alimentados con melaza. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA-CREI, 1973. 46 p.
39. O'DONOVAN, P. Posibilidades para alimentación del ganado con subproductos en zonas tropicales. *Revista Mundial de Zootecnia* 13:32-37. 1975.
40. OH, H., LONGHURST, W. y JONES, M. Relation of nitrogen intake to rumen microbial activity and consumption of low quality roughage by sheep *Journal of Animal Science* 28:72-78. 1969.
41. OLDHAM, J., BUTTERY, P., SWAN, H. y LEWIS, D. Interactions between dietary carbohydrate and nitrogen and digestion in sheep. *Journal of Agricultural Science* 89:467-479. 1977.
42. OLTJEN, R., DINIUS, D. y GOERING, H. Performance of steers fed crops residues supplemented with non protein nitrogen, minerals, protein and monensin. *Journal of Animal Science* 45:1442-1452. 1977.
43. OVEJERO, M. y JAVIER, F. Digestible energy and metabolizable energy of leguminous straw for sheep. *Anales de la Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad de León, España* 13:304-307. 1967.

44. OWERS, M., SWAN, H. y WILTON, B. The utilization of dried forage crops by growing ruminants. *Animal Production* 25:209-218. 1977.
45. PATEL, B. y SHUKLA, P. Effect of feeding closter bean fodder and pigeon pea fodder on body weights and milk yield of Kankrey cows. *Indian Veterinary Journal* 50:1126-1132. 1973.
46. RAZDAN, M., SHARMA, D., BHARGAVA, P. y CHAWLA, M. Utilization of urea and water metabolism by Zebu cattle and buffaloes under tropical conditions. *Journal of Dairy Science* 54:1200-1206. 1971.
47. RITTENHOUSE, L., CLANTON, D. y STREETER, C. Intake and digestibility of winter- range forage by cattle with and without supplements. *Journal of Animal Science* 31:1215-1221. 1970.
48. ROMERO, V., SIEMERT, B. y MURRAY, R. A study of the effect of frequency of urea ingestion on the utilization of low quality roughage by steers. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 18:308:314. 1976.
49. ROSENBERG, Y. y FLORES, M. Influencia de la melaza de caña sobre la digestibilidad y retención nitrogenada. In Resúmenes de la VI Reunión de ALPA, La Habana, Cuba, 1977.
50. ROUX, H. y PARADA, J. Efecto de 4 forrajes en la utilización de una mezcla de melaza/urea. *Turrialba* 19:465-471. 1969.
51. RUILOBA, M. Engorde de novillos a base de caña de azúcar y niveles variables de melaza. In Resúmenes de la VI Reunión de ALPA, La Habana, Cuba, 1977.
52. _____ y RUIZ, M. Utilización de la paja de arroz en la alimentación del ganado durante la época seca. I. Niveles de proteína suplementaria y melaza en el engorde de novillos. *Revista Técnica Agropecuaria (Panamá)* 1:En Prensa. 1978.
53. _____ y _____. Utilización de la paja de arroz en la alimentación del ganado durante la época seca. II. Niveles de sustitución de harina de carne por urea. *Revista Técnica Agropecuaria (Panamá)* 1:En Prensa. 1978.

