

116.62
1
2ej
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO.

F E S- CUAUTITLAN.

PRODUCTIVIDAD Y RECAMBIO RUMINAL DE CABRAS ALIMENTADAS
CON RACIONES CON DIFERENTES CONCENTRACIONES DE
FIBRA DETERGENTE NEUTRO.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA

MVZ HECTOR MARIO ANDRADE MONTEMAYOR

ASESORA: Dra. MARIA GUADALUPE BERNAL SANTOS.

1972
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas

Tesis Digitales

Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

RESUMEN

Con objeto de determinar el efecto del nivel de fibra detergente neutro (FDN) en las raciones de cabras lecheras sobre la respuesta productiva, la composición de la leche y el recambio ruminal, se realizó el siguiente experimento, en el cual se probaron 4 diferentes relaciones de forraje:concentrado (alfalfa:sorgo). Se usaron 12 hembras encastadas con Nubia, con un peso de 41.6 ± 3.8 kg, con 48 ± 4.8 días postparto, y fistuladas del rumen, bajo un diseño experimental de cuadrado latino 4×4 triplicado, con 4 períodos de 21 días, 7 días de adaptación y 14 de mediciones. Las proporciones de forraje:concentrado evaluadas fueron 80:20, 70:30, 60:40 y 50:50, las cuales aportaron 4 niveles de FDN(%): 32.0, 30.6, 29.1 y 27.6, respectivamente. Las variables de respuesta fueron 1) consumo de materia seca (MS), de materia orgánica (MO), de fibra detergente neutro (FDN), de fibra detergente ácido (FDA) y de proteína cruda (PC); 2) producción de leche y de grasa, y 3) recambio de la fase sólida del rumen, estimado con lignina y con cenizas insolubles en detergente ácido (CIDA) como marcadores. No se encontraron diferencias ($P > 0.05$) en los consumos promedio de MS (1.5 kg), MO (1.3 kg), PC (0.26 kg), FDN (0.48 kg) y FDA (0.26 kg). No se presentaron diferencias ($P > 0.05$) en la producción de leche promedio (1.16 kg) ni en el recambio ruminal (17.65 h). Al ajustar la producción de leche a 4% de grasa se observó una ligera superioridad ($P < 0.06$) en el tratamiento 60:40 (1.315 kg/día). En todos los tratamientos se presentaron ligeras pérdidas de peso (24 g/día promedio) excepto en el tratamiento 60:40, sin ser éstas diferentes ($P > 0.05$). El consumo de energía, fue de 2.57, 2.69, 2.59, y 2.80 Mcal de EN/día, para las dietas 80:20, 70:30, 60:40 y 50:50 respectivamente. De acuerdo a los resultados presentados, se concluye que la pequeña variación en concentración de FDN entre las dietas evaluadas, no permitió detectar diferencias entre tratamientos para poder estimar el nivel óptimo de FDN para producción de leche en cabras estabuladas.

INDICE

	Página
Resumen	i
Indice	ii
Indice de cuadros	iii
I. Introducción	1
II. Objetivos	4
III. Revisión de literatura	5
A. Características de la ganadería caprina.	5
B. Producción de leche y características de la leche de cabra	7
1. Producción de leche	7
2. Características físicas y químicas de la leche de cabra	9
C. Síntesis y secreción de grasa	13
D. La fibra en la dieta de caprinos	14
E. Cinética ruminal	21
F. Interpretación biológica de los modelos de cinética ruminal	25
IV. Material y métodos	30
V. Resultados	39
VI. Discusión	49
VIII. Bibliografía	58
Apéndices	65

INDICE DE CUADROS

Página

3.1. Comparación de la producción de leche, días de lactación y el peso de cabras en estabulación en el Estado de Coahuila, México	10
3.2. Producción de grasa (%) en cabras de diferentes razas	12
4.1. Composición de los ingredientes de la ración (en base seca)	33
4.2. Composición de las dietas experimentales ofrecidas (en base seca)	34
4.3. Esquema experimental para cada período	35
5.1. Consumo diario promedio de materia seca y otros nutrimentos (kg)	41
5.2. Contenido de algunos nutrimentos y de energía de la dieta consumida expresados como % de la materia seca	42
5.3. Producción promedio diario de leche, grasa, y cambios de peso	45
5.4. Efecto de la proporción forraje:concentrado sobre el balance de energía neta de lactación	46
5.5. Características físicas del contenido ruminal y de su recambio	48
A.1. Características individuales de los animales	67
A.2. Consumo de MS y de fracciones de fibra como % del peso del animal y con base a su peso metabólico (0.75)	68
A.3. Análisis de correlación entre algunas de las principales variables de interés	69
A.4. Tamaño de la partícula de la alfalfa ofrecida	70
A.5. Número animales por tratamiento necesarios para obtener diferencias estadísticas entre tratamientos para algunas variables	71
A.6. Ejemplo de la metodología para obtener el balance de energía	72

I. INTRODUCCION

La ganadería caprina en el mundo se ha desarrollado principalmente en zonas desérticas y semidesérticas, en las que han podido sobrevivir debido a la adaptación que estos animales han desarrollado en sus hábitos alimenticios. En su mayoría las cabras son explotadas bajo sistemas extensivos y trashumantes caracterizados por graves deficiencias alimenticias y sanitarias, por lo que su productividad, sea de leche o de carne, es muy pobre.

La producción de leche de cabra en algunas regiones del mundo representa hasta el 50% de la producida por otras especies, encontrándose animales con producciones superiores a los 700 kg de leche por lactancia.

En cualquier especie, la producción de leche es muy sensible a variaciones ambientales, siendo el consumo voluntario y la calidad del alimento dos de los factores que más influencia tienen tanto en la cantidad como en la calidad de la misma. Al crecer, el consumo de energía es el principal factor que limita la producción láctea, y su aporte a través de la dieta puede verse limitado por las características físicas y químicas del alimento. La concentración de fibra detergente neutro (FDN) en la dieta se considera como el principal nutrimento limitante del consumo de alimento y, por lo tanto, del consumo de energía y de la digestibilidad del mismo. Su presencia en el alimento ayuda, entre otras cosas, a mantener un pH ruminal favorable para el

desarrollo de los microorganismos que fermentan la celulosa y la hemicelulosa presentes en los forrajes, dando como productos finales a los ácidos grasos volátiles (AGV), los cuales son la fuente de energía más importante para el rumiante.

En bovinos productores de leche se han realizado investigaciones con la finalidad de determinar sus necesidades de fibra, expresándola como fibra cruda, FDN, o fibra detergente ácido (FDA). La FDN y la FDA difieren de acuerdo a su grado de utilización, y se relacionan con la cantidad de nutrimentos potencialmente digestibles. Es decir, la FDN está correlacionada negativamente con el consumo voluntario, y la FDA con la digestibilidad de los alimentos. Así, la calidad de un forraje depende de su contenido de FDN y de FDA, las cuales están relacionados, a su vez, con la edad y tipo de planta, con algunas prácticas de cultivo como la fertilización, y con las condiciones ambientales, entre otros factores.

Otro factor importante que determina la utilización de los nutrimentos presentes en el alimento, es la tasa de paso o el recambio ruminal. Este tiempo de permanencia del alimento en el rumen depende de las características físicas y químicas del mismo, las cuales pueden ser manipuladas por los nutricionistas para optimizar su uso por parte del animal.

En caprinos se han realizado pocos trabajos para ver el efecto de la fibra sobre su respuesta productiva, y mucho menos se han determinado sus necesidades de esta fracción alimenticia, aún cuando se sabe que se alimentan con dietas que contienen altos niveles de fibra.

Una de las formas para controlar el nivel de fibra y de energía en las raciones del ganado lechero, es mediante la manipulación de la relación forraje:concentrado. Por ejemplo, se han encontrado buenos resultados en bovinos lecheros de mediana producción, cuando se les han proporcionado raciones que tienen una proporción forraje:concentrado de 70:30, con la cual se ofrece un nivel de FDN del 35%. Si la proporción de forraje se disminuye, el nivel de FDN también se reduce, y entonces pueden presentarse problemas digestivos o se compromete la producción de grasa en la leche.

Con estos antecedentes, se diseñó el presente experimento con el objetivo principal de evaluar si las cabras estabuladas responden a la alimentación de diferentes niveles de forraje:concentrado, en términos de producción y composición de la leche.

II. OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar si la concentración de FDN en la ración de cabras explotadas de manera intensiva tiene algún efecto sobre la producción de leche.

Objetivos particulares

Determinar el efecto de la concentración de FDN en la ración sobre:

- la cantidad y la calidad de la leche de cabra;
- el consumo del alimento y de otros nutrimentos;
- el recambio de la fase sólida del rumen.

III. REVISION DE LITERATURA

A. CARACTERISTICAS GENERALES DE LA GANADERIA CAPRINA

La cabra doméstica ha sido reconocida como un animal con potencial de desarrollo en las zonas áridas del planeta, debido primordialmente a su capacidad de adaptación y hábitos de consumo. Es un rumiante con costumbres peculiares en cuanto al consumo de forraje, ya que es un gran consumidor de arbustos, siendo, en general, el 60% de su consumo a base de ramoneo y el 40% de pastoreo (Malechek y Provenza, 1981). Bajo sistemas intensivos y con razas especializadas, la cabra ha demostrado su capacidad de producción llegando a producir de 700 a 800 litros por lactancia (Ibarra y Andrade, 1988).

México posee el 65% de su territorio con características semiáridas, zonas en donde abunda la ganadería caprina, la cual representa una buena alternativa de desarrollo para los pobladores de dichas zonas (Juárez y Peraza, 1981b; Andrade y Cabello, 1987).

Aún cuando existe una gran población de ganado caprino en el mundo, se cuenta con poca información científica relacionada con las características alimenticias, reproductivas y de manejo de la cabra, debido a que la caprinocultura se desarrolla en países con pocos recursos económicos y en poblaciones marginadas.

La cabra es un animal con grandes posibilidades de desarrollo y producción ya sea de leche, carne, pelo o piel. La décima parte de la leche consumida en el mundo proviene de la cabra, y en algunas regiones es la principal fuente tanto de carne como de leche (Demirezen, 1982).

El ganado caprino que se localiza en las zonas áridas del mundo, es manejado en forma extensiva, sin control del pastoreo, usando generalmente grandes extensiones de agostaderos sobrepastoreados y sobrepoblados, lo que origina grandes áreas de erosión y desertificación. Las áreas tropicales del mundo poseen 262 millones de cabras, lo que representa las dos terceras partes de la ganadería caprina (Devendra y Mc Leroy, 1986). Por otra parte, la FAO menciona que existen 446 millones de caprinos en el mundo, de los cuales el 59% se encuentran en áreas tropicales (F.A.O., 1979).

La ganadería caprina en México fue introducida alrededor de 1554 a 1559, traída por los españoles; aunque durante los primeros años de dominación española no fue una especie de gran popularidad (González, 1977). Por el año de 1736, la cría caprina ya tenía un buen desarrollo en el norte del país, mencionándose que en los llanos del Nuevo Reino de León (hoy estado de Nuevo León), se criaban 700,000 cabezas de esta especie (González, 1977; De la Fuente y Juárez, 1982).

Actualmente, la mayor población caprina está constituida por animales producto de cruzamientos no planeados de las razas españolas originales, dando origen a la población llamada criolla, la cual posee una buena adaptación al medio, siendo rústica, pero poco productiva. Existen también razas especializadas las cuales se ubican en las áreas lecheras del bajo y del norte de la república, explotadas bajo sistemas extensivos e intensivos.

De los 9.8 millones de cabras que existen en México, el 90%

es explotado de manera extensiva (Bazán, 1983; Ibarra y Andrade, 1988), mientras que solamente el 7% es explotado en condiciones semi-intensivas, donde la alimentación consiste en pastoreo sobre residuos agrícolas, pastoreo en agostadero y suplementación con concentrados (Juárez y Peraza, 1981a,b; Peraza y Hernández, 1982; Ibarra y Andrade, 1988). Bajo sistemas intensivos solamente se sostiene al 3% de la población, y estos sistemas se caracterizan por el uso elevado de tecnología que permite producciones de más de 700 litros por lactancia. La importancia de este sistema es su producción de pie de cría de alta calidad, punto estratégico en la explotación de esta especie (Ibarra y Andrade, 1988; Juárez, 1990).

B. PRODUCCION Y CARACTERISTICAS DE LA LECHE DE CABRA.

1. Producción de leche.

En México, en 1980, se obtuvo una producción anual de 270 millones de litros de leche, lo que dividido entre 9 millones de cabras corresponde a 30 litros por cabeza al año (De la Fuente y Juárez, 1982; Juárez, 1990). En el año de 1979 en el mundo se produjeron 7.2 millones de toneladas métricas de leche de cabra, con 36 millones de cabezas (8% de la población mundial), lo que representa un promedio de 200 kg/cabeza al año (Loewenstein, 1982; Raun, 1982; Demiruren, 1982).

La producción de leche en cualquier especie está influenciada, entre otros factores, por la raza, el tipo de alimentación y los sistemas de manejo.

