

11662²
24



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MÉXICO**



**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN**

**EVALUACIÓN DE CONCENTRADOS ALTOS EN FIBRA Ó
ALMIDÓN E INCLUYENDO GRASA ANIMAL PARA VACAS EN
LACTACIÓN**

T E S I S

**Q U E P R E S E N T A :
C O M O R E Q U I S I T O P A R C I A L
P A R A O B T E N E R E L G R A D O D E
M A E S T R O E N C I E N C I A S E N E L A R E A D E
N U T R I C I O N A N I M A L :
M.V.Z. JOSE DE JESUS BUSTAMANTE GUERRERO**

ASESOR: Ph. D. GERARDO LLAMAS LAMAS

AJUCHITLÁN, GRO.

1997

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

DEDICATORIA

A María Refugio:

Por su amor incondicional, paciencia y decidido apoyo.

A mis padres:

Por guiarme por el sendero del estudio, dándome la libertad de elegir mi propio destino.

A mis hermanas:

Por su apoyo total en todo momento.

AGRADECIMIENTOS

- Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), por otorgarme la oportunidad y el apoyo económico para la realización de los estudios de maestría.**
- A la Facultad de Estudios Superiores-Cuautitlán, U.N.A.M. por los cursos impartidos y el alojamiento durante los estudios.**
- Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por su apoyo económico durante los cursos de maestría.**
- Al personal técnico y de campo del C. E. "El Verdineño", en especial al M.C. Guillermo Martínez V., por el apoyo brindado en las actividades de la fase de campo de la presente tesis.**
- Al Dr. Gerardo Llamas Lamas, por su conducción y enseñanzas durante la realización del trabajo de tesis.**
- Al laboratorio de Nutrición Animal del Centro Nacional de Investigación en Fisiología y Mejoramiento Animal, por su apoyo en el análisis de muestras.**
- A los miembros del H. Jurado: Dr. Juan De Dios Garza Flores, Dr. Moisés Montaña Bermúdez, Dr. José Luis Romano Muñoz, Ms. C. Federico Rodríguez Garza y Dr. Gerardo Llamas Lamas, por sus observaciones y sugerencias para mejorar la presente tesis.**
- A mis compañeros de Generación, con quienes entablé una amistad sincera: J. Jesús, Laura, David, José Luis, Enrique, Raúl, Sara, Iván, Cesar, José Luis y Rubén.**

CONTENIDO

	Página
Resumen	iii
Índice de cuadros	iv
Índice de figuras	v
I. Introducción	1
II. Revisión de literatura	3
Usos de ingredientes alternativos en los concentrados	8
Usos de grasa y fibra en la producción de leche	15
III. Hipótesis y Hipótesis General	20
IV. Experimento 1. Material y métodos	21
Localización	21
Título	21
Objetivos específicos	21
Animales experimentales	22
Tratamientos	22
Características y composición química de forrajes y concentrados	22
Determinaciones de laboratorio	24
Manejo	25
Alimentación	25
Diseño experimental	25
Variables de respuesta	25
Análisis estadístico	29
V. Resultados y discusión	31
VI. Experimento 2 Título	45
Objetivos específicos	45
Material y métodos	45
Animales experimentales	45
Tratamientos	45
Características y composición química de forrajes y concentrados	47
Determinaciones de laboratorio	47
Manejo	47
Alimentación	48
Diseño experimental	48
Variables de respuesta	48

	Análisis estadístico	50
VII.	Resultados y discusión	51
VIII.	Discusión general	66
IX.	Conclusiones	69
X.	Literatura citada	70

RESUMEN
EVALUACIÓN DE CONCENTRADOS ALTOS EN FIBRA Ó ALMIDÓN E INCLUYENDO GRASA ANIMAL PARA VACAS EN LACTACIÓN

Por José de Jesús Bustamante Guerrero
ASESOR: Dr. Gerardo Llamas Lamas

Para evaluar la respuesta a la inclusión de concentrados altos en fibra (CAF), almidón (CAA) o fibra y sebo (CAFS) en vacas en lactación, se realizaron dos experimentos (Ex). En el Ex 1 se utilizaron 15 vacas adultas con 90±8 días de lactancia (DL) en un diseño cruzado, durante 42 días. Se evaluaron dos concentrados (C) correspondientes a dos tratamientos. El tratamiento 1 fue un CAF a base de subproductos fibrosos y el tratamiento 2 (CAA) basado en grano. El forraje (FO) fue una mezcla de rastrojo de maíz, alfalfa y melaza. Ambos concentrados contenían 18% de proteína cruda (PC) y 1.58 y 1.76 Mcal de energía neta de lactación (ENL) por kg, respectivamente. El FO contenía 9.52% de PC y 1.27 Mcal ENL/kg. El CMS, PC, ENL, MO y de MS como % del peso corporal (CMS%PC), fueron similares (P>0.05) entre C. Se observó una mejor (P<0.02) producción de leche (PL), leche corregida a grasa (LCG) y contenido de grasa en la leche (CGL), (P<0.01) en el CAF. El consumo de fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), hemicelulosa (HCEL), celulosa (CEL) y lignina (LIG) fue mayor (P<0.01) para el CAF. El cambio de peso (CPC) y de condición corporal (CC) fueron similares (P>0.05) entre C. El CAF mostró una mayor (P<0.05) digestibilidad (DIG), de la MS y CEL. Asimismo, la DIG de la MO, FDN, FDA y HCEL fueron mejores (P<0.01) al CAA. La degradabilidad ruminal de la MS de los C fue mayor (P<0.05) en el CAA. En el Ex 2 se utilizaron 9 vacas con 143 DL en un cuadro latino 3x3 repetido. Los T fueron: CAA, CAF y CAFS, isoprotéicos, isoenergéticos el T1 y T3 (1.70) y el T2 1.88 Mcal ENL/kg respectivamente. El FO fue zacate Pará (*Brachiaria mutica*) con 6.25% de PC y 1.21 Mcal ENL/kg. El consumo de MS y demás nutrientes fueron similares (P>0.05) entre C. La PL fue similar (P>0.05) entre C. En cambio, la PLCG fue mayor (P<0.05) con el CAFS. El CPC fue positivo (P<0.05) en el CAF. El cambio de CC fue similar (P>0.05) entre los C. Las actividades destinadas para comer (c), rumiar (r), descansar y masticar (c+r) en minutos/día, fueron similares (P>0.05) entre C. La DIG estimada en las fracciones de MS, MO, FDA y CEL con fibra amordantada no fue afectada por los C (P>0.05). En cambio, la DIG de la HCEL fue mayor (P<0.01) con el CAF y CAFS. La DIG estimada por cenizas insolubles en detergente ácido para las fracciones de FDN y HCEL fue mejor (P<0.01) en los CAF y CAFS. Se concluye que la utilización de suplementos altos en fibra o grasa, afectan positivamente la producción y composición de la leche; los cuales además de promover una mayor digestión del forraje, se reflejan en un uso más eficiente de la energía, con relación al CAA, resultando económicamente más rentables al sustituir en gran proporción granos y pastas protéicas y sin modificar la relación forraje:concentrado en la dieta de vacas con un potencial medio de producción.