54. RUIZ, A. y RUIZ, M. Utilización de la gallinaza en la alimentación de bovinos. Turrialba 28:143-149. 1978.
55. RUIZ, M. Sistemas de alimentación intensiva en corrales de engorda a base de subproductos del trópico. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1974. 62 p. (Mimeografiado).
56. _____, OLIVO, R. y RUIZ, A. Consumo, composición química y digestibilidad in vitro del rastrojo de frijol (Phaseolus vulgaris, L.). Turrialba, en prensa. 1978.
57. SAXENA, J., UPADHYAYA, R. y JHORI, C. Chemical composition and nutritive value of empty cowpea pods. Indian Veterinary Journal 48:513-516. 1971.
58. SCHNEIDER, E. y FLATT, W. The evaluation of feeds through digestibility experiments. The University of Georgia Press, EE.UU., 1975. 423 p.
59. SHULTZ, E., GARMENDIA, J., SHULTZ, REVERON, A. y CHICCO, C. Proporciones de NNP con paja de arroz para corderos. In Resúmenes de la VI Reunión de ALPA, La Habana, Cuba, 1977.
60. STUART, R. Los residuos agrícolas y sus posibilidades de empleo en la alimentación animal. Centro de Información y Documentación Agrícola, La Habana, Cuba vol. 4, 1977. 104 p.
61. SWAN, H. y LAMMING, G. Studies on the nutrition of ruminants. 5. The effect of diets containing up to 70% ground barley straw on the live weight gain and carcass composition of yearling Friesian cattle. Animal Production 12:63-70. 1970.
62. SWINGLE, R., ARAIZA, A. y URIAS, A. Nitrogen utilization by lambs fed wheat straw alone or with supplements containing dried poultry waste, cottonseed meal or urea. Journal of Animal Science 45:1435-1471. 1977.
63. WHITE, T., HEMBRY, F. y REYNOLDS, W. Influence of feeding rice straw and urea supplemented with whole and ground corn on feed-lot performance, rate of passage and digestibility by steers. Journal of Animal Science 41:1180-1188. 1975.
64. _____, REYNOLDS, W. y KLETT, R. Roughage sources and levels in steer rations. Journal of Animal Science 29:1001-1005. 1969.

9 . A P E N D I C E

Cuadro 1A. Retención absoluta de N en toros alimentados con rastrojo de frijol, suplementados con proteína y energía, g/100 kg FV/día.

Z x ₂		Proteína cruda total, g/100 kg PV/día					Promedios
		96,4	206,9	295,1	420,4	508,1	
Melaza al natural kg/100 kg PV/día	0,0	1,14		26,40		49,53	25,69
	0,5		9,63		37,87		23,75
	1,0	1,59		24,58		49,18	25,12
	1,5		17,44		44,47		30,96
	2,0	7,07		30,78		50,37	29,41
Promedios		3,27	13,54	27,25	41,17	49,69	26,29

Cuadro 2A. Retención total de N en toretes alimentados con rastrojo de frijol, suplementados con proteína y energía, % del N consumido.

Z		Proteína cruda total, g/100 kg PV/día					Promedios
		26,4	206,9	295,1	420,4	508,1	
Melaza al natural kg/100 kg PV/día	0,0	5,17		33,80		35,53	24,84
	0,5		19,41		33,66		26,53
	1,0	6,31		31,98		36,43	24,91
	1,5		36,15		30,63		28,39
	2,0	20,92		32,03		31,06	28,01
	Promedios		10,80	22,78	32,62	32,15	34,34

Cuadro 3A. Retención total de N en toros alimentados con rastrojo de frijol, suplementados con proteína y energía, y de N absorbido.

Z		Proteína cruda total, g/100 kg PV/día					Promedios
		96,4	206,9	295,4	420,4	508,1	
Melaza al natural kg/100 kg PV/día	0,0	11,57		42,76		42,61	32,31
	0,5		29,62		39,23		34,45
	1,0	13,45		40,14		42,98	32,19
	1,5		42,46		40,76		41,61
	2,0	40,37		44,39		37,89	40,88
	Promedios	21,80	36,04	42,43	40,02	41,16	36,29

Cuadro 4A. Digestibilidad aparente de la proteína cruda, en toretas alimentados con rastrojo de frijol, suplementados con proteína y energía, %.

X ₂	Z	Proteína cruda total, g/100 kg PV/día					Promedios
		96,4	206,9	295,1	420,4	508,1	
Melaza al natural kg/100 kg PV/día	0,0	44,64		78,99		88,33	70,65
	0,5		65,33		85,94		75,66
	1,0	46,92		79,63		84,75	70,43
	1,5		58,22		78,06		68,14
	2,0	51,78		72,75		80,70	68,41
Promedios		47,78	61,80	77,13	82,00	84,59	70,66

Cuadro 5A. Digestibilidad aparente de la materia seca, en toros alimentados con rastrojo de frijol, suplementados con proteína y energía, %.

Z X ₂		Proteína cruda total, g/100 kg PV/día					Promedios
		96,4	206,9	295,1	420,4	508,1	
Melaza al natural kg/100 kg PV/día	0,0	64,06		66,41		69,25	66,57
	0,5		60,62		65,93		63,28
	1,0	57,92		69,12		71,71	66,25
	1,5		68,81		72,33		70,57
	2,0	79,73		77,87		78,24	78,62
Promedios		67,25	64,72	71,13	69,13	73,07	69,06

Cuadro 6A. Consumo de materia seca del trastrojo de frijol, en toretes alimentados con rastrojo de frijol, suplementados con proteína y energía, kg/100 kg PV/día.