En ganado caprino el consumo de energía es uno de los factores que afecta en forma importante la producción de leche (Morand-Fehr, 1981a; Skjevdal, 1981; Morand-Fehr y Sauvant, 1980), el

cual tiene una correlación de 0.82 con la producción láctea durante las semanas 4 a 8, y de 0.96 en las semanas 16 a 20 (Skjevdal, 1981; Morand-Fehr, 1981b). Morand-Fehr (1981a) menciona que en cuanto a alimentación, el 50% de la producción láctea es resultado del consumo de energía y el otro 50% de la movilización del tejido adiposo especialmente al inicio de la lactancia, por lo que la condición física del animal al parto influye en la producción láctea (Skjevdal, 1981; Morand-Fehr y Sauvant, 1980). Entre los nutrimentos presentes en el forraje la FDN es la que mayor relación tiene con la Energía Neta de lactación (ENL) siendo esta negativa, y es por esto que se han desarrollado ecuaciones para estimar la ENL del alimento en las que se incluye la concentración de FDN del forraje (Mertens, 1983).

La eficiencia productiva depende de todos los elementos involucrados en un sistema de producción, por lo que encontramos rendimientos que van desde 2614 g/lactancia en cabras Toggenburg bajo sistemas intensivos y animales de gran calidad genética (Loewenstein, 1982), hasta de 60 kg/cabra/año con cabras criollas en sistemas extensivos (Juárez, 1990). Dentro de cada sistema de explotación la mayor diferencia la encontramos entre razas, existiendo desde luego diferencias individuales dentro de la misma (Jennes, 1980; Yazman, 1980; Loewenstein, 1982; Arbiza, 1986; Devendra y Mc Leroy, 1986).

Por lo general, las cabras de origen Alpino Europeo (Sannen, Toggenburg y Alpino Francés) son las de mayor producción lechera, seguidas por las de origen Afro-Europeo (Anglo-Nubia), las razas

Españolas (Granadina y Murciana) y Norteamericanas (La Mancha). La mayor producción se obtiene en países con climas templados y en los que predomina el uso de tecnología moderna, además de que estos animales han sido rigurosamente seleccionados con la finalidad de incrementar la producción láctea o mejorar el rendimiento de queso (Le Jaoune y De Simiane, 1981; Demiruren, 1982).

En sistemas de tipo semi-intensivo en los que además del agostadero se cuenta con algún tipo de suplementación en el corral, se han encontrado producciones de 208.6 kg con lactancias de 184 días, con cabras de raza Nubia (Cabello et al., 1991), siendo similar a la encontrada por Castillo et al., (1987) de 364.2 kg en lactancias de 300 días con cabras encastadas con Nubia. Montaldo (1985) hizo una comparación de la productividad entre razas de cabras estabuladas en México, siendo patente la importancia que juega su potencial genético (Cuadro 3.1).

2. Características físicas y químicas de la leche de cabra.

Al igual que la producción de leche, sus características pueden variar debido a factores tales como la alimentación y la raza, entre los más importantes (Larson, 1978; Jennes, 1980; Morand-Fehr et al., 1982).

La composición de la leche de cabra difiere de la de la mayoría de los mamíferos tanto en sus características físicas como químicas (Jennes, 1980; Loewenstein, 1982; Morand-Fehr et al., 1982; Ducoing y Flores, 1989). Su sabor es fuerte debido al alto contenido en ácidos grasos. Generalmente el porcentaje de grasa, el contenido de nitrógeno no proteico y cloro es mayor

Cuadro 3.1 Comparación de la producción de leche, días en lactación y el peso de cabras en estabulación en el Estado de Coahuila, México.1/

Raza	Producción de leche (kg)	Días de lactación	Peso corporal (kg)
Criollo	299	228	42.7
Granadina	370	230	43.6
Nubia	339	228	48.1
Toggenburg	450	263	42.7
Alpina	469	270	44.6
Saanen	513	283	45.9

1/ Montaldo (1981, presentado en Montaldo, 1985)

que en la leche de bovinos (Jennes, 1980; Yazman, 1980; Loewenstein, 1982; Arbiza, 1986; Devendra y Mc Leroy, 1986). El glóbulo de grasa es más pequeño que el de la leche de vaca o de borrega lo que la hace más digerible; se han encontrado glóbulos en la leche de cabra que van de 1.5 a 3 micras, mientras que en la leche de bovinos predominan los de 3 a 7.5 micras (Jennes, 1980; Ducoing y Flores, 1989).

La cantidad de grasa en la leche varía en forma importante entre especies. Así tenemos que en la leche de bovinos el porcentaje es en promedio de 3.67 y en la de cabras varía de 4 a 8% (Larson, 1978; Morand-Fehr et al., 1982; Arbiza, 1986). Tanto en cabras como en bovinos el nivel de producción está altamente correlacionado con la cantidad de grasa. Sauvart (1973, en Morand-Fehr et al., 1982) informa de una correlación negativa entre el porcentaje de grasa y la producción de leche de -0.31.

Las diferencias entre razas son importantes, encontrándose producciones de grasa de 3.4% en cabras Alpino-Británicas (Jennes, 1980), y de 7.76% en cabras Pigmeas-Africanas (Arbiza, 1986). En el Cuadro 3.2 se presenta una comparación de la producción de grasa en la leche de diferentes razas. Por otro lado, la variabilidad en el contenido de grasa de la leche entre razas, individuos de la misma raza o entre un día y otro, son substancialmente mayores a las encontradas en el contenido de proteína y otros componentes. En un estudio realizado en Francia por Morand-Fehr et al., (1982) con 45 hatos de cabras, la magnitud de la variación fue de 29.9 a 41.1 g/kg para la grasa y de 25.8 a 30.4 g/kg para la proteína.

Cuadro 3.2 Producción de grasa (%) en cabras de diferentes raza

Raza	R e f e r e n c i a	
	Loewenstein (1982)	Jennes (1980)
Saanen	3.5-4.9	4.0-4.6
Toggenburg	3.5-5.0	3.8-5.0
Nubia	4.4-6.6	4.1-6.6
Pigmea	—	7.8

C. SINTESIS Y SECRECION DE GRASA EN LA LECHE.

Desde hace tiempo se ha demostrado que la síntesis de leche se realiza a partir de sustancias extraídas directamente del plasma (glucosa, ácidos grasos, minerales y proteínas) (Linzen, 1967). La glándula mamaria tiene un gran flujo sanguíneo que varía de 400 a 450 veces la tasa de secreción láctea. Este flujo es necesario para extraer suficiente sustrato y producir leche (Morand Fehr et al., 1982)

La síntesis de ácidos grasos en la glándula mamaria de los rumiantes se lleva a cabo principalmente a partir del ácido acético y del ácido beta-hidroxibutírico (Morand-Fehr et al., 1982; Linzen, 1967). Se ha observado que se pueden producir cambios en la composición de la leche si se altera la calidad del alimento. De manera general, si se incrementa la cantidad de grano en la dieta se favorece la síntesis de ácido propiónico y la producción aumenta, pero el porcentaje de grasa se reduce; mientras que con el consumo exclusivo de forraje, su fermentación en el rumen da origen a grandes cantidades de ácido acético y la producción se reduce, pero el porcentaje de grasa se incrementa (Van Soest, 1982). Es por ésto que al igual que en dietas para bovinos, se debe dar mayor importancia a la proporción forraje:concentrado que se ofrezca a la cabras, cuando se trata de explotaciones de tipo intensivo.

D. LA FIBRA EN LA DIETA DE LOS RUMIANTES.

La fibra ha sido definida por algunos investigadores como el material de la planta que no puede ser digerido por las enzimas digestivas del animal, pero que puede ser utilizado por la población microbiana del rumen. Por otro lado, biológicamente es necesaria para la planta, con la finalidad de soportar su estructura y darle protección (Van Soest, 1982).

Einhof (1778-1808, en Van Soest, 1982) definió inicialmente a la fibra como material indigestible y como un solo compuesto (celulosa) y la consideró como una unidad químicamente uniforme, pero ignoraba que la fibra era un compuesto más complejo, el cual también contiene hemicelulosa y lignina, entre otros componentes (Van Soest, 1982).

Actualmente se sabe que la fibra esta formada por las paredes celulares de la planta, las cuales están compuestas por una gama de elementos en los que predominan los glúcidos estructurales, como la celulosa, la hemicelulosa y la pectina, y otros elementos no glúcidos como la lignina, los compuestos nitrogenados, los minerales y la cutina (Van Soest, 1982).

La fibra en la dieta ha sido expresada como fibra cruda, fibra detergente neutro o fibra detergente ácido. La fibra cruda representa la fracción del alimento que resiste la degradación ácida y alcalina; sin embargo, su método de obtención en el laboratorio es ineficiente debido a que no se recuperan todos los elementos que realmente integran las paredes celulares de las plantas, de las cuales algunos son potencialmente digestibles, (Van Soest, 1982).

Debido a lo anterior, se propuso el método de los

detergentes (Goering y Van Soest, 1970, en Van Soest, 1982). De acuerdo a esta metodología, la planta se divide en dos elementos básicos: 1) contenido celular: que se compone de lípidos, azúcares, ácidos orgánicos, nitrógeno no proteico y proteínas solubles, todos los cuales tienen una digestibilidad que va del 86.8% al 98% (Van Soest, 1982; Harlam *et al.*, 1991); 2) paredes celulares: compuestas de elementos no solubles en detergente neutro (lauril sulfato de sodio), y son las que constituyen la Fibra Detergente Neutro (FDN). Los elementos químicos que componen a la FDN son: hemicelulosa, celulosa, lignina, cutina, sílice y algunos elementos nitrogenados unidos a cualquiera de los anteriores. La composición de la Fibra Detergente Acido (FDA) es similar a la FDN, con excepción de que no contiene hemicelulosa (Van Soest, 1982).

El valor nutritivo de un forraje depende en gran medida del contenido y de la calidad de la FDN. A medida que aumenta este elemento la cantidad de energía neta disponible en el forraje disminuye, y por otro lado, al aumentar la edad de la planta la extensión de la digestión es menor, debido a un aumento en la lignificación de las paredes celulares. El tipo de forraje marca diferencias importantes, ya que las leguminosas tienen una tasa de digestión mayor y más rápida que las gramíneas, aún cuando las primeras posean una mayor cantidad de lignina, pero generalmente contiene un mayor contenido celular. Por otro lado, los pastos tropicales generalmente se encuentran más lignificados que los de climas templados, lo que limita su aprovechamiento (Fahey y Jung, 1983).

La FDN se relaciona con la rumia, incrementa la insalivación y ayuda a mantener un pH adecuado para las bacterias del rumen (Lu et al., 1987). Por otro lado, la FDN está negativamente relacionada con el consumo voluntario, por ocupar un mayor espacio en el rumen y ser de digestión lenta (Van Soest, 1982; Mertens, 1983), además de ayudar a mantener un nivel apropiado de grasa en la leche (Grummer et al., 1987; Kawas et al., 1991a,b). Al proporcionar dietas con insuficiente cantidad de FDN, pueden existir efectos negativos en la fermentación ruminal, disminución de la producción de ácido acético y del pH ruminal, lo cual afecta las poblaciones microbianas digestoras de fibra (bacterias celulolíticas) y por lo tanto disminuye su posibilidad de digestión (Van Soest, 1982; NRC, 1988).

La necesidad de fibra en la alimentación ha traído como consecuencia el establecer un nivel mínimo de ésta con el cual el consumo voluntario, el pH ruminal, el patrón de fermentación ruminal, la relación ácido acético:ácido propiónico, la grasa en la leche y el recambio ruminal sean los óptimos y mantengan un adecuado consumo de energía y un nivel de producción de leche elevado (Mertens, 1977). Debido a esto, en bovinos lecheros se han establecido diferentes requerimientos de fibra dependiendo de la etapa productiva y del nivel de producción en que se encuentren, y se han recomendado niveles de FDN del 26 al 29% y de FDA del 17 al 21% en la ración para animales con una producción de alrededor de 32 litros de leche y que se encuentren entre las 10 y las 12 semanas de lactación (Kawas et al., 1991b; NRC, 1988). Para vacas produciendo de 16 a 24 kg de leche con 4% de grasa, Mertens (1983) recomienda del 34 al 38% de FDN, o el

equivalente al 1.2% del peso del animal. Por su parte el NRC (1988) recomienda un mínimo de 28% de FDN para vacas en la 3 primeras semanas de lactación y para animales de alta producción, y al disminuir la producción láctea, el nivel de consumo de FDN aumenta. Por otra parte, se recomienda que el 75% de la FDN sea proporcionada por el forraje (Kawas et al., 1991b).

A pesar de que se ha recomendado proporcionar un nivel mínimo de FDN en rumiantes, en cabras lecheras son pocos los estudios que se han realizado alrededor de este nutrimento, con la finalidad de determinar su efecto sobre el consumo voluntario, la producción de leche, el pH y el metabolismo ruminal de esta especie.