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	Página
1. Composición (%BS) de los concentrados experimentales.....	23
2. Composición de la mezcla de minerales traza utilizada en los experimentos 1 y 2.....	23
3. Composición (%BS) del forraje base.....	24
4. Consumo de alimento y de fracciones de fibra.....	31
5. Composición química (% BS) de la dieta total.....	33
6. Producción y composición de leche, cambios de peso y de condición corporal de los animales	34
7. Consumo de nutrimentos y balance energético en los animales.....	39
8. Digestibilidad (%) de diversas fracciones del alimento	40
9. Degradabilidad observada y esperada (%) de la materia seca de los concentrados altos en fibra o almidón.....	43
10. Valor de los estimadores de la degradabilidad de la materia seca en los concentrados.....	43
11. Composición (%BS) de los concentrados experimentales.....	46
12. Composición (%BS) del pasto pará (<i>Bracharia mítica</i>).....	46
13. Consumo de alimento y de fracciones de fibra	51
14. Composición química (%BS) de la dieta completa	56
15. Producción y composición de leche, cambios de peso y de condición corporal de los animales	57
16. Consumo de nutrimentos y balance energético de los animales .	62
17. Hábitos de consumo (en minutos), en 24 horas	62
18. Digestibilidad (%) obtenida por medio de fibra amordantada de diversas fracciones del alimento	64
19. Digestibilidad (%) obtenida por medio de cenizas insolubles en detergente ácido de diversas fracciones del alimento.....	64

INDICE DE FIGURAS

FIGURA		Página
1.	Respuesta de vacas en lactación a la suplementación de concentrados altos en fibra o almidón	35
2.	Degradabilidad <i>in situ</i> observada y esperada en la materia seca de los concentrados altos en fibra o almidón.	44
3.	Respuesta de vacas en lactación a la suplementación de concentrados altos en almidón o fibra y adición de sebo	58

I. INTRODUCCIÓN

El uso de nuevos sistemas de alimentación del ganado lechero en los cuales se incluyen grandes cantidades de granos (concentrado), ha permitido cubrir los requerimientos de vacas capaces de producir un promedio de 12 000 litros de leche o más por año. Sin embargo, este alto nivel alcanzado no se logra sin costo alguno, particularmente en términos de trastornos digestivos y problemas de salud relacionados con la alimentación.

El objetivo del programa de alimentación al inicio de la lactación es el de estimular el consumo de materia seca (CMS), incrementar la producción de leche y mantener la salud del animal. El tratar de aumentar la densidad energética de las dietas del ganado lechero proporcionando más grano sin considerar la fibra frecuentemente resulta en menor consumo de energía y pérdida adicional de la condición corporal. El problema parece estar asociado con cantidades insuficientes de fibra efectiva y exceso de carbohidratos no estructurales (CNE).

Con base en lo anterior, para maximizar el CMS y/o energía después del parto, la dieta debe ser alta en energía pero a la vez contener suficiente "fibra efectiva" para asegurar un normal funcionamiento del rumen, sostener un nivel aceptable de grasa en leche y mantener el estado de salud del animal (Shaver, 1991).

Al incrementar la relación forraje:concentrado de la dieta se previenen significativamente los efectos nocivos señalados, sin embargo, la producción total de leche disminuye como resultado de un reducido consumo de energía digestible.

Para superar en gran medida los efectos indeseables derivados del uso desproporcionado tanto de grano o fibra en la dieta, Hoover y Miller (1991b) sugieren maximizar el uso de ingredientes fibrosos de alta digestibilidad que sustituya sin menoscabo, parte de la fracción de CNE en la dieta. Al respecto, en años recientes se ha incrementado el interés por el uso de una amplia gama de subproductos fibrosos, también conocidos como alimentos alternativos (AA) en la dieta del ganado lechero en producción (Belya, 1991).

La inclusión de sebo en la dieta, se ha convertido en una práctica común para incrementar la densidad energética de las raciones, y representa una alternativa que permite

desplazar parte de los granos de la dieta y disminuir sus efectos indeseables, maximizando con ello la cantidad de forraje (Harris, 1994).