N ₂	X ₁	Proteína cruda suplementaria, g/100 kg PV/día					Promedios
		0	100	200	300	400	
Melaza al natural kg/100 kg PV/día	0,0	2,65		2,48		2,33	2,49
	0,5		2,50		2,31		2,41
	1,0	2,44		2,27		2,18	2,30
	1,5		2,17		2,24		2,21
	2,0	2,39		2,21		2,02	2,21
Promedios		2,49	2,54	2,32	2,28	2,18	2,32

Cuadro 7A. Consumo de materia seca total, kg/100 kg PV/día, en torretes alimentados con rastrojo de frijol, suplementados con proteína y energía.

X ₂ \ X ₁		Proteína cruda suplementaria, g/100 kg PV/día					Promedios
		0	100	200	300	400	
Melaza al natural kg/100 kg PV/día	0,0	2,65		2,69		3,13	2,82
	0,5		3,00		3,03		3,02
	1,0	3,22		3,26		3,38	3,29
	1,5		3,27		3,55		3,41
	2,0	3,31		3,99		3,99	3,76
Promedios		3,06	3,14	3,31	3,29	3,50	3,26

Cuadro 8A. Composición química de los insumos utilizados en el experimento.

INGREDIENTES	MS %	PC %	EM Mcal/kg MS
Harina de carne y hueso	93,0	40,0	2,60
Melaza de caña	77,0	3,5	3,29
Urea	100,0	262,5	--
Frijol, rastrojo	92,0	4,8	1,82

Cuadro 9A. Precios de los insumos y producto.

DESCRIPCION	CR \$/kg base fresca
Harina de carne y hueso	1,87
Urea	1,87
Melaza de caña	0,30
Frijol, rastrojo	0,20
Carne (CR \$/kg en pie)	4,80

Cuadro 10A. Análisis de varianza para la retención absoluta de N,
g N/100 kg PV/día.

FUENTES DE VARIACION	S C	G L	C M
Proteína	7998,37	4	1999,59**
Melaza	171,13	4	42,78*
Melaza x Proteína	19,28	4	4,82
Error	150,04	13	11,54
Total	8338,81	25	

Cuadro 11A. Análisis de varianza para la retención total de N, %
del N consumido

FUENTES DE VARIACION	S C	G L	C M
Proteína	2253,91	4	563,48**
Melaza	59,74	4	14,93
Proteína x melaza	340,50	4	85,12**
Error	106,34	13	8,18
Total	2760,50	25	

Cuadro 12A. Análisis de varianza para la retención total de N, % del N absorbido.

FUENTES DE VARIACION	S C	G L	C M
Proteína	1683,00	4	420,75**
Melaza	447,28	4	111,82**
Melaza x proteína	808,82	4	202,20**
Error	194,17	13	14,94
Total	3133,26	25	

* P 0,05

** P 0,01

Cuadro 13A. Análisis de varianza para la digestibilidad aparente de la proteína cruda, %.

FUENTES DE VARIACION	S C	G L	C M
Proteína	5384,05	4	1346,01**
Melaza	155,14	4	38,78**
Melaza x proteína	127,40	4	31,85**
Error	65,80	13	55,06
Total	5732,39	25	

Cuadro 14A. Análisis de varianza para la digestibilidad aparente de la MS.

FUENTES DE VARIACION	S C	G L	C M
Proteína	214,66	4	53,66*
Melaza	772,25	4	193,06**
Melaza x proteína	71,55	14	17,88
Error	199,96	13	15,38
Total	1258,12	25	

* P 0,05
** P 0,01

Cuadro 15A. Análisis de varianza para la ganancia de peso en la prueba de producción de carne, kg/animal/día.

FUENTES DE VARIACION	S C	G L	C M
Tratamientos	2,74	11	0,25**
Proteína	2,10	4	0,53**
Melaza	0,26	4	0,06
Proteína x melaza	0,38	3	0,13**
Error	0,89	36	
Total	3,65	47	

* P 0,05 ** P 0,01