Kawas et al., (1991a), al emplear 3 dietas con diferentes relaciones de forraje:concentrado en la alimentación de cabras (75:25, 60:40 y 45:55, representando 45.3, 41.2 y 35.7% de FDN, respectivamente), provocó una disminución progresiva en el porcentaje de grasa en la leche (3.62%, 3.29% y 2.92%, respectivamente). Por su parte Skjevdal (1981), al proporcionar dos niveles de concentrado por litro de leche producida (400 vs 300g), observó mayor producción de leche con el nivel mayor (2.73 vs 2.61), pero menor porcentaje de grasa (3.67 vs 3.83%), y menciona además la importancia de la calidad del forraje, en términos de FDN, sobre el consumo de energía, producción de leche y de grasa. En otro estudio, Morand-Fehr (1981a) menciona que en cabras con producciones de 600 a 900 kg de leche por año, al proporcionarles de 600 a 800 g de concentrado por día, no se redujo el consumo de forraje y mantuvieron producciones de leche

adecuadas sin disminuir la cantidad de grasa.

El consumo voluntario de alimento es uno de los aspectos fundamentales en la nutrición, ya que de éste depende la respuesta productiva del animal. La FDN está correlacionada en forma negativa con el consumo de alimento, debido a su lenta digestión y espacio ocupado en el rumen por los constituyentes indigestibles de la misma (Ellis et al., 1983; Grovum, 1984 y 1986; Fahey y Merche, 1986; Mertens, 1987). Existen dos posibles controles del consumo voluntario, los cuales son de índole físico (capacidad ruminal) y fisiológico (receptores neurales); ambos trabajan separadamente dependiendo de la densidad energética de la ración, valor nutritivo y capacidad ruminal del animal (Gihad et al., 1980; Van Soest, 1982; Fahey y Merche, 1986; Mertens, 1987).

Mertens (1987), al proponer que la FDN puede controlar el consumo, establece que la limitación física en el rumen se puede describir por medio de la relación entre la capacidad de consumo y las características de llenado de la ración. La capacidad de consumo se refiere al volumen o espacio disponible en el retículo-rumen y la limitación fisiológica se basa en que el consumo es igual a la relación del requerimiento energético del animal y el contenido energético de la ración, existiendo una relación negativa entre la FDN y el contenido energético de la ración. Al graficar los límites físicos y los fisiológicos, el punto de intersección se considera como el máximo consumo teórico y óptimo de FDN (Mertens, 1987).

Varios autores han encontrado que la disminución en el tiempo de retención de la fracción de FDN y la elevada tasa de

digestión de la misma, dan como resultado consumos voluntarios elevados ya que estos elementos son los que determinan el tiempo de permanencia del material en el rumen, y en consecuencia determinan el consumo voluntario (Van Soest, 1982; Katchner y Campbell, 1984; Allison, 1985; Forbes, 1987). Con relación al tamaño de partícula, Lu (1987) realizó un experimento comparando dos diferentes tamaños de partícula en el alimento de caprinos lecheros, los cuales fueron 2.38 vs 3.87 mm, y encontró que el tamaño de partícula tiene efectos importantes sobre el consumo voluntario, siendo éste mayor (1.93 kg/día) en las cabras alimentadas con partículas pequeñas (2.38 mm), que en las que fueron alimentadas con partículas grandes (1.77 kg/día).

Los consumos de MS que se han encontrado en caprinos son muy variables, siendo desde 1.4% del peso del animal (Devendra, 1982) hasta el 11% (Branon, 1978 en Martínez et al., 1981). Reid et al. (1990) encontraron un mayor consumo de MS en cabras (68.6 g/kg^{0.75}), que en borregos (65.8 g/kg^{0.75}), así como en el consumo de FDN, 42.6 g/kg^{0.75} en cabras contra 39.6 g/kg^{0.75} en borregos. Huston et al. (1986), por su parte, encuentran un menor consumo de MS en cabras (1.21 kg/día) que en borregos (1.64 kg/día) cuando estos animales se encontraban en estabulación y con una alimentación a partir de heno de sorgo.

Al realizar comparaciones entre el consumo de diferentes forrajes y de diferentes formas de conservación de los mismos (silo vs heno), Lu et al. (1980) encontraron un mayor consumo de heno de alfalfa conteniendo 46.5% de FDN (990 g/día) que de ensilaje de maíz con 49.4% (914 g/día), lo cual demuestra la

importancia de conocer las características químicas de diferentes tipos de forraje, principalmente en términos de cantidades de FDN y de FDA, para poder determinar la proporción forraje:concentrado óptima.

E. CINETICA RUMINAL

Como se ha visto en las secciones anteriores, existen diversos factores que pueden estar involucrados en el aprovechamiento apropiado de los alimentos, entre los cuales se encuentra la tasa de degradación o fermentación en el rumen y la tasa de remoción física, o de paso, de la ingesta por este compartimento (Van Soest, 1982; Faichney, 1984). Estos procesos son conocidos como cinética ruminal, que como lo indica este término, es el estudio de los movimientos que producen diversas fuerzas, lo que está en contraposición de la estática que estudia el equilibrio (Raluy, 1990).

El rumiante es hábil para utilizar alimentos fibrosos, debido a su complicado sistema digestivo, en el que se involucra la relación entre el rumen del animal y su flora ruminal, lo que permite el aprovechamiento de los elementos estructurales de la fibra (Mertens, 1977; Van Soest, 1982; Faichney, 1984). El grado de utilización de estos elementos depende tanto del grado de madurez y de la calidad del forraje (Waldo *et al.*, 1972; Worrel *et al.*, 1986), como de sus características físicas, como son densidad y tamaño de partícula (Grovm, 1984; Ellis *et al.*, 1986; Huston *et al.*, 1986; Grant *et al.*, 1990). Estas características a su vez determinan el consumo, la tasa de digestión y de paso de los alimentos (Mertens, 1977; Van Soest, 1982; Demment y Van Soest, 1988; Van Soest *et al.*, 1988). Existen dos posibles rutas de desaparición de los alimentos del rumen: la digestión (y absorción), y el paso o salida del rumen al tracto posterior. El material indigestible solamente puede desaparecer

del rumen por el paso directo o escape, mientras que el material potencialmente digestible desaparece ya sea por medio del paso y/o por la de digestión. Para poder comprender ésto se han desarrollado diversos modelos matemáticos, los cuales ya han sido descritos por otros autores (Kotb y Luckey, 1972; Waldo et al., 1972; Ellis, 1978; Grovum, 1984; Czerkawzky, 1984; Van Soest et al., 1988).

La tasa de digestión se refiere a la cantidad de alimento digerido por unidad de tiempo. Con base en la velocidad de digestión, en un alimento se consideran dos fracciones, una con alta digestibilidad y otra potencialmente digestible; la primera fracción esta constituida por el contenido celular, el cual es altamente soluble y digestible (Van Soest, 1982; Mertens y Ely, 1982; Harlam et al., 1991); la fracción potencialmente digestible es la pared celular ya descrita anteriormente, cuyo grado de digestibilidad depende de su nivel de lignificación (Van Soest, 1982). El potencial de digestión de estas fracciones, aunado a su tasa de digestion, determina el grado de utilización y de producción de energía a partir de los mismos.

El término "tasa de digestión" se introdujo en estudios de digestión in vitro, con la finalidad de interpretar fisiológicamente las curvas de digestión. Al introducir un forraje al rumen se requiere de un tiempo de preparación para iniciar la digestión conocido como fase "lag" o periodo de latencia, el cual varia dependiendo del sustrato de que se trate. En resumen, la digestibilidad efectiva del alimento depende de: la cantidad de material soluble presente, la cantidad de material

indigestible, la cantidad de material potencialmente digestible (MPD), la tasa de digestión de este último, el tiempo de retraso para el inicio de la digestión del MPD, y la tasa de paso del material potencialmente digestible.

Posteriormente la digestión continúa antes de que el alimento pase a través del tracto, por lo que las dietas con mayor cantidad de elementos de rápida digestión pueden tener mayor digestibilidad y ser menos afectadas por la tasa de paso del alimento (Huston et al., 1986; Van Soest, 1982). La tasa de paso se refiere a la cantidad o proporción de digesta que pasa a través del tubo digestivo en un tiempo dado, o a la inversa del tiempo de retención o recambio (Ellis, 1978).

Por otro lado, Van Soest (1982) considera que el recambio ruminal es el tiempo promedio que permanece el alimento en un compartimento, es constante bajo condiciones de equilibrio y asume un proceso cinético de primer orden, o sea proporcional a la concentración del sustrato. El tiempo de recambio se puede estimar dividiendo el contenido ruminal neto sobre el consumo, siempre y cuando se utilice una sustancia indigestible de referencia, o sea los llamados marcadores o indicadores.

En nutrición animal los marcadores han sido usados para medir ya sea la digestibilidad de los alimentos o el paso de partículas a través del tubo digestivo. Las características que debe tener una sustancia para ser considerada como un marcador, han sido descritas por Kotb y Luckey (1972) y deben ser materiales inertes, indigestibles, que no afecten la tasa de paso del alimento, que se mezclen completamente con la digesta, que sean recuperables y de fácil cuantificación (Kotb y Luckey, 1972;

Córdova et al., 1978; Galyean et al., 1986). Los marcadores pueden ser externos, esto es, cuando no son parte integral del alimento y se administran ya sea mezclados con el alimento o directamente a través de una cánula ruminal; o internos, los cuales forman parte del alimento, como es el caso de la lignina (Kotb y Luckey, 1972; Jung y Fahey 1983; Galyean et al., 1986). Los marcadores externos más comunmente empleados son el Cromo, el Cobalto y las tierras o elementos raros como el Iterbio (Yb), y el Praseodinio (Pr), entre otros. Entre los marcadores internos se encuentran la lignina, las cenizas insolubles en fibra detergente ácido (Porter, 1987), la FDN indigestible, y la FDA indigestible; los cuales ya han sido usados por otros autores para determinar la digestibilidad y el recambio ruminal (Jung y Fahey, 1983; Fahey y Jung, 1983; Galyean et al., 1986).

F. INTERPRETACION BIOLOGICA DE LOS MODELOS DE CINETICA RUMINAL

Con el objeto de tratar de interpretar los procesos de digestión y de tránsito de los alimentos a través del aparato digestivo de los rumiantes, se han desarrollado varios modelos matemáticos que tratan de explicar esos procesos utilizando los resultados obtenidos de pruebas de digestibilidad y/o de dinámica ruminal. Estas pruebas se basan en la recuperación de marcadores en las heces o en el contenido ruminal, usando cánulas ruminales o reentrantes en el duodeno.

Se han generado modelos de interpretación del paso de partículas a través del tracto digestivo, los cuales se apoyan en las teorías y los resultados de diferentes investigadores. Estos modelos han evolucionado conforme se han refinado las técnicas empleadas en el laboratorio para estudios de cinética, y han dado como resultado la eliminación o modificación de algunas de esas teorías. Entre los modelos más importantes se pueden mencionar los desarrollados por Balch (1950, en Kotb y Luckey, 1972), Blaxter (1956, en Kotb y Luckey, 1972), Hungate (1966, en Ellis y Beever, 1984), Waldo et al. (1972), Grovum y Williams (1973), Mertens (1977), Ellis et al. (1979, en Ellis y Beever, 1984), Dhanoa et al. (1985), Van Soest et al. (1988), todos los cuales tratan de dar una explicación biológica a los resultados obtenidos en sus ecuaciones.

El modelo de Blaxter por ejemplo, asume que el paso de las partículas por el rumen es un proceso constante a través de tres compartimentos principales: el retículo-rumen, el abomaso y el duodeno, con un tiempo de retraso entre el duodeno y las heces

(Blaxter 1956 en Kotb y Luckey, 1972). El desarrollo de este modelo, se basó en resultados obtenidos con el uso de partículas teñidas como marcador externo, que se proporcionaron en el alimento y cuya concentración en las heces se determinó posteriormente durante un tiempo dado.

Hungate (1966 en Ellis y Beever, 1984) desarrolló un modelo de dos compartimentos, que sigue una cinética de primer orden; este modelo sugiere un compartimento dentro del rumen asociado a las partículas grandes, las cuales disminuyen de tamaño por medio de la rumia con la finalidad de ser digeridas y de pasar al otro compartimento. El segundo compartimento está representado por la mezcla de partículas pequeñas que escapan del rumen por el orificio reticulo-omasal. Esto sugiere una tasa rápida de recambio que se asocia con la reducción en el tamaño de partícula y una tasa lenta de recambio que se asocia con la salida de partículas pequeñas por el rumen.

Por su parte, Waldo et al. (1972) establecen un modelo de desaparición de la celulosa en el rumen, la cual está compuesta de dos fracciones, una definida como potencialmente digestible y la otra como fracción indigestible que puede desaparecer del rumen por medio del paso o escape. En este modelo, el paso de todas las partículas es expresado como una función lineal y semilogarítmica en función del tiempo. La digestión de la fracción potencialmente digestible en el rumen se expresa por medio de la tasa de digestión dividida por la suma de la tasa de digestión y la tasa de paso. Este modelo de cinética de la fibra en el rumen relaciona la tasa de paso, la tasa de digestión, la

extensión de la digestión, el consumo diario, la composición química del contenido ruminal y el llenado ruminal (Waldo et al., 1972).