Desafortunadamente el nivel de grano ofrecido para obtener máximas productividades tal vez no sea el deseable bajo los sistemas de producción en condiciones tropicales de México, por lo que será necesario establecer estrategias para una óptima eficiencia productiva de la vaca lechera.

Los países que, como el nuestro, tienen la necesidad de aumentar la producción de leche, pero disponen de cantidades limitadas de granos para ser destinados a la producción animal, deberán buscar alternativas para obtener el aumento de leche que se requiere.

Con base en lo anterior, se planteó el presente estudio para evaluar el efecto de la suplementación con concentrados basados en ingredientes alternativos y grasa animal en la dieta total y la consecuente respuesta productiva de vacas en lactación.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

La meta en la formulación de raciones óptimas para ganado lechero es la de proveer los nutrimentos necesarios a la glándula mamaria en cantidades y proporciones que resulten en la más eficiente producción de leche. Los carbohidratos en la dieta son importantes dado que influyen sobre la síntesis de tres componentes: lactosa, grasa y proteína (Mertens, 1992).

Los carbohidratos comprenden entre un 70 y 80% de la MS de la ración y contribuyen en un 60-70% de la energía neta usada para la producción de leche. Estos pueden ser divididos en componentes fibrosos y no fibrosos. La fracción de carbohidrato estructural o fibrosa (CE), llamada fibra detergente neutro (FDN), incluye celulosa, hemicelulosa, lignina y nitrógeno unido a lignina; y los almidones, azúcares y pectinas que comprenden la fracción de los carbohidratos altamente disponibles conocida también como carbohidratos no estructurales (CNE) o carbohidratos no fibrosos (CNF) (Harris, 1993).

La fracción de CNE de los ingredientes puede ser obtenida por diferencia, de acuerdo con la ecuación citada por Nocek y Russell (1988), la cual es: % de CNE = [100% - (% proteína cruda + % FDN + % extracto etéreo + % cenizas)]. Las mediciones más comunes del contenido de fibra de un alimento son la FDN y la fibra detergente ácido (FDA). La FDN es una estimación de las paredes celulares y está correlacionado con el CMS de los forrajes, en tanto la FDA está asociada con la digestibilidad y por lo tanto con el valor energético. (Mertens, 1982; Chase y Sniffen, 1989).

Aunque el CMS y la digestibilidad están relacionadas, estas son estimaciones independientes de la calidad del alimento. El CMS es dependiente de la estructura voluminosa del alimento, básicamente del contenido de paredes celulares (FDN), mientras la digestibilidad es dependiente del contenido de paredes celulares y su disponibilidad para la digestión. Esta última es afectada por el grado de lignificación y otros factores, tales como: nivel de consumo, tasa de paso y tamaño de partícula del alimento (Van Soest, 1982).

El contenido de FDN de un alimento está positivamente correlacionado con el tiempo de ingestión y rumia (Weich, 1979), con la tasa de reducción del tamaño de partícula y por lo tanto con una función adecuada y salud del rumen (Bartley, 1978). La cantidad, fuente y forma física de

la FDN de la dieta, también esta asociada con el flujo de saliva, el patrón de fermentación ruminal, la cantidad de grasa en la leche y producción total de energía.

Mertens (1982) señala que la FDN puede utilizarse como una herramienta importante en la formulación de raciones para vacas lecheras. Aún así, los valores de FDN deben usarse con cautela, ya que el tamaño de la partícula, la fibrosidad y gustosidad de alimento no son reflejados fielmente por la cantidad de FDN, por lo que es importante considerarlos en la formulación. El total de FDN a incluirse en una ración para ganado de leche depende de muchos factores, como el nivel de producción, etapa de la lactancia, tipo de fibra y capacidad amortiguadora del forraje.

La vaca lechera requiere de una cantidad mínima de fibra en la dieta para una actividad adecuada de rumia y masticación, manteniendo así un pH ruminal alrededor de 6.2 y una relación acetato:propionato aproximada de 2:2 para una función ruminal apropiada y por consecuencia mantener una concentración de adecuada de grasa en la leche. Por otra parte, demasiados CE o FDN en la dieta, especialmente de forrajes maduros, pueden reducir el nivel de energía de la misma y el consumo de MS por un llenado prematuro del rumen y como consecuencia el nivel de producción de leche se reduce (Shaver, 1991).

Usualmente el nivel de carbohidratos en las dietas para ganado lechero ha sido estudiado considerando principalmente el contenido de carbohidratos estructurales: FDN o FDA. Actualmente, nutriólogos e investigadores han dirigido su interés más hacia los CNE, dado que estos juegan un papel primordial con el consumo de proteína degradable al optimizar el crecimiento microbiano y su digestión a nivel ruminal.

Los CNE representados por los granos de cereales son componentes sumamente importantes de una ración. Estos se degradan rápidamente en el rumen suministrando la energía necesaria para la síntesis de proteína microbiana. El nivel exacto de CNE en la dieta es difícil de especificar. Nocek y Russell (1988) sugieren que 40 % es deseable; Hoover y Stokes (1990) por su parte, recomiendan de 38 a 40%. Shaver (1991) menciona sobre rangos de 31 a 39% en hatos con producciones mayores de 11,800 litros por lactancia. Mertens (1988) recomienda un consumo diario de CNE del orden del 1.1% del peso corporal, el cual comprende un 33% de la MS. La mayoría de los estudios recomiendan un nivel mínimo de 35% para asegurar una máxima

eficiencia del crecimiento microbiano y un nivel máximo de 45% para prevenir una disrupción en la digestión de la fibra debido a un pH bajo.

Nocek y Russell (1988) reportan que la producción de leche en vacas altas productoras es mayor cuando la relación de CNE:FDN en la dieta fluctúa de 0.9 a 1.2. Poore *et al.* (1991) encontraron que la respuesta en la lactación se ve afectada adversamente solo cuando la relación de FDN del forraje:almidón degradable en rumen, fue menor de 1:1. Asimismo, Poore *et al.* (1993) descubrieron que la relación FDN del forraje:almidón degradable en rumen sirve como una guía para seleccionar los forrajes en dietas para lactación, siendo también útil cuando se intercambian fuentes de energía con diferente concentración y degradabilidad del almidón.

Malestein *et al.* (1982) señalan que el nivel de azúcares solubles es el factor más crítico en relación con el almidón, para optimizar la fermentación ruminal. El nivel óptimo de CNE a incluir en la ración puede estar influenciado por los siguientes factores:

- 1).- Tasa de degradación de la FDN: (ejemplo: la FDN de la alfalfa se degrada más rápidamente en rumen que la FDN de las gramíneas).
- 2).- Fuente de CNE: como afectan éstos la tasa de degradación (de rápida a lenta: trigo >cebada >avena >maíz > sorgo).
- 3).- Tratamientos físicos de los granos de cereales, (molido, hojuleado, cocido). Una falta en el balance óptimo entre CNE y CE puede afectar el comportamiento productivo de la vaca en lactación (Chase y Sniffen, 1989; Davis, 1992).

Muy pocos animales, experimentan el estrés metabólico como la vaca lechera al inicio de la lactación; de hecho, la vaca en lactación tiene los mayores requerimientos de nutrimentos de todos los rumiantes (Chamberlain, 1989). Al momento del parto, una vaca de 635 kg de peso produciendo 45 kg de leche con 3.5% de grasa, incrementa sus necesidades de energía neta de lactación (ENI) y de proteína cruda (PC), cuatro y 10 veces, respectivamente (NRC, 1989) con relación a sus necesidades de mantenimiento; por lo que el objetivo principal al formular raciones para vacas altas productoras es cubrir los requerimientos de energía sin reducir el contenido de fibra de la dieta abajo del mínimo (Coppock *et al.* (1974). Cubrir estas necesidades de nutrimentos

representa un desafío más allá de lo previsto comparado con otras especies productivas, ya que para alcanzar altos consumos de energía es necesario superar las limitantes físicas del CMS.

Dado que los granos tienen una concentración aproximadamente del doble de energía neta que los forrajes, estos son usados como complementos de los forrajes para incrementar el contenido de energía neta de la ración requerida para altos rendimientos de leche. Los granos de cereales son utilizados alrededor del mundo como concentrados convencionales en la alimentación de la vaca en lactación, cuya principal contribución de nutrimentos es como fuente de energía altamente disponible, dado su alto contenido de almidón (Broster *et al.*, 1978; Sutton *et al.*, 1987; Linn *et al.*, 1988).

Por otra parte, estos ingredientes contienen mucho menor cantidad de fibra que los forrajes, por lo que raciones altas en grano generalmente contienen niveles inadecuados de fibra (MacGregor *et al.*, 1976). La formulación de raciones basada en la cantidad de almidón o CNE en la dieta es la novedad en los 90s (Harris, 1990). Sin embargo, cuando se adicionan carbohidratos fácilmente fermentables (CNE) al forraje de la ración, la digestión de la fibra se ve disminuida tanto *in vitro* (Stern *et al.*, 1978; Mertens y Loftin, 1980; Hoover, 1986), como *in vivo* (Joanning *et al.*, 1981; Miller y Muntifaring, 1985). Niveles tan bajos como 10 a 15% de CNE empeoran la digestión de la fibra (DF), pero las disminuciones más severas están usualmente asociadas con la inclusión de un 30% o más de grano de la materia seca consumida (Ronning, 1980; Uden, 1984a; Uden, 1984b).

Existen varias teorías que tratan de explicar el efecto depresor del almidón sobre la digestión de la celulosa tanto a nivel *in vitro* como *in vivo* (Burroughs *et al.* 1949; El-Shazly *et al.* 1981; Hoover, 1986). Las tres más conocidas son:

- 1.- Mayor preferencia de los microbios ruminales por los carbohidratos altamente disponibles en comparación con componentes de la fibra.
- 2.- Disminución del pH ruminal causada por una rápida fermentación de los CNE con el resultante decremento en la DF.
- 3.- Hay una competencia por nutrimentos esenciales que resulta en una proliferación microbiana preferencial por almidón.

Según Mould *et al.* (1983), existe una interrelación entre las primeras dos teorías. Afirman que la adición de almidón en la dieta disminuye la DF a través de una serie de eventos que involucra preferencia por CNE, reducción del pH ruminal y una merma en la población celulolítica. Una baja moderada de pH en el rumen (> 6.2), empeora la DF provocado por la adición de almidón; una disminución más severa del pH, (< 6.0), decrece el número de microbios celulolíticos y limita drásticamente la digestión de los CE. La DF alterada que no se relaciona con el pH, se ha señalado como el "efecto carbohidrato", y sugieren que de esta manera, los CNE pueden inhibir la digestión de la celulosa.

Mertens y Lofton (1980) al evaluar el efecto de adicionar almidón de forma creciente a cuatro forrajes, observaron diferente respuesta entre forrajes y almidón sobre la DF, la cual podría estar relacionada a la morfología de la planta y tipo de bacterias asociadas con la DF de cada forraje. En dicho estudio, el almidón no afectó la tasa de DF; esto refuta la hipótesis de que el almidón reduce la DF al disminuir la tasa de digestión sino que podría ser debido a un incremento del tiempo de retardo de la digestión (lag), lo que concuerda con El-Shazly *et al.* (1981).