Grovum y Williams (1973), en estudios con borregos y utilizando como marcadores la sal de cromo en ácido etilén diamino tetraacético (CrEDTA), y algunos metales radioactivos como el cerio (^{144}Ce) y el praseodimio (^{144}Pr), midieron la tasa de excreción de marcadores, y a partir de sus resultados proponen la existencia de un compartimento con un recambio lento (k_1), que puede ser el rumen y un compartimento con un recambio rápido (k_2), que puede ser el ciego y el colon proximal. Además, proponen la existencia de un flujo de desplazamiento (t) que conecta a los 2 segmentos (rumen con el intestino grueso). Por medio de sus estudios evitan el uso de animales fistulados del rumen, ya que se basan en el patrón de excreción de los marcadores, lo que refleja el efecto acumulativo del tiempo de residencia del marcador en varias secciones del tubo digestivo.

Dhanoa et al. (1985) presentan un modelo multicompartamental para la descripción de los parámetros de excreción de los marcadores. Este grupo de investigadores menciona que la digestión efectiva está en función tanto de la tasa de fermentación como de la tasa de paso. Así, el modelo de Dhanoa considera que el flujo de la digesta es un proceso multicompartamental y exponencial, lo que se describe por medio de una ecuación múltiple que contiene un término exponencial y un término doblemente exponencial.

Van Soest et al. (1988) desarrollaron un modelo que antepone la reducción del tamaño de partícula, para lo cual describen tres

grupos de partículas: grandes, medianas y pequeñas. Cada uno de estos grupos de partículas contienen fracciones disponibles e indisponibles, definiendo a la disponibilidad como el material potencialmente digestible en la dieta, parte del cual escapa del tubo digestivo dependiendo de la competencia entre la velocidad de digestión y la de paso. Otros factores, como el tamaño de partícula, la tasa de hidratación, la densidad inicial e hidratada, y el tipo de sustrato, pueden modificar el proceso de paso y afectan el escape del material potencialmente digestible del rumen.

La técnica del vaciado ruminal fué utilizada originalmente por Paloheimo y Mäkelä (1959, en Bernal, 1988) para determinar el tiempo de retención del tracto gastrointestinal de bovinos. Ellos basaron la estimación del tiempo de retención en 3 teorías: 1) con una alimentación constante, la cantidad de MS que sale del retículo-rumen en 24 horas es igual a la cantidad de MS que entra al retículo-rumen en 24 horas; 2) con consumos constantes de MS el tamaño del retículo-rumen es constante; y 3) si después de prolongar la alimentación constante el contenido de el retículo-rumen aumenta a "n" veces el consumo de MS en un día, el promedio de tiempo de retención de un nutrimento dado es igual a "n" días. Esto sentó la base a los trabajos de Hungate et al., (1966, en Bernal 1988) quien es por medio del vaciado ruminal y usando lignina y sílice como marcadores, determinaron la extensión de la digestión y el promedio del recambio de la MS.

La metodología para estimar el recambio ruminal mediante la técnica del vaciado ruminal es fácil de establecer, ya que

solamente se necesita contar con animales fistulados del rumen, así como del material y el equipo para analizar los marcadores que se empleen.

A través de la información presentada en este capítulo, se puede apreciar que entre los factores nutricionales que tienen mayor influencia sobre la productividad de los rumiantes se encuentra la concentración de FDN de los forrajes que consume el ganado, así como su tiempo de permanencia en el rumen.

El conocimiento del tiempo de recambio ruminal, como se menciona anteriormente, permite estimar el grado de utilización de algunos de los nutrientes de los forrajes, principalmente de las fracciones glúcidas de sus paredes celulares (FDN), los cuales se degradan más lentamente. El hecho de que la FDN permanezca más tiempo en el rumen, por un lado va a incrementar el grado de digestión y desaparición de esa fibra de ese compartimento, pero por otro lado va a influir de manera negativa sobre el consumo voluntario del animal.

En el caso del ganado caprino, no se ha evaluado en impacto que tiene el nivel de FDN de los alimentos que consume sobre su consumo voluntario ni sobre su productividad, cuando los animales son explotados de manera intensiva, y mucho menos cuando se encuentran en condiciones de pastoreo.

Bajo condiciones de explotación intensiva hace falta información que sirva de base para poder definir si la cabra productora de leche, al igual que la vaca lechera, requiere de diferentes concentraciones de FDN en su ración de acuerdo a su nivel de producción.

IV. MATERIAL Y METODOS

El presente trabajo se realizó en las instalaciones del CENID-Fisiología y Mejoramiento Animal, localizado en el km 1.5 de la carretera a Colón, en la población de Ajuchitlán Municipio de Colón, Querétaro. El clima es templado, semiseco, con lluvias en verano y precipitación pluvial de 550 mm al año, a una altura sobre el nivel del mar de 1950m y temperatura media de 16C (Soria et al., 1987).

En la primera parte del experimento se probaron cuatro dietas con diferentes proporciones de alfalfa:sorgo, con la finalidad de determinar su efecto sobre la producción y la calidad de la leche. En la segunda parte se determinó el efecto de esas mismas dietas sobre el recambio ruminal de la fase sólida del rumen.

Diseño Experimental

Se empleó un cuadrado latino 4x4 con tres repeticiones, asignando previamente al azar a cuatro animales a cada cuadro y tratamiento durante cada periodo, considerando como columnas a los periodos y como renglones a los animales. Cada periodo tuvo una duración de 21 días, 7 de adaptación y 14 de mediciones. El experimento completo tuvo una duración de 84 días.

El modelo estadístico usado en el análisis del trabajo fue el recomendado por Federer (1977) para un diseño de cuadrado latino repetido. Cuando la interacción cuadro x tratamiento no fue significativa ésta se eliminó del modelo y su suma de cuadrados se sumó a la del cuadrado medio del error, lo que hizo el análisis más sensible.

El modelo fue como sigue:

$$Y_{ijklm} = M + C_i + A_j(i) + P_k + T_l + (CT)_{il} + E_{ijk}$$

donde:

Y_{ijk} = es la variable dependiente de i-ésimo cuadro,

j-ésimo animal, k-ésimo período.

M = media general

C_i = i-ésimo cuadro (1,2,3)

$A_j(i)$ = j-ésimo animal anidado en el i-ésimo cuadro (1,..,4)

P_k = k-ésimo período (1,...,4)

T_l = l-ésimo tratamiento (1,...,4)

(CT) = Interacción del i-ésimo cuadro x l-ésimo tratamiento.

E_{ijk} = error experimental.

Descripción de los animales

Se emplearon 12 cabras encastadas con Nubia, con un peso inicial promedio de 41.6 ± 3.79 kg, provistas de cánulas ruminales. Al inicio del experimento los animales tenían en promedio 48.2 ± 4.8 días postparto. Los animales fueron alojados en corraletas individuales con piso de cemento y recibieron agua y alimento a libertad.

La ordeña se realizó dos veces al día, a las 0600 y 1600 h, y semanalmente se obtuvo una muestra individual de la leche de cada ordeña. En el Cuadro A.1 se presentan las características de estos animales en forma individual.

Alimentación

Las dietas experimentales consistieron en cuatro diferentes proporciones de forraje:concentrado, 80:20, 70:30, 60:40 y 50:50

con la finalidad de aportar diferentes niveles de fibra detergente neutro (FDN): 32.0%, 30.6%, 29.1% y 27.6%, respectivamente. El forraje utilizado fue alfalfa (Medicago sativa) henificada y molida en un molino de martillo con criba de 2 cm y como concentrado se empleó sorgo molido (Sorghum bicolor), los cuales se ofrecieron mezclados y en forma integral. La cantidad que les correspondía consumir en un día se dividía en tres partes, correspondiendo una de estas a cada comida. La composición de la alfalfa y del sorgo se presenta en el Cuadro 4.1 y la de las dietas en el Cuadro 4.2.

El alimento se proporcionó 3 veces al día a las 0600, 1400 y 2200 h, con la finalidad de mantener en el rumen las concentraciones constantes de los productos de la fermentación ruminal y de los marcadores internos.

Para medir el consumo de nutrimentos, diariamente se pesó y se tomaron muestras del alimento ofrecido y del rechazado, permitiendo un 10% de rechazos. En el Cuadro 4.3 se presenta el esquema experimental que se siguió en cada período.

Recambio ruminal.

El recambio de la fase sólida del rumen fue estimado por el método del vaciado ruminal descrito por Bernal (1988). Los marcadores utilizados fueron la lignina Klason (Van Soest, 1982) y las cenizas insolubles en detergente ácido (CIDA) (Porter y Sniffen, 1987).

El vaciado ruminal se hizo manualmente. El contenido ruminal se pesó y se mezcló y posteriormente se tomó una muestra de aproximadamente un kilogramo, devolviendo el resto de contenido al animal.

CUADRO 4.1 Composición de los ingredientes de la ración
(en base seca).

Nutrimiento (%)	Alfalfa	Sorgo
Proteína cruda	20.2	9.1
Fibra detergente neutro	35.0	20.2
Fibra detergente ácido	22.4	7.2
Lignina	4.1	1.2
Celulosa	15.5	5.8
Cenizas insolubles en detergente ácido	2.2	0.6
Contenido celular	65.0	79.8
Hemicelulosa	12.6	13.0
Energía neta Mcal/kg ^{1/}	1.7	2.0

1/ Energía neta de lactación calculada de acuerdo a Mertens
(citado por Williams, 1988).

CUADRO 4.2 Composición de las dietas experimentales ofrecidas (en base seca).

NUTRIMENTO (%)	<u>Proporción forraje:concentrado</u>			
	80:20	70:30	60:40	50:50
Proteína cruda	18.0	16.9	15.8	14.6
Fibra detergente neutro	32.0	30.6	29.1	27.6
Fibra detergente ácido	19.4	17.9	16.3	14.8
Lignina	3.5	3.2	2.9	2.6
Celulosa	13.5	12.6	11.6	10.6
Cenizas insolubles en detergente ácido	1.9	1.7	1.5	1.4
Contenido celular ^{1/}	68.0	69.4	70.9	72.4
Hemicelulosa ^{2/}	12.68	12.7	12.8	12.8
Energía Neta Mcal/kg ^{3/}	1.77	1.79	1.82	1.85

1/ Contenido celular = 100-FDN.

2/ Hemicelulosa = FDN - FDA

3/ De acuerdo a Mertens (citado por Williams, 1988).

Cuadro 4.3 Esquema experimental para cada periodo.

Días a/	Evento
-7 - 0	Adaptación a la ración.
1 - 7	Medición de consumo ajustando a un 10% de rechazos.
7	Muestreo de leche.
8 - 14	Medición de consumo y colección de rechazos.
13	Muestreo de leche.
14	Vaciado ruminal a las 1200 hr, inicio de periodo de adaptación a la ración del siguiente periodo .

a/ Número de días con respecto al inicio del periodo correspondiente.

Las muestras obtenidas se secaron a 50°C por 72 horas, seguidas de una fase de estabilización al medio ambiente de 24 horas. Posteriormente se pesaron y se molieron en un molino Wiley con criba de 2mm para su análisis químico.

Análisis de Laboratorio.

A las muestras obtenidas del alimento ofrecido, rechazado y del contenido ruminal se les determinó la concentración de materia seca (MS), materia orgánica (MO), y proteína cruda (PC), de acuerdo al AOAC (1980); FDN, FDA, lignina Klason seguida por lignina permanganato, celulosa, y hemicelulosa, de acuerdo a Robertson y Van Soest (1985) y cenizas insolubles en detergente ácido de acuerdo a Porter (1987).

A las muestras de leche se les determinó el contenido de grasa (Gerber, 1960).

Variables de repuesta

- Consumo de: materia seca, materia orgánica, PC, FDN, FDA, celulosa, hemicelulosa y de Energía Neta de lactación.
- Producción de leche y grasa, y leche corregida a 4% de grasa
- Cambio de peso corporal
- Balance de energía neta
- Recambio ruminal

Cálculos matemáticos

La leche se ajustó a 4% de grasa (LCG4%) de acuerdo al NRC de bovinos productores de leche (1988), con la siguiente fórmula:

$$LCG\ 4\% = (0.4)(kg\ leche) + 15(kg\ grasa)$$

Esta fórmula también se ha recomendado por otros autores

(Gall, 1976) para ajustar la producción de leche de caprinos de acuerdo a su porcentaje de grasa.