Esta serie de eventos son conocidos como "efectos asociativos o digestibilidad asociativa" (EA), que es definida por Schneider y Flatt (1975) como una interacción entre alimentos que puedan resultar tanto en un incremento o decremento de la digestibilidad de uno de los componentes de la dieta. Dichos EA se refieren a las diferencias no aditivas en la digestibilidad de algunos alimentos como componentes de dietas mezcladas, comparada al valor de digestibilidad determinado para el mismo ingrediente cuando es consumido solo (Merchen, 1988); es decir, los EA se observan cuando la digestibilidad aparente (DA) de una mezcla de ingredientes no es igual a la suma individual de la DA de cada ingrediente (Mould *et al.*, 1983; Schneider y Flatt, 1975).

En la práctica, son observados EA positivos cuando se adicionan pequeñas cantidades de almidón o azúcares (CNE) en dietas basadas en forrajes, dando incrementos en la digestión de la celulosa comparada con la digestibilidad estimada.

Soofi *et al.* (1982) reportan que los EA positivos tanto sobre el consumo de alimento como con la digestibilidad ocurren al mezclar un forraje tosco de baja calidad (v.g. rastrojos o pajas), con

forrajes de alta calidad (alfalfa), al suministrarlos a borregos. En la alimentación de rumiantes, el EA más importante es negativo, y resulta cuando en un intento por aumentar la digestibilidad total de la ración, se incluyen 30% o más de grano de la MS de la dieta (Teesler *et al.*, 1981; Hoover y Miller, 1991a).

El término EA describe una respuesta no lineal en la utilización de nutrimentos cuando dos ingredientes son combinados (Moe, 1979). Los EA son importantes debido a que cuando las dietas son formuladas usando ecuaciones lineales, el efecto esperado no aplicaría si los EA están presentes. Niveles elevados de sustancias fácilmente fermentables, tales como azúcares solubles, almidón, algunas proteínas, etc., en la ración están asociados con la disminución del pH ruminal y menor actividad celololítica (Ohajuruka y Palmquist, 1989), resultando en una serie de condiciones indeseables, tales como alta producción de ácido láctico, disminución de la motilidad y recambio ruminal, consumo deprimido, problemas de salud (acidosis, laminitis, desplazamiento de abomaso a la izquierda, etc.), y en vacas en lactación, pérdida de peso, disminución de la producción de leche y de la grasa butírica (Nocek y Russell, 1988).

El desafío a enfrentar consiste por lo tanto, en maximizar el contenido de energía en la ración, sin incrementar la incidencia de problemas metabólicos (Harris, 1990).

USO DE INGREDIENTES ALTERNATIVOS EN LOS CONCENTRADOS.

Con el fin de disminuir los EA negativos derivados del uso de elevadas cantidades de granos de cereales en la dieta (CNE) de ganado lechero, en años recientes se ha incrementado el interés por el uso de una amplia gama de subproductos energéticos altos en fibra en la formulación de concentrados. (De Visser y De Grot, 1980, Keith *et al.*, 1986, Steg *et al.*, 1986, Meijs, 1986, Phipps *et al.*, 1987, Bernard y McNeil, 1991, Beauchemin *et al.*, 1991, Oraskovich y Linn, 1992, Sutton *et al.*, 1987, Castaldo, 1995.

Estos ingredientes forman parte del grupo también conocido como *alimentos alternativos* (AA), los cuales tienen perfiles nutricionales notablemente diferentes de los alimentos convencionales. En muchos casos el criterio para formular y evaluar las dietas difiere del utilizado

para dietas de uso que se común. Para el caso, los AA altos en fibra (AAF), muestran una serie de características deseables las citan a continuación:

FORMA FÍSICA Y FIBRA EFECTIVA. La forma física de un alimento tiene un gran impacto sobre la efectividad de la fibra en la dieta. El tiempo de masticación es un buen indicador de la "fibra efectiva". Su aspecto benéfico se manifiesta en su efectos sobre la regurgitación, masticación, salivación, pH ruminal y función ruminal (efecto abrasivo). Los AAF usualmente poseen considerable cantidad de fibra altamente fermentable, con baja cantidad de almidón y con similar contenido de energía digestible comparado con los granos de cereales (Johnson *et al.* 1962; Brown *et al.* 1981; Sutton *et al.*, 1987; Anderson *et al.* 1987; Anderson *et al.* 1988; De Visser y Steg, 1988; Oliveros *et al.* 1989).

Quando se incluyen AAF en raciones para ganado lechero, la relación de ácido acético a propiónico se incrementa, comparado con raciones isocalóricas que contienen alta cantidad de grano. Muchos de estos subproductos tienen una alta relación FDN : CNE con respecto al producto que se derivan (salvado de maíz, trigo, arroz) por lo que su incorporación significativa en la dieta, tiende a mejorar la fermentación ruminal (De Visser y Steg, 1988).

Ørskov (1989) señala que los AAF tienen la propiedad dual de, por una parte tener una baja velocidad de fermentación en el rumen, y por otro de estimular la producción de saliva, que ayuda a reducir la acidez del rumen.

EXTENSORES DE FORRAJE. Por sus características físicas, (alto volumen) y químicas (alta FDN), algunos AAF se utilizan frecuentemente como fuente de fibra o como extensores o sustitutos de forraje en las dietas del ganado lechero: cascarillas de soya, arroz, cacahuete y bagacillo de caña. (Harris, 1991). Ante tales ventajas, se recomienda incluir una alta proporción de estos AAF a medida que se incremente la proporción de concentrado en la dieta (Ørskov, 1989). Hoover y Miller (1991b) señalan que el nivel de CNE no debe considerarse de forma aislada de los demás componentes de la dieta; dado que procesos como la fermentación ruminal, la producción

de biomasa microbiana y la producción de leche están relacionados con la cantidad de carbohidratos digeridos. De ahí que la FDN de algunos AA de rápida digestibilidad pueden contribuir notablemente al total de carbohidratos digeridos, reduciendo así la necesidad de CNE para maximizar la producción microbiana; en tanto, que la fracción de carbohidratos en la FDN de lenta degradación provocan el efecto contrario.

CAPACIDAD AMORTIGUADORA. La capacidad de recambio de cationes a nivel ruminal (CRC) de un alimento, refleja la capacidad amortiguadora de su FDN. Esta propiedad registra los miliosmoles de H^+ captados por kg de FDN presente en un ingrediente a nivel ruminal. Aunque la CRC no se conoce en todos los AAF, existe información de AAF de uso común con niveles aceptables de CRC. Allen *et al.* (1985) señalan que existe una relación entre la reducción de una acidosis y el uso de AAF, dado su efecto amortiguador. Varios autores señalan que los AAF, ayudan a reducir la carga metabólica impuesta por los CNE en el rumen, especialmente cuando son incorporados en raciones basadas en ensilaje de maíz o altas en grano. De esta forma ayudan a estabilizar y optimizar la fermentación ruminal sin causar problemas de "llenado" ruminal, pudiendo mejorar así la digestión de la fibra, el nivel de grasa en la leche y por consecuencia favorecer el consumo de MS (Sutton *et al.*, 1987; Linn *et al.*, 1988; De Visser y Steg, 1988; Beauchemin *et al.*, 1991; Shaver, 1991; Davis, 1992).

EFFECTOS INTERACTIVOS. Un aspecto intrigante de los AAF son sus interacciones digestivas. Bajo condiciones de pastoreo o en confinamiento, los concentrados basados en AAF, son una alternativa adecuada para suplementar y mejorar el consumo de forrajes de baja calidad sin incurrir en efectos asociativos negativos (disminución de la DF), que ocurren cuando se utilizan concentrados basados en grano (Highfill *et al.*, 1987; Hoover y Miller, 1991a; Grigsby *et al.*, 1992). Los AAF promueven un mejor ambiente ruminal (menor presión osmótica, menor acidez, más eficiente producción de ATP por microbios ruminales, etc.), por lo que la digestión de la fibra puede mejorarse y ocurrir una respuesta positiva de producción de leche. Varios estudios señalan

que grandes cantidades de concentrado (grano) llevan a que el animal disminuya su consumo voluntario de forraje, por lo que el objetivo de complementación del concentrado deja de ser totalmente aditivo (aumentar el CMS), y presentarse por lo tanto una alta sustitución de forraje por concentrado (Horn *et al.*, 1995a).

CONTENIDO DE FIBRA Y ENERGÍA. Las concentraciones de fibra y energía de los AAF plantean grandes desafíos. Cuando los AAF son incluidos, la concentración de FDN y FDA puede incrementarse varias unidades porcentuales. El conocimiento convencional podría sugerir que la concentración energética de la dieta podría disminuir y por lo tanto el CMS ser limitado. Sin embargo, considerando la presencia de interacciones digestivas y el consumo compensatorio que se puede presentar, la productividad animal no cambia o podría incrementarse un poco antes de verse comprometida. (Hoover y Miller, 1991a). El hecho fisiológico de como la adición de AAF afecta el consumo en dietas basadas en forraje no está bien comprendido. Algunos autores sugieren que este tipo de ingredientes de alguna forma ayuda a asegurar un ambiente más eficiente para la digestión de las paredes celulares (ej. incrementando la biomasa de hongos celulolíticos ruminales) (Preston y Leng, 1989).

CONTENIDO DE PROTEÍNA. La concentración de proteína y su calidad requiere de análisis al formular con AAF. Las dietas frecuentemente son diseñadas a mínimo costo basadas en proteína y energía. La calidad de la proteína (reflejada por las fracciones de degradabilidad ruminal), a menudo no es considerada o lo es después de su cantidad. Esto puede resultar en un desacoplamiento entre las fracciones de carbohidratos y de nitrógeno y dar por resultado una eficiencia fermentativa ruminal disminuida, por lo que la falta de información sobre la PC degradable de muchos AA puede complicar su uso cotidiano en las raciones (Nocek y Russell, 1988; Belyea, 1991)

CONTENIDO DE MINERALES. La concentración mineral en AA podría ser más extrema que en los alimentos convencionales, pero esto no parece ser un problema. En algunos casos los altos niveles de Zn, Se, Cu, etc. pueden ser benéficos, debido a que algunos forrajes muestran bajas concentraciones. Por ello, aquellos AAF que tengan baja concentración de minerales, especialmente Ca y K, la suplementación para cubrir estas necesidades son relativamente simples. La incorporación potencial de tales AA en la dieta para rumiantes requiere de una cuidadosa planificación, evaluación y estudio. Las raciones formuladas deberán ser eficientes, seguras, económicas y mantener un comportamiento productivo similar al obtenido con granos de cereales (Harris y Staples, 1993). Numerosos AA son producidos anualmente del procesamiento de una variedad de cosechas de productos primarios, muchos de ellos de consumo humano. Existe poca información disponible sobre su uso potencial al formular dietas para ganado lechero, cuando el concentrado está basado en este tipo de subproductos, por ejemplo, carencia de información relacionada con el valor real o "ajustado" de FDN de ingredientes de uso regional, su calidad proteica, composición mineral, etc, por lo que la inclusión de AA es algunas veces limitado en las raciones lecheras (Coppock, 1987, Bernard y McNeill, 1991, Castaldo, 1995).