El balance de energía neta de lactación (ENl) se calculó restandole al consumo de ENl los requerimientos para mantenimiento y para producción de leche sugeridos por el NRC (1981). Los requerimientos para mantenimiento son 0.071 Mcal/kg^{0.75} y para producción 0.70 Mcal/kg de leche ajustada a 4% de grasa, y la cantidad de EN de lactación (ENl) aportada por el alimento fue calculada de acuerdo a la fórmula para ganado lechero propuesta por Mertens (citado por Williams, 1988) la cual utiliza la concentración de FDN y de lignina, como sigue:

$$ENl = 2.368 - 0.015(\%FDN) - 0.0345(\%lignina).$$

Para obtener el valor de ENl del alimento se utilizó el contenido de FDN y de lignina de las dietas consumidas. Un ejemplo de como se realizó el cálculo del balance de energético se presenta en el Cuadro A.6

Recambio ruminal.

El recambio ruminal (Tp) en horas fue calculado como la relación entre la concentración neta del marcador en el rumen y el consumo del mismo durante las últimas 24 horas previas al vaciado ruminal, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$Tp (h) = \frac{\text{Volumen (marcador) kg}}{\text{Consumo (marcador) kg}}$$

Análisis estadísticos

El análisis de varianza de los resultados se realizó utilizando el modelo estadístico antes descrito, y siguiendo el

procedimiento GLM del paquete estadístico SAS (1985). Para obtener las medias y error estandar se utilizó el procedimiento LSMEANS/ STDERR del mismo paquete estadístico, y para analizar las diferencias entre medias, donde fue necesario, se efectuaron pruebas de contrastes ortogonales, utilizando el mismo paquete estadístico.

V. RESULTADOS

Consumo de nutrimentos

No se encontraron diferencias entre tratamientos ($P>0.05$) para los consumos promedio de MS, MO, PC, FDN, y celulosa, cuyos promedios fueron, repectivamente: 1.5kg, 1.3kg, 240g, 480g, y 190g, (Cuadro 5.1). En el Cuadro A.2 del Apéndice, se presentan estos resultados expresados como porcentaje del peso corporal.

El consumo de FDA fue mayor con las raciones que contenían las proporciones de 80:20 y 70:30 y menor en las otras dos ($P<.0001$). Se observó que conforme se incrementó el contenido de sorgo en la ración, el nivel de FDA consumido disminuyó significativamente, lo cual no sucedió con el consumo de FDN, pues aún cuando su concentración en la ración disminuyó al aumentar la proporción de sorgo (Cuadro 4.2), su consumo no fue diferente ($P>0.05$). El consumo de hemicelulosa resultó diferente entre tratamientos ($P<0.005$), siendo superior el consumo en el tratamiento con las proporciones 50:50 tanto al expresarlo en kilogramos (Cuadro 5.1), como al expresarlo como porcentaje de la MS (Cuadro 5.2), y tuvo un promedio de 0.22 kg y de 15% respectivamente. Debido a que la hemicelulosa es el resultado de la diferencia entre FDN y FDA, posiblemente las diferencias estadísticas encontradas sean el resultado de un mayor consumo de FDA en el tratamiento con la proporción forraje:concentrados de 80:20.

Al expresar el contenido de nutrimentos como % del consumo de materia seca (Cuadro 5.2), se detectaron diferencias entre

tratamientos ($P < 0.05$) para los contenidos de proteína, de FDA, de celulosa, y hemicelulosa pero no se observaron diferencias en el contenido de FDN de las dietas. Estas diferencias en el contenido de los anteriores nutrimentos se pueden explicar por la cantidad decreciente de alfalfa en cada ración conforme aumentó la cantidad del grano.

Comparando el contenido de nutrimentos de las dietas ofrecidos (Cuadro 4.2) con el de las dietas consumidos (Cuadro 5.2), se observa que fue diferente. Esta situación probablemente se debió a que se los animales pudieron seleccionar su dieta ya que la alfalfa y el sorgo se ofrecieron mezclados y a libre acceso.

En cuanto al contenido de energía neta, expresado como Mcal/kg de materia seca consumida, en el Cuadro 5.2 se aprecia una diferencia significativa entre tratamientos ($P < 0.001$), siendo mayor el contenido de ENI con la dieta 50:50, debido a su mayor contenido de grano de sorgo lo, cual refleja su composición inicial. El consumo de energía por día, no fue diferente ($P > 0.05$) y tuvo un promedio de 2.67 Mcal/día.

El uso del tipo de ecuaciones desarrolladas por Mertens (citado por Williams, 1988), en las que se usa la concentración de FDN y de lignina en el alimento consumido (descontando lo rechazado) para estimar el contenido de ENI, es mejor y más factible, cuando se emplean raciones integrales.

Cuadro 5.1 Consumo diario promedio de materia seca y de otros nutrientes (kg)

Nutrimento	Proporción forraje:concentrado					EEM ^{1/}	p ^{2/}
	80:20	70:30	60:40	50:50	x		
Materia Seca	1.47	1.53	1.45	1.55	1.5	0.05	NS
Materia Orgánica	1.34	1.41	1.31	1.36	1.3	0.09	NS
Proteína Cruda	0.25	0.25	0.23	0.22	0.24	0.04	NS
Fibra detergente neutro ^{3/}	0.48	0.49	0.46	0.47	0.48	0.01	0.02
Fibra detergente ácido	0.29a	0.27a	0.25b	0.23b	0.26	0.008	0.0001
Celulosa ^{3/}	0.21	0.20	0.18	0.17	0.19	0.005	0.05
Hemicelulosa ^{4/}	0.19a	0.22ab	0.21ab	0.24b	0.22	0.053	0.05
ENI Mcal/día ^{5/}	2.57	2.69	2.58	2.80	2.66	0.10	NS

a,b Diferente estadísticamente y con tendencia lineal ($P < 0.05$).

1/ Error estándar de la media

2/ P= Probabilidad; NS= no significativo ($P > 0.05$); NA= no se analizó estadísticamente

3/ Interacción cuadro x tratamiento significativa

4/ Hemicelulosa= Fibra detergente neutro - Fibra detergente ácido

5/ Calculada de acuerdo a Mertens (citado por Williams, 1988)

Cuadro 5.2 Contenido de algunos nutrientes y de energía de la dieta consumida expresado como % de la materia seca, y en Mcal/kg de materia seca.

Nutrimento	Proporción forraje:concentrado					EEM ^{1/}	P ^{2/}
	0:20	70:30	60:40	50:50	x		
Proteína cruda	17.0a	16.3b	16.0b	14.2c	15.9	.373	.0001
Fibra detergente neutro	32.6	32.0	31.7	30.3	31.6	.691	NS
Fibra detergente ácido	19.7a	17.6b	17.2c	14.1c	17.3	.000	.0001
Celulosa	14.1a	13.2ab	12.9bc	11.4 c	12.9	.359	.0003
Hemicelulosa	12.9a	14.4a	14.5ab	15.5b	15.00	.023	.05
ENI Mcal/kg de MS. ^{3/}	1.75a	1.76ab	1.78b	1.81c	1.78	.010	.001

a,b,c diferentes estadísticamente, y con tendencia lineal ($P < 0.05$)

1/ Error estándar de la media

2/ Probabilidad; NS= no significativa ($P > 0.05$),

3/ ENI calculada de acuerdo a Mertens (citado por Williams, 1988)

Producción de leche, grasa y cambio de peso

En el Cuadro 5.3 se muestra la producción de leche obtenida en los diferentes tratamientos, observándose una media de 1.16 kg, sin encontrarse diferencias significativas entre tratamientos ($P>0.05$). La conversión alimenticia (consumo/producción) promedio fue de 1.29 kg de alimento por kg de leche producida y no fue diferente entre tratamientos ($P>0.05$). El contenido de de grasa, expresado como porcentaje de la producción láctea fue de 4.38%, y la producción de grasa/día fue de 51.02 g, los cuales tampoco fueron diferentes entre tratamientos ($P>0.05$).

Sin embargo, al ajustarse la producción láctea al 4% de grasa, se encontraron diferencias significativas ($P<0.06$) entre los tratamientos 2 (70:30) y 3 (60:40), siendo este último en el que se obtuvo el mayor nivel de producción (1.11kg vs 1.31kg, respectivamente).

Con respecto al cambio de peso corporal, solamente los animales del tratamiento 60:40 ganaron peso (30 g/día) mientras que en los demás tratamientos se encontraron pérdidas de peso que fluctuaron entre 20 y 80 g/día, con un promedio de 24 g/día (Cuadro 5.3). Estas diferencias no resultaron significativas ($P>0.05$) y no se pudieron explicar al hacer el balance de energía ya que éste resultó positivo en los tratamientos 80:20, 70:30, y 50:50 (Cuadro 5.4). Solamente los animales en el tratamiento 60:40 estuvieron en balance negativo de energía y sin embargo fueron el grupo con el que se obtuvo la mayor producción de leche corregida a grasa y en el que hubo una ligera ganancia de peso, lo cual indicaría que esta dieta tuvo un mayor contenido de

energía que el sugerido por su composición. El cálculo del balance de energía de los animales (Cuadro 5.4) es solamente una aproximación, ya que no existen ecuaciones desarrolladas para estimar el consumo de EN en esta especie y los valores que se presentan fueron calculados utilizando la metodología desarrollada para bovinos lecheros (Mertens, citado por Williams 1988).

Se realizaron algunas pruebas de correlación simple entre la producción de leche y el consumo de nutrimentos, y entre el consumo de MS y el consumo de FDN, para ver como se relacionaban entre ellas (Cuadro A.3). Las correlaciones entre la producción láctea y el consumo de materia seca, de FDN, y el peso del animal, fueron de 0.53, 0.57 y 0.57 respectivamente, y se observó una relación negativa con el porcentaje de grasa en la leche $r=-0.354$. Estas correlaciones son parecidas a las encontradas por otros autores (Morand-Fehr y Sauvant, 1980; Skjevdal, 1981).

Cuadro 5.3. Producción promedio de leche, grasa, y cambios de peso corporal.

TRATAMIENTO	Proportion forraje:concentrado				x	EE ^{1/}	P ^{2/}
	80:20	70:30	60:40	50:50			
Producción leche, kg	1.14	1.08	1.26	1.17	1.16	.05	NS
Grasa %	4.51	4.17	4.35	4.48	4.38	.129	NS
Grasa, g/día	51.42	45.25	54.87	52.56	51.02	.26	NS
Producción de leche a 4% grasa, kg	1.2ab	1.1a	1.31b	1.23ab	1.21	.049	0.06 *
Conversión alimenticia 3/	1.29	1.41	1.15	1.32	1.29	.12	NS
Peso inicial, kg	42.65	42.12	43.37	41.05	42.29	1.36	NS
Peso final, kg	42.21	40.49	44.00	40.38	41.77	1.70	NS
Peso promedio, kg	42.43	41.30	43.68	40.72	42.03	.760	NS
Cambio diario de Peso, kg	-0.02	-0.08	0.03	-0.03	-0.02	.051	NS

a,b,c, diferentes estadísticamente ($P < 0.06$).

1/ Error estándar de la media.

2/ Probabilidad; NS= no significativo.

3/ Kg de NS consumidos por cada litro de leche producido.

Cuadro 5.4 Efecto de la proporción forraje:concentrado sobre el balance energía neta para lactación (ENI/Mcal)

Tratamiento	Proporción forraje:concentrado				x	EE ^{1/}	p ^{2/}
	80:20	70:30	60:40	50:50			
Requerimiento ^{3/}	2.04	1.94	2.65	2.02	2.16	0.27	NS
Consumo ENI/día ^{4/}	2.57	2.69	2.59	2.80	2.66	0.10	NS
Balance ENI ^{4/}	0.53ab	0.75ab	-0.06a	0.78b	0.50	0.30	0.03

a,b= Letras diferentes dentro de cada renglón son medias diferentes ($P < 0.05$)

1/ Error estándar de la media

2/ Probabilidad; NS= no significativo; NA= No se analizó estadísticamente.

3/ Requerimientos de Energía neta de lactación (ENI) de acuerdo a NRC (1981)

4/ Calculado de acuerdo a Mertens (citado por Williams, 1988). En el cuadro A.6, se presenta un ejemplo del cálculo.

Recambio ruminal

Los valores del contenido ruminal, en base húmeda y en base seca, así como los valores de recambio ruminal se presentan en el Cuadro 5.5. No se encontraron diferencias ($P < 0.05$) entre los tratamientos para ninguno de los parámetros evaluados. En promedio, el contenido ruminal fue de 3.34 kg en base húmeda, con un 13.83% de materia seca (459g de MS). El recambio ruminal estimado por la lignina fue, en promedio, de 17.65 h, y el estimado por las cenizas insolubles en detergente ácido de 5.18 h. El recambio estimado con lignina se relacionó de manera negativa con el consumo de MS ($r = -0.28$), es decir que conforme aumentó el consumo de MS, el recambio ruminal se hizo más rápido (Cuadro A.3), lo cual era de esperarse, puesto que está bien documentado que al aumentarse el volumen o la masa ruminal, la salida de contenido se incrementa por un efecto físico de "empuje" (Van Soest, 1982).