De Visser y De Groot (1980) estudiaron el efecto del nivel de almidón o fibra en la dieta empleando AA (altos en fibra o almidón), en concentrados sobre el consumo voluntario de estos en una ración con acceso restringido de forraje. Los concentrados con niveles crecientes (20, 30, 40 y 50% de la MS) de CNE los cuales fueron ofrecidos durante 119 días a vacas en lactación. Se registró un efecto lineal significativo entre el CMS, kg de leche y grasa en leche con el contenido de FDN en la dieta.

Meljs (1986) evaluó la suplementación de vacas lecheras en pastoreo sobre ryegrass ofreciendo uno de dos tipos de concentrados: CAA o CAF. El CAA estuvo basado en maíz, pasta de linaza y coco, mientras el CAF contenía pulpa de remolacha, pasta de palma, cascarrilla de soya y gluten de maíz. Las vacas suplementadas con el CAF, consumieron más forraje; asimismo la producción de leche, producción de grasa y leche corregida con 3.5% de grasa (LCG) fueron mayores para las vacas alimentadas con el CAF. Al evaluar el efecto del tipo de concentrado

sobre el consumo de forraje encontró que el CAF tuvo una menor tasa de sustitución que con CAA.

Thomas *et al.* (1986) compararon dos concentrados extremos en contenido de CNE y CE, basados en grano de cebada (CAA) y pulpa de remolacha (CAF) a niveles de inclusión de 6 y 12 kg de MS/día. Los animales suplementados con el CAF en ambos niveles tuvieron un mejor CMS y una mayor producción de leche, mostrando incluso un efecto residual mayor que las suplementadas con el CAA. Con el nivel de inclusión alto de CAA disminuyó la digestibilidad de la FDA y el contenido de grasa en la leche.

Bernard y McNeill (1991) determinaron la influencia de tres dietas basadas en subproductos energéticos fibrosos (AAF), sustituyendo 22% de una dieta basada en grano de maíz, pasta de soya y ensilaje de maíz sobre la producción y composición de la leche, CMS y digestibilidad de nutrientes. Los suplementos basados en AAF, afectaron de manera similar la producción y composición de la leche y el consumo de MS con respecto al testigo (CAA). Sin embargo, el CAF basado en cascarilla de soya mejoró significativamente la digestibilidad de la FDA y FDN en comparación con el resto de tratamientos.

Mc Gregor *et al.* (1976) opinan que el tamaño pequeño de partícula de ciertos subproductos fibrosos como la cascarilla de soya facilita una rápida tasa de pasaje a través del rumen-retículo, permitiendo así un mayor consumo de alimento. Resultados similares encontraron Phipps *et al.* (1987) al evaluar el efecto de CAA y CAF sobre el CMS, la producción y composición de la leche y digestibilidad de los nutrientes. El autor sugiere que el uso adecuado de fuentes de fibra altamente digestible puede estimular el consumo de forraje al inicio de la lactación, cuando las vacas son alimentadas con concentrados basados en granos.

Tremere *et al.* (1988) y Lees *et al.* (1982) también registraron mayores consumos de forraje al utilizar concentrados altos en fibra en un estudio con vacas lecheras. Según Russell *et al.* (1979) y Hiltner y Dehority (1983), la razón principal para alcanzar mayores consumos de MS cuando se emplean CAF, es la promoción de condiciones ruminales propicias para una alta actividad celulolítica de la biota ruminal.

Sutton *et al.* (1987) señalan que las diferentes respuestas en el consumo de forraje con los CAA es debido a los nutrimentos altamente fermentables, como azúcares, almidón y algunas proteínas que disminuyen el pH del rumen e incrementan la concentración de ácido láctico en el fluido ruminal. Esto resulta en una menor actividad celulolítica de los microbios ruminales y en una disminución de la velocidad de degradación de las partículas fibrosas en el rumen-retículo, por lo tanto, el incremento de llenado ruminal con residuos no fermentados, pueden restringir el consumo de alimento.

Sin embargo, la sustitución de almidón por fibra en los concentrados no siempre conduce a un incremento en el consumo de forraje. Sutton *et al.* (1984), Sloan *et al.* (1988) no encontraron efecto en el consumo de ensilaje cuando fueron comparados la pulpa de remolacha vs grano de cebada (CAA vs CAF).

Mayne y Gordon (1984), Thomas *et al.* (1986), Sutton *et al.* (1987), Sloan *et al.* (1988), Jackson *et al.* (1991) concluyen que la inconsistencia en las respuestas con relación al consumo de forraje en los distintos estudios, se deben básicamente a las diferencias en el tipo de carbohidrato (almidón - azúcar) utilizado en el concentrado.

Baxter y Wilson (1963), Campling y Murdoch (1966), Campling y Lean (1969) señalan de que grandes cantidades de grano disminuye el consumo voluntario de forraje, por lo que la función de *complementación de nutrimentos* deja de ser totalmente aditiva, dando lugar a una *sustitución de forraje por concentrado* en el CMS total. De ahí que el grado de complementación aditiva (fomentar el CMS y la digestibilidad) en la dieta, dependerá de la composición química y digestibilidad del suplemento y del forraje.

Vuuren *et al.* (1985) estudiando la fermentación ruminal de vacas en pastoreo y suplementadas con concentrados CAA y CAF, reportan que el pH ruminal de las vacas suplementadas con el CAA fue menor al CAF, solo durante las primera hora posconsumo. Durante el resto del día, el efecto del concentrado fue anulado por forraje consumido el cual contenía una alta proporción de azúcares y proteínas fácilmente fermentables.