Es importante mencionar que al comparar los valores de recambio estimados con las CIDA, fueron casi 13 h más rápidos que los estimados con la lignina, lo que difícilmente se puede esperar encontrar en la fase sólida del rumen. Estos valores tan rápidos probablemente se obtuvieron porque las concentraciones de CIDA fueron erróneas, debido a problemas en su determinación en el laboratorio. Por otro lado, los valores estimados por la lignina son semejantes a los encontrados en la literatura (18.7 h, Quick y Dehorty, 1986; 18.5 h, Reid *et al.*, 1990).

Cuadro 5.5. Características físicas del contenido ruminal y de su recambio.

Tratamiento	<u>Proporción forraje:concentrado</u>					x	EEH ^{1/}
	80:20	70:30	60:40	50:50			
<u>Contenido ruminal kg</u>	3.72	3.28	3.41	2.97	3.34	0.24	
Materia Seca %	13.61	13.50	14.25	13.95	13.83	0.008	
Materia Seca kg	0.501	0.435	0.496	0.405	0.459	0.04	
Contenido ruminal							
% del peso	8.72	7.95	7.80	7.29	7.94	NA	
<u>Recambio ruminal h</u>							
Lignina	19.18	16.57	18.66	16.21	17.65	1.85	
CIDA ^{3/}	5.28	3.91	6.15	5.36	5.18	1.17	

1/ Error estandar de la media; No hubieron diferencias ($P > 0.05$). NA= no se analizó estadísticamente.

3/CIDA = cenizas insolubles en detergente ácido.

VI. DISCUSION.

La utilización de diferentes proporciones forraje: concentrado en la alimentación de bovinos lecheros ha demostrado ser benéfica para poder establecer el requerimientos de fibra en términos de FDN, y para optimizar el uso de los forrajes en animales en producción. Sin embargo, en caprinos se desconoce si este nutrimento tiene el mismo impacto sobre la producción.

Las proporciones forraje:concentrado empleadas en el presente trabajo se establecieron con el fin de ofrecerle al animal diferentes concentraciones de FDN que permitieran apreciar si el consumo de MS, la producción de leche y la producción de grasa en la misma, se modifican conforme la concentración de ese nutrimento disminuya. De acuerdo a los resultados antes presentados, con las concentraciones de FDN ofrecidas no se detectaron diferencias en el consumo de MS, MO, PC, FDN y ENI, ni en la producción de leche y de grasa. Esto pudo deberse a que los animales tuvieron oportunidad de seleccionar su alimento, en vista de que éste les fue ofrecido a libertad, sin restringirse, y a que el forraje y el grano se dieron mezclados. Aunque se trató de evitar la selectividad por parte de los animales mediante el molido de la alfalfa, no fue posible lograr que la concentración de FDN consumida fuera la misma que la que se había asignado. Por otro lado, se observó que al depositar el alimento en los comederos, el grano de sorgo molido junto con las partículas más finas de la alfalfa se precipitaban, y el animal tendió a consumir las partículas de mayor tamaño y con mayor contenido de FDN, como son los tallos de la alfalfa.

La selectividad de los animales, aunada al hecho de que la concentración de FDN entre los cuatro tratamientos no fue muy amplia, pueden ser las principales causas por las que no se detectaron diferencias entre tratamientos. La concentración de FDN en las dietas del presente experimento fue en promedio de 31.6%, siendo el valor mínimo de 30.0% y el máximo de 32.6%, lo cual indica que en trabajos posteriores este rango debe de ser mayor con la finalidad de obtener resultados más claros o bien deberá de provenir de otras fuentes.

El hecho de que las dietas consumidas contenían cantidades similares de FDN, explica en parte el que no se detectaran diferencias en el consumo de MS ni de ENI, puesto que la FDN está relacionada en forma negativa con esas variables (Van Soest, 1982; Mertens, 1983).

Por su parte el consumo promedio de FDN, expresado como porcentaje del peso vivo del animal fue de 1.14% lo cual es similar a 1.2% encontrado por Mertens (1983), en vacas Holstein, quien encontró el máximo consumo de alimento y la mejor producción de leche ajustada al 4% de grasa cuando las vacas fueron alimentadas con dietas que contenían 35% de FDN. El que el consumo de FDN en relación al peso del animal sea similar en este trabajo al obtenido por Mertens (1983), puede ser un indicativo de que este nutrimento limita el consumo voluntario de MS de los caprinos de la misma forma que en los bovinos.

En el caso del consumo de FDA, si se encontraron diferencias entre tratamientos, y se observó que el contenido de este nutrimento en las dietas consumidas fue similar al de las dietas

ofrecidas, lo cual indica que los animales probablemente tuvieran un mayor consumo de tallos de alfalfa, puesto que en esa parte de la planta es donde hay un mayor contenido de FDA (Van Soest, 1982).

El consumo de hemicelulosa resultó diferente entre tratamientos ($P < 0,05$), lo cual se puede deber a la diferencia en el contenido de FDA en las raciones. En vista de que todavía no se puede hacer una determinación de hemicelulosa directamente en el laboratorio, su concentración es calculada por medio de la diferencia entre el contenido de FDN y de FDA de la ración y por lo tanto las diferencias en su consumo deben seguir una tendencia parecida a la del consumo de FDA, pero de manera inversa. Por lo tanto a mayor consumo de FDA menor consumo de hemicelulosa, lo cual se puede apreciar en el Cuadro 5.1.

Es importante destacar que al disminuir la cantidad de alfalfa en las dietas, el nivel de proteína disminuyó ($P < 0,05$), y esto podría haberse solucionado mediante la adición de urea y poder así proporcionar dietas isoprotéicas. Sin embargo, esto no se realizó porque entonces las condiciones ruminales se hubieran modificado. Además, todas las dietas cubrieron los requerimientos de proteína indicados por el NRC (1981) para el tipo de animales empleados y el nivel de producción obtenido. En general las dietas consumidas contenían una menor cantidad de PC que las dietas ofrecidas, probablemente debido a la precipitación de las hojas de alfalfa molida, las cuales contienen la mayor concentración de proteína de la planta (Van Soest, 1982).

La cantidad de leche producida por las cabras en el presente trabajo fue baja (1.16 kg/día), si se compara con el nivel de

producción de cabras de raza Nubia seleccionadas en Estados Unidos, cuya producción ha llegado a ser de 5.29 kg/día (Raun, 1982) pero fue similar a la informada por Montaldo (1985) de 1.5 kg de leche por día con animales de raza Nubia en el norte de México explotados de manera intensiva.

Se presentaron diferencias ($P < 0.06$) en la producción de leche ajustada al 4% de grasa, entre los tratamientos. El contenido de grasa de la leche no fue diferente ($P > 0.05$) y se encuentra dentro de los niveles de 4 a 6%, informado por otros autores (Loewenstein, 1982; Jennes, 1980). Sin embargo, al ajustar la producción de leche a 4% provocó un incremento significativo ($P < 0.06$) en el tratamiento con la proporción 60:40. El nivel de producción de leche puede tener una correlación negativa con el contenido de grasa de la misma, por ejemplo Morand-Fehr *et al.* (1982) encontraron una correlación negativa de -0.31, la cual es similar a la del presente trabajo ($r = -0.35$).

En bovinos lecheros se ha estudiado el efecto que tiene el contenido de fibra en la ración sobre la producción de grasa en la leche, al igual que el efecto del tamaño de partícula del alimento sobre esta variable, (Linzell, 1967; Van Soest, 1982; Lu, 1987).

Aún cuando no fue el principal objetivo de este estudio, ni fue planteado originalmente, se determinó el tamaño de partícula del forraje ofrecido a las cabras. Para esto se empleó el método recomendado por Van Soest (1982) con 8 cribas de diferente tamaño. En el Cuadro A.4 se presentan estos resultados, donde se

aprecia que el 60% de las partículas del forraje (alfalfa) midieron entre 0.60 mm y 2.36 mm, siendo este último similar a lo presentado por Lu (1987). El tamaño de partícula del alimento también afecta la producción de grasa en la leche, aún cuando el nivel de FDN en la ración sea el apropiado. Conforme se disminuye el tamaño de la partícula del forraje se disminuye la rumia, la salivación y el pH ruminal, lo cual hace que se incremente la concentración de ácido propiónico en el rumen y disminuye la síntesis de grasa en la leche (Grant et al., 1990). En este trabajo no se hizo una comparación entre tratamientos en cuanto al tamaño de partícula, ya que todas las dietas contenían alfalfa que se molió con el mismo tamaño de criba.

Se ha observado que la infusión de ácido acético en el rumen aumenta la síntesis de grasa en la leche, y que al mantener un nivel adecuado de fibra en la dieta, la producción de este ácido se mantiene y evita depresiones en la síntesis de grasa en la leche. Por el contrario, si se incrementa el consumo de grano, es decir de almidones, la síntesis del ácido acético disminuye y se incrementa la del ácido propiónico, deprimiéndose así el contenido de grasa en la leche. Dicho efecto no se observó en este trabajo, ya que el consumo de FDN fue similar en todos los tratamientos.

La concentración energética de la ración (ENI Mcal/kg), se estimó por medio del contenido de FDN y de lignina de la alfalfa y del sorgo usando la fórmula de Mertens (1985, en Williams, 1988). El cálculo de la concentración energética de la ración por medio de dicha ecuación debe ser tomado con reservas ya que dicha ecuación no fue diseñada para caprinos sino para vacas lecheras,

pero es útil para tener una idea del aporte de energía de la ración. Esta ecuación fue desarrollada considerando la relación negativa que existe entre el consumo de FDN, de FDA y de lignina con el consumo de energía (Mertens, 1983). El consumo diario de energía (Mcal/día) no fue diferente entre tratamientos lo cual se puede explicar por que la fórmula con la que se calculó, emplea los valores del contenido de FDN y lignina, los cuales tampoco fueron diferentes. Sin embargo el contenido energético de la ración (Mcal/kg) se incrementó a medida que el contenido de sorgo fue mayor.

Con respecto a los cambios de peso, las dietas experimentales empleadas en este estudio presentaban diferencias importantes en su contenido de grano, por lo que se pensaría que la dieta con mayor contenido de éste, mejoraría la ganancia de peso lo cual no sucedió, ya que se presentaron pérdidas de peso en tres de los tratamientos (Cuadro 5.3), aunque no fueron diferentes entre ellos ($P > 0.05$). Esto indica que los animales se encontraban en balance negativo de energía, aún cuando teóricamente las dietas ofrecidas cubrían los requerimientos energéticos (Cuadro 5.4). Una manera de explicar este desbalance energético podría ser por la pérdida de ácidos grasos volátiles a través de la cánula ruminal, ya que en casi todos los animales se presentaron problemas de salida de líquido ruminal a través de las mismas y en ocasiones de salida o pérdida de la cánula. Por otro lado, en el cálculo del consumo de ENI probablemente se esté sobreestimando el consumo de energía dando como resultado un balance de energía positivo en las dietas 80:20, 70:30 y 50:50

(con las cuales hubo pérdidas de peso), y negativo en la dieta 60:40 donde se presentaron ganancias de peso (Cuadro 5.4).

Como se mencionó en la revisión bibliográfica, la cinética ruminal estudia el movimiento de partículas a través de este compartimento, y puede influir en el grado de utilización de los alimentos. La FDN es la porción del alimento que más tarda en salir del rumen y la que mayor efecto tiene sobre el volumen y el espacio ruminal (Ellis, 1978). La alfalfa utilizada en el presente trabajo, por su bajo contenido de FDN (35%) y por lo tanto con un contenido celular elevado (65%) de rápida desaparición del rumen, podría traer como consecuencia una tasa de digestión rápida, la cual sería afectada en forma mínima por la tasa de paso. Por otro lado, al no presentarse diferencia en el contenido de FDN en las raciones consumidas, probablemente no se presentaron diferencias en el recambio ruminal.

En el presente experimento la determinación del recambio ruminal se realizó mediante el sistema del vaciado ruminal empleando a la lignina como marcador. El tiempo de recambio promedio de 17.6 h obtenido con la lignina en este trabajo fue similar al estimado por Reid et al. (1990) de 18.5 h, con alfalfa de calidad similar (38% de FDN) y usando como marcador al cloruro de iterbio, y también al informado por Quick y Dehorty (1986) de 17.04 h, quienes emplearon alfalfa con 56.8% de FDN y a la lignina como marcador.

Existen pocos trabajos en ganado caprino referentes al recambio ruminal. Entre los más importantes se encuentra el trabajo de Reid et al. (1990), antes mencionado, y otro realizado por Lu et al. (1980), quienes ofreciendo heno de alfalfa con

48% de FDN obtuvieron una tasa de paso de 3.8%/hora o sea 26.31 h de recambio, estimado con iantano. Huston et al. (1986) alimentando cabras de Angora con heno de sorgo en dos estados vegetativos (vegetativo temprano y botón temprano) con 61.4 y 55.7% de FDN, encontraron un tiempo de retención total de 29.2 horas y un tiempo de recambio de 15 h, lo cual indica que al incrementarse la concentración de FDN del forraje, se incrementa el tiempo de recambio.

Otro factor relacionado con el recambio ruminal es la cantidad y las características físicas del contenido ruminal. En el presente trabajo se encontró en promedio de contenido de 3.34 kg base húmeda (lo cual representa un 7.94% del peso corporal), con un 13.83% de MS, dando un total de 459 g de MS (1.1% del peso corporal) (Cuadro 5.4). Bhattacharya (1980) menciona que el volumen del contenido ruminal se encuentra en relación directa con el consumo y la naturaleza de la dieta, y menciona que el volumen en litros de agua puede ser de 18 litros en cabras de Angora de 30 kg, y el contenido estomacal de 6.4% a 18% del peso del animal. Quick y Dehorty (1986), en cabras alimentadas con dietas que contenían 59, 64 y 62% de FDN encontraron un contenido ruminal fresco de 5.91, 7.57 y 7.64 kg, con un contenido de MS de 11.7, 9.8 y 8.8%, respectivamente, lo que representó 12.7, 16 y 16.1% del peso del animal.

En general, el hecho de que no se hayan encontrado diferencias entre las dietas consumidas en cuanto al consumo de MS, producción de leche, contenido de grasa, y recambio ruminal, pudo deberse a la selección que hicieron los animales al

proporcionarles dietas a libertad con poca diferencia en la concentración de FDN entre ellas. Para evitar esto hubiera sido necesario ofrecer las dietas en forma restringida para asegurar el consumo de nutrimentos en las concentraciones que se planearon, pero esto no sería recomendable por que se limitaría el consumo voluntario y la selectividad del animal. La posibilidad que el alimento más pequeño y polvoso, como las hojas de alfalfa molida pudiera precipitarse y alojarse en las partes mas bajas del comedero, al igual que el sorgo molido al ser más pesado, dificultó el acceso que tenía el animal a estos alimentos, evitando que se consumieran las dietas tal y como se ofrecieron, sin embargo se pretendía permitir que el animal seleccionara su dieta. La diferencias encontradas en el consumo de FDA, puede confirmar que los animales consumieron un mayor número de tallos de alfalfa por tener mayor acceso a ellos.

Es importante mencionar que aún cuando el consumo de energía neta no varió entre dietas, se presentó una diferencia en la producción de leche ajustada al 4% de grasa entre los tratamientos 60:40 y 70:30, siendo superior en el primero, lo cual puede indicar un mayor contenido de energía en esta dieta, lo que también se refleja al ser el único en que presentaron ganancias de peso.

La pequeña diferencia en el contenido de FDN entre las dietas, pudo ser el factor que mayor influencia tuvo sobre los resultados del trabajo, por lo que es recomendable probar dietas en donde la diferencia sea mayor.

BIBLIOGRAFIA.

- Allison, C.D. 1985. Factors affecting forage intake by range ruminant. A Review. J. Range Manage. 38: 305-309.
- Andrade M. H y E. Cabello. 1987. Programa de investigación de ganado caprino, en zonas semiáridas. Sistema. extensivo. Universidad Autónoma de Querétaro. C.I.D.A.P-A.I.P. p.1-25.
- A.O.A.C. Association of Official Analytical Chemists. 1980. Official Methods of Analysis. 12th ed. Washington, D. C.
- Arbiza, A. S. 1986. Producción de caprinos. Primera edición AGT Editores, México. D.F. p.105-300.
- Bazán, R. 1983. La ganadería dentro de la economía campesina del valle del Mezquital. El campo y el campesino. Producción y hambre. Editorial UAM-Xochimilco. México. D.F.
- Bernal S. G. 1988. Dynamics of rumen turnover in cows at various stages of lactation. PhD. Thesis. Cornell University. Ithaca, N.Y.
- Bhattacharya, A. N. 1980. Research on goat nutrition and management in Mediterranean Near, Middle East and adjacent Arab countries. J. Dairy Sci. 63: 671-1680.
- Cabello F. E., H. Andrade M y J. L. Olmos V. 1991. Características productivas de cabras de la raza Nubia mantenidas en clima semiárido y en sistemas extensivos. VII Reunión Nacional sobre Caprinocultura. Monterrey. N. L. p.106-111.
- Castillo, B., O. Robledo, S. Buntix, J. Cuarón y A. Shimada. 1987. Evolución de la composición química de la leche de cabra y su relación con las curvas de producción. III Reunión Nacional sobre Caprinocultura. México. D.F. p.141.
- Córdova, F. J., J. Wallace y D. R. Pieper. 1978. Forage intake by grazing livestock: A review. J. Range Manage. 31: 430-438.
- Czerkawski, J. W. 1984. Degradation of solid feeds in the rumen: Spatial distribution of microbial activity and its consequences. En Control of digestion and metabolism in ruminants. L. P. Milligan, W. L. Grovum and A. Dobson. Eds. A Reston Book, Prentice Hall, Englewood Cliff, New Jersey. p.158-173.
- De la Fuente, G y A. Juárez. 1982. The emerging role of goats in world food production (the case of Mexico). Third Int. Conf. Goat Prod. and Diseases. Tucson, Arizona. p.144-149.
- Demiruren, A. S. 1982. The emerging role of goats in world food production (World production trends and potentials). Third Int. Conf. Goat Prod. and Diseases. Tucson, Arizona. p.142-144.

Demment, W.M. y P. Van Soest. 1988. Body size, digestive capacity and feeding strategies of herbivores. Winrock International. p.1-51.

Devendra, C. 1982. The utilization of fiber by goats. Third Int. Conf. Goat Prod. and Diseases. Tucson. Arizona. p.364.

Devendra, C y G.B. Mc Leroy. 1986. Producción de cabras y ovejas en los trópicos. Manual Moderno. 1a edición. México, D.F. p. 108-110.

Dhanoo, M. S., R. Siddons. C, J. France and D. Gale. 1985. A multicompartamental model to describe marker excretion patterns in ruminant faeces. Br. J. Nutr. 53: 663-671.

Ducoing W. A y P. Flores. G. 1989. Generalidades sobre las características de la leche de cabra y su procesamiento. Boletín AZTECA. Vol. II. No 4. p.1-4.

Ellis, W.C. 1978. Determinants of grazed forages intake and digestibility. J. Dairy Sci. 61: 1878-1840.

Ellis, W. C. and D. E. Beever. 1984. Methods for binding rare earths to specific feed particles. In: Techniques in particle size of feed and digesta in ruminants. Proc. of a workshop held at the Banff Centre. Banff, Canada. p.154-166.

Ellis, W.C., C. Lascano, R. Teeter and F. Owens. 1982. Solute and particulate flow markers. In: Protein requirements for cattle: Symposium. Oklahoma State University, Stillwater, Oklahoma. p. 109.

Ellis, W. C., J. H. Matis, C. E. Lascano, M. Mahloogi and K. R. Pond. 1986. Size reduction and passage of forage particles and forage intake by cattle. Proc. Symp. Feed Intake by Beef Cattle. Oklahoma State Univ. Stillwater, Oklahoma. p. 81-95.

Ellis, W. C., J. H. Matis, K.R. Pond, C. E. Lascano and J. P. Telfor. 1983. Dietary influences on flow rate and digestive capacity. En Herbivore Nutrition in Subtropics and Tropics. F.M.C.Gilchrist and R.I.Mackie, eds. The Science Press (Pty), Ltd. South Africa. p.269-296

F.A.O. 1979. F.A.O production yearbook. F.A.O statistics series. Vol. 33. No.28.

Fahey, G. C. and H. C. Jung. 1983. Lignin as a marker in digestion studies: A review. J. Anim. Sci. 57: 220-231.

Fahey, G. C. and N. R. Merche. 1986. Analytical procedures associated with estimation of feed intake, the detergent system of analysis. Proc. Symp. Feed Intake by Beef Cattle. Oklahoma State Univ. p.41-62.

- Faichney, G. J. 1984. The kinetics of particulate matter in the rumen. Control of digestion and metabolism in ruminants. L. P. Milligan, L. W. Grovum, A. Dobson. Eds. A Reston Book, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. p.173
- Federer, T. W. 1977. Experimental design theory and application. Oxford and IBH Publishing. p.135-165.
- Forbes, J. M. 1987. The voluntary food intake of farm animals. Edt. Butherworths. p.130-139.
- Galyean, M. L., L. J. Krysl and E. R. Estel. 1986. Marker based approach for estimation of fecal output and digestibility in ruminants. Proc.Symp. Feed Intake by Beef Cattle. Oklahoma State Univ. Stillwater, Oklahoma. p.96-111.
- Gall, C. 1976. Producción Caprina. Instituto Tecnológico de estudios superiores de Monterrey. p.25
- Gerber, N. 1960. Tratado práctico de los análisis de la leche y del control de los productos lácteos. Editorial Dossat. S.A. Madrid.
- Gihad, E. A., T. M. El Bedawy and A. Z. Mehrez. 1980. Fiber digestibility by goat and sheep. J. Dairy Sci. 63: 1701-1706.
- González C. A. 1977. El ganado caprino en México. Editorial Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. México. DF.
- Grant, R. J., F. V. Colenbrander and D. R. Mertens. 1990. Milk depression in dairy cows: role of particle size of alfalfa hay. J. Dairy Sci. 73: 1823-1834.
- Grovum, W. L. 1984. Integration of digesta kinetics with control of feed intake a physiological framework for model of rumen function. En Herbivore nutrition in subtropics and tropics. F.M.C.Gilchrist and R.I. Mackie, eds. The Science Press (Pty), Ltd. South Africa. p.244-269.
- Grovum, W. L. 1986. A new look at what is controlling food intake. Proc. Symp. Feed Intake by Beef Cattle. Oklahoma State Univ. Stillwater, Oklahoma. p.1-4.
- Grovum, W. L. and V. J. Williams. 1973. Rate of passage of digesta in sheep. Br. J. Nutr. 30: 313-319.
- Grummer, R. R. 1991. Effect of feed on the composition of milk fat. J. Dairy Sci. 74: 3244-3257.
- Grummer, R. R., A. L. Jacob and J. A. Woodford. 1987. Factor associated with variation in milk fat depression resulting from high grain diet fed to dairy cows. J. Dairy Sci. 70: 613-619.

Harlam, D. W., J. B. Holter and H. H. Hayes. 1991. Detergent fiber traits to predict productive energy of forages fed choice to nonlactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 74: 1337-1354.

Huston, J. E. 1978. Forage utilization and nutrient requirements of the goats. *J. Dairy Sci.* 61: 983-993.

Huston, J. E., B. S. Rector, W. S. Ellis and M. C. Allen. 1986. Dynamics of digestion in cattle, sheep, goats and deer. *J. Anim. Sci.* 62: 208-215.

Ibarra H. J y H. Andrade. 1988. Análisis económico y evaluación de una granja caprina en estabulación en el Estado de Querétaro. *Memorias del Congreso Interamericano de Producción Caprina.* Torreón, Coah. p. E1-E5.

Jaquette, R. D., A. H. Rakes and J. Croom. 1988. Effects of body condition and protein on milk fat depression in early lactation dairy cows. *J. Dairy Sci.* 71: 2123-2134.

Jennes, R. 1980. Composition and characteristics of goat milk: A review. 1968-1979. *J. Dairy Sci.* 63: 1605-1630.

Juárez L. A. 1990. Producción caprina en México, estructura productiva y perspectivas de modernización. *Asociación Americana de la soya. Boletín No. 63.* México, D.F.

Juárez, A y C. Peraza. 1981a. Systemes d'alimentation en élevage caprin semi-intensif et intensif au Mexique. Symp. Int. Nutrition et systemes d'alimentation de la chevre. Tours, France p.467-477.

Juárez, A y C. Peraza. 1981b. Systemes d'alimentation en élevage caprin extensif au Mexique. Symp. Int. Nutrition et systemes d'alimentation de la chevre. Tours, France. p.478-488.

Jung, H. G., and C. G. Fahey. 1983. Nutritional implications of phenolic monomers and lignin: A review. *J. Anim. Sci.* 57: 206-217.

Katchner, R. J., and C. M. Campbell. 1984. Intake and digestibility of range forages consumed by livestock. *J. Range Manage* 37:135-140.

Kawas J.R. 1991. Algunos conceptos sobre la calidad de los forrajes y el nivel de fibra en la dieta de la cabra lechera. VII Reunión Nacional sobre Caprinocultura. Monterrey. México. p.331-348.

Kawas J. R., N. A. Jorgensen and J. L. Danelon. 1991a. Fiber requirements of dairy cows: optimum fiber level in lucerna based diet for high producing cows. *Livest. Prod. Sci.* 28: 108-119.

- Kawas J. R., J. López, D. L. Danelon and C. D. Lu. 1991b. Influence of forage to concentrate ratio on intake, digestibility chewing and milk production of dairy goats. *Small Ruminant Research* 4:11-18.
- Kotb, A. K and T. D. Luckey. 1972. Markers in nutrition. *Nutrition Abstracts and Reviews* 42: 813-842.
- Larson, L. B. 1978. The dairy goat as a model in lactation studies. *J. Dairy Sci.* 61: 1023-1029.
- Le Jaoune, J. C y M. De Simiane. 1981. Cero pastoreo - manejo de un rebaño caprino en sistemas intensivos. Primer Encuentro Nacional Sobre Producción de Ovinos y Caprinos. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM. México, D.F. p.252-268.
- Linzell, J. L. 1967. The magnitude and mechanisms of the uptake of milk precursors by mammary gland. 192 Scientific Meeting National Institute for Research in Dairying. Shinfield, Reading. p.44-51.
- Loewenstein, M. 1982. Dairy goat milk and factors affecting it. *Third Int. Conf. on Goat Prod. and Diseases*. Tucson, Arizona. p.226-236.
- Louca, A., T. Antoniou, and M. Hatzimpanayiotou. 1982. Comparative digestibility of feedstuffs by various ruminants, specifically goats. *Third Int. Conf. on Goat Prod. and Diseases*. Tucson. Arizona. p.121-129.
- Lu, C. D. 1987. Implication of forage particle length on chewing activities and milk production in dairy goats. *J. Dairy Sci.* 70: 1411-1416.
- Lu, C. D., N. A. Jorgensen and G. P. Barrington. 1980. Intake digestibility and rate of passage of silages and hay from wet fraction of alfalfa. *J. Dairy Sci.* 63: 2051-2059.
- Lu, C. D., T. Sahlu and J. M. Fernandez. 1987. Assessment of energy and protein requirements for growth and lactation in goats. IV Proc. Conf. on Goats. Brasilia, Brasil. p.1229-1231.
- Malechek, J. C and F. D. Provenza. 1981. Feeding behaviour and nutrition of goats on rangelands. Nutrition et systemes d'alimentation de la chevre. Symp. Int. Tours, France. p.411-429.
- Martinez, P. R., W. Heber, E. P. Saenz, M. Byerly and N. Thomas. 1981. Milk production by dairy goats with three feeding levels. Nutrition et systemes d'alimentation de la chevre. Symp. Int. Tours, France. p.369-374.
- Mertens, D.R. 1977. Dietary fiber components relationship to the rate and extent of ruminal digestion. *Fed. Proc.* 36: 187-192.

Mertens, D. R. 1983. Using neutral detergent fiber to formulate dairy rations and estimate the net energy content of forages. Proc. Cornell Nutrition Conference. Syracuse, N.Y. p.60-80.

Mertens, D. R. 1987. Predicting intake and digestibility using mathematics models of ruminal function. J. Anim. Sci. 64: 1548-1558.

Mertens, D. R. and O. L. Ely. 1982. Relationship of rate and extent of digestion to forage utilization a dynamic model evaluation. J. Anim. Sci. 54: 898-902.

Montaldo, H. 1985. Proposición de un método para la selección de un rebaño de cabras lecheras. Curso Mejoramiento genético de los caprinos. Editorial AZTECA. México, D.F.

Morand-Fehr, P. 1981a. Nutrition and feeding of goats: application to temperate climatic condition. p.193-225 In Goat Production. Edit. C.Gall. Academic Press.

Morand-Fehr, P. 1981b. Strategie de la distribution des aliments concentres chez la chevre en lactation. Nutrition et Systems d'alimentation de la chevre Tours, France. p.375-382.

Morand-Fehr, P., Y. Chilliard and D. Sauvant. 1982. Goat milk and components: secretory mechanism and influence of nutritional factors. Proc. Third Int. Conf. on Goat Prod. and Diseases. Tucson, Arizona. p.113-121.

Morand-Fehr, P. y D. Sauvant. 1980. Composition and yield of goat milk affected by nutritional manipulation. J. Dairy Sci. 63: 1671-1680.

N.R.C. 1981. Nutrient requirements of goat: Angora, dairy and meat goats in temperate and tropical countries. National Academic Press. First Edition. Washington, D.C.

N.R.C. 1988. Nutrient requirements of dairy cattle. National Academic Press. Sixth Edition. Washington, D.C.

Quick, C. T. and A. B. Dehorthy. 1986. A comparative study of feeding behavior and digestive function in dairy goats, wool sheep and hair sheep. J. Anim. Sci. 63:1516-1526.

Peraza C. C. and P. Hernández. 1982. Some aspects of the reproduction of goats. Third Int. Conf. on Goat Prod. and Diseases. Tucson, Arizona. p.180.

Porter, P. A. 1987. The acid detergent insoluble ash digestibility marker and its use in lactating dairy cows. PhD Thesis. Cornell University. Ithaca, N.Y.

Porter, P. A. and C. J. Sniffen. 1987. Comparison of acid detergent insoluble ash (ADIA) internal digestibility values of lactating cows and grab sample analysis for diurnal patterns of ADIA. J. Dairy Sci. 70: Suplemento 1

Raun, N. 1982. The emerging role of goat in world food production. Third Int. Conf. on Goat Prod. and Diseases. Tucson, Arizona. p.133-141.

Raluy, P. A. 1990. Diccionario Porrúa de la Lengua Española. Ed. Porrúa. México, D.F. p.31

Reid, R. L., G. A. Jung., G. M. Cox, B. Rybeck and E. C. Townsend. 1990. Comparative utilization of warm and cool season forages by cattle, sheep and goat. J. Anim. Sci. 68: 2986-2994.

Robertson, J.B and P. J. Van Soest. 1985. Analysis of forages and fibrous foods. Cornell University. Ithaca, N.Y.

SAS. 1985. SAS for linear model. A guide to the ANOVA and GLM procedures. SAS series in statistical application. Edit. SAS Institut. North Carolina.

Skjevdal, T. 1981. Effect on goat performance of given quantities of feedstuffs, and their planned distribution during the cycle of reproduction. Nutrition et Systems d'alimentation de la chevre. Tours. France. p.300-319.

Soria, R. J., R. Avendaño y C. A. Ortiz. 1987. Levantamiento fisiografico del Estado de Querétaro. INIFAP. Guanajuato.

Steel, R y J. H. Torrie. 1985. Bioestadísticas, principios y procedimientos. 2a edición. Edit. Mc Graw Hill. México, D.F.

Van Soest, P. J. 1982. Nutritional Ecology of the Ruminant. O and B Books. Firts Edition. Corvallis, Oregon. USA.

Van Soest, P. J and D. R. Mertens. 1984. The use of NDF versus ADF in balancing dairy rations. Monsanto Technical Symposium. Fresno, Cal. p.75-93.

Van Soest, P. J., C. J. Sniffen and M. S. Allen. 1988. Rumen Dynamics. Aspects of Digestive Physiology in Ruminants. A.Dobson and M.J.Dobson, Eds. Comstock Publishing Associates, Cornell University Press, Ithaca. N.Y. p.21-43

Vargas P. M y A. C. Arzola. 1988. Determinación del consumo voluntario, digestibilidad y cinética ruminal de cabras alimentadas con heno de ballico italiano anual (Lolium Multiflorum). Producción Animal en Zonas Aridas y Semiáridas. UACH. Chihuahua. Chih. p.14-22.

Waldo, R. D., W. L. Smith and L. E. Cox. 1972. Model of cellulose disappearance from the rumen. J. Dairy. Sci. 55: 125-129.

Williams, B. C. 1988. Development of a simulation model to provide decision support in dairy herd nutritional management. PhD Thesis. Cornell University. Ithaca. N.Y.

Worrel, M. A., D. C. Clanton, W. Stroup and J. T. Nichols. 1986. Effect of harvest date on meadow hay quality. 1. Nutritional attributes, voluntary intake and rate of passage in growing cattle. J. Anim. Sci. 63: 1527-1537.

Yazman, J. 1980. Razas caprinas, alimentación y producción de leche en los Estados Unidos. 1er Encuentro Internacional para Impulsar la Producción de Leche de Cabra. México, D.F. p.136-155.

APENDICE

Cuadro A.1.- Características individuales de los animales.

No del Animal	Período	Tratamiento	Edad años	Peso	Producción 1/
036	1	3	10	37.25	1.255
036	2	1	10	36.75	0.810
036	3	4	10	35.60	0.614
036	4	2	10	37.10	0.382
048	1	3	10	46.37	1.675
048	2	2	10	44.12	1.744
048	3	1	10	43.25	1.680
048	4	4	10	42.25	1.353
049	1	2	10	41.25	0.640
049	2	4	10	37.75	1.353
049	3	3	10	40.75	1.237
049	4	1	10	48.50	1.389
056	1	2	10	41.50	1.025
056	2	4	10	41.30	1.060
056	3	3	10	40.50	1.078
056	4	1	10	42.00	0.441
070	1	2	10	43.75	0.962
070	2	1	10	41.25	0.823
070	3	3	10	38.50	0.598
070	4	4	10	37.25	0.376
510	1	4	5	45.75	1.589
510	2	2	5	43.25	1.532
510	3	1	5	40.00	1.135
510	4	3	5	42.00	1.247
606	1	1	4	53.75	1.232
606	2	3	4	44.25	1.351
606	3	2	4	40.30	1.039
606	4	4	4	41.10	1.160
621	1	4	4	42.90	1.508
621	2	1	4	44.30	1.521
621	3	2	4	38.25	1.157
621	4	3	4	45.35	1.239
627	1	4	4	41.87	1.669
627	2	2	4	42.62	1.526
627	3	1	4	41.75	1.310
627	4	3	4	43.00	1.439
630	1	3	4	45.12	1.728
630	2	4	4	41.37	1.567
630	3	2	4	39.50	1.207
630	4	1	4	40.50	1.032
723	1	1	3	35.05	0.917
723	2	3	3	36.05	0.912
723	3	4	3	36.50	0.558
723	4	2	3	35.00	0.650
739	1	1	3	44.62	1.365
739	2	3	3	44.87	1.362
739	3	4	3	45.05	1.266
739	4	2	3	47.65	1.155

1/ Producción promedio por período.

Cuadro A.2. Consumo de MS y de fracciones de fibra como % del peso del animal y con base a su peso metabólico (0.75).

Tratamiento	Proporción forraje:concentrado				EEM ^{1/}	P ^{2/}
	80:20	70:30	60:40	50:50		
Materia Seca ^{3/}	3.43	3.72	3.46	3.80	3.60	0.47 .005
Materia Seca g/kg ^{0.75}	36.5	94.09	87.93	93.99	89.25	NA
Fibra detergente neutro	1.12	1.18	1.10	1.15	1.14	0.12 NS
Fibra detergente neutro g/kg ^{0.75}	28.08	30.1	27.9	28.5	28.64	NA
Fibra detergente ácido ^{3/}	0.68	0.65	0.59	0.56	0.62	0.07 .005
Fibra detergente ácido g/kg ^{0.75}	17.30	17.83	15.16	14.27	16.14	NA
Celulosa	.48	.49	.43	.43	.46	0.05 .05
Celulosa g/kg ^{0.75}	12.58	12.30	10.91	10.55	11.59	NA
Hemicelulosa ^{3/}	0.44	0.53	0.51	0.59	0.52	0.08 .03
Hemicelulosa g/kg ^{0.75}	10.78	12.27	12.74	14.13	12.48	NA

1/Error estandar de la media

2/Probabilidad; NS= no signinficativo (P>0.05); NA= No analizado estadísticamente

3/Diferencia en la interacción cuadro*tratamiento.

Cuadro A.3. Análisis de correlación entre algunas variables de interés.1/

Variable	R	R ²	Probabilidad
<u>Leche vs</u>			
Grasa	-0.354	0.1254	0.014
Consumo de Materia Seca	0.535	0.2868	0.000
Consumo de fibra detergente neutro	0.572	0.3277	0.000
Consumo de Proteína	0.474	0.2247	0.001
Consumo de fibra detergente ácido	0.480	0.2305	0.001
Consumo de lignina	0.476	0.2268	0.001
Peso promedio	0.579	0.3356	0.000
<u>Consumo de Materia Seca kg vs</u>			
Consumo de fibra detergente neutro	0.944	0.8920	0.000
Recambio estimado con lignina	-0.284	0.0808	0.000

1/ Steel y Torrie, 1985.

Cuadro A.4 Tamaño de la partícula de la alfalfa ofrecida 1/

Tamiz	Calibre de la malla (mm)	% de Partículas de cada tamaño.
1	10.00	9.705
2	4.75	10.195
3	2.36	18.983
4	1.00	23.459
5	0.60	19.641
6	0.297	10.547
7	0.150	5.260
8	0.075	2.206

1/ Metodología recomendada por Van Soest (1982).

Cuadro A.5 Número de animales por tratamiento necesarios para obtener diferencias estadísticas entre tratamientos para algunas variables ^{1/}

Variable:	Diferencia esperada	Numero de animales por tratamientos
Producción de Leche	50g	274
	100g	68.5
	200g	17.12
Consumo de MS	50g	332.9
	100g	83.24
	200g	20.81
Recambio ruminal ^{2/}	2 h	228.41
	3 h	101.51
	4 h	57.10
	6 h	25.38

1/ Calculado de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$s^2 = \frac{2(T_1 + T_2)^2}{D^2} \quad (\text{Steel y Torrie, 1985}).$$

2/ Tiempo de recambio estimado por medio de lignina.