Chamberlain *et al.* (1984) enfatiza que para lograr mayor CMS usando suplementos fibrosos, la fuente de forrajaje debe ser altamente digestible y con niveles aceptables de nitrógeno.

De la misma forma, Campling y Lean (1989) mencionan que los suplementos basados en grano (CAA), fácilmente degradables, disminuyen el consumo de forraje en mayor cuantía que la misma cantidad de complemento rico en celulosa, por ejemplo, heno de gramínea o leguminosa seco, molido o comprimido.

USO DE GRASA Y FIBRA EN LA PRODUCCIÓN DE LECHE.

La necesidad de incrementar el consumo de energía (ENI), principalmente durante el inicio de la lactación cuando ésta, excede a la consumida, junto con los efectos negativos causados por el exceso de almidón en la dieta, ha incrementado el uso de grasa como suplemento en el ganado lechero.

Palmquist y Jenkins (1980) señalan que aunque la grasa comprende menos del 5% de la dieta para rumiantes, estos dependen más de metabolitos no glucogénicos para el metabolismo energético que los monogástricos, de ahí que la incorporación de grasa adicional en las dietas para vacas en lactación ofrece varias opciones para mejorar la eficiencia de utilización de la energía para producción de leche, las cuales pueden ser:

- a).- La alta densidad energética de la dieta permite incrementar su consumo y la producción de leche cuando la ingestión de ENI es limitante, mejorando así la eficiencia bruta de utilización de la energía.
- b).- Al incrementar la disponibilidad de grasa de la dieta, aumenta la eficiencia de síntesis de leche logrando así una relación óptima con otros nutrimentos. (Baldwin y Smith 1983, Baldwin *et al.*, 1985, Smith, 1988, Palmquist, 1988).
- c).- La transferencia directa de grasa de la dieta en la leche, puede resultar en un incremento de la eficiencia de la producción de leche.
- d).- La sustitución potencial de grasa por CNE rápidamente fermentables en la dieta de vacas altas productoras, permite incrementar la relación forraje: concentrado en relación a los carbohidratos totales de la dieta, mejorando la fermentación ruminal y la digestión de la fibra, y manteniendo un porcentaje normal de grasa en la leche.

El principal desafío de la utilización de grasa en el ganado, ha sido el riesgo a causar alteraciones en la fermentación ruminal, como una reducción de la digestión de la fibra, disminución del contenido de grasa láctea, y algunas veces baja del CMS (Czerkawski y Clapperton, 1984, Palmquist, 1988).

Las respuestas en estos parámetros varía considerablemente dependiendo de un buen número de factores incluyendo nivel, fuente y tipo de grasa, tipo de CNE y fibra, nivel de consumo y manejo de la alimentación. La cantidad de grasa a utilizar en las dietas para vacas en lactación ha sido estimada de conceptos teóricos de las rutas metabólicas involucradas, con experimentación directa y experiencias de campo. Los cálculos especulativos y de experimentación con grasas "protegidas", sugieren que la máxima eficiencia de utilización de nutrimentos es cuando la grasa provee 15-20% de la energía metabolizable (EM), (7-8% de la MS), mientras que la alimentación práctica nos indica una respuesta más consistente con 5-6% de la MS.

Palmquist (1988) señala que para alcanzar una máxima productividad y eficiencia metabólica, la cantidad de grasa a suplementar deberá ser igual a la secretada en la leche, ajustando ésta al grado de movilización o deposición (si hay movilización, restar esta cantidad de la cantidad antes recomendada). Esto asegura que la grasa cubra la recomendación de un consumo del 15% de la EM.

Cuando la cantidad de ácidos grasos exceden el 5% de la MS, se recomienda el uso de grasa inerte ó "protegidas" de la fauna del rumen para asegurar que la función ruminal no se vea comprometida. El total de ácidos grasos en la ración raramente excederá del 8% de la MS (Palmquist, 1991, Kionfield, 1982). Algunos estudios indican que la respuesta lactacional a la adición de grasa no es significativa sino hasta que la rápida movilización de grasa corporal haya finalizado (cerca de la fecha que ocurre el pico de producción). Así, los mayores beneficios del uso de la grasa en dietas podrían ser en el intervalo de la 5ª a la 15ª semana de lactación, cuando las reservas corporales de grasa han sido agotadas y la producción de leche está en su máximo (Palmquist, 1988).

Palmquist (1984) reporta que la suplementación de grasa generalmente logra incrementar la producción de leche. Banks *et al.* (1976) obtuvieron un incremento de 25 a 48% en leche producida y de 44 a 69% en la producción de grasa comparada con dietas deficientes de grasa. Igualmente De Peters *et al.* (1987) registraron una mayor producción de leche al utilizar un 3.5 y 7% de grasa animal en la dieta. Por su parte, Horn *et al.* (1995b) señalan que incrementos de 2.26 kg de leche por vaca o mayor en vacas adultas, es lo mejor que puede ser esperado con la inclusión de grasa. En una revisión de 64 reportes de investigación, Smith y Harris (1992) encontraron pocas respuestas favorables en producción de leche.

Dado que la disminución del porcentaje de grasa en leche en la lactación coincide con la mayor producción láctea, es de considerable beneficio económico mantener un alto contenido de grasa (mayor producción como LCG), en esta etapa inicial de producción (McLeod *et al.*, 1976). El contenido de grasa en la leche, puede ser mantenido en niveles aceptables por dos formas:

- 1.- Manteniendo un nivel adecuado de fuentes de fibra (Sutton *et al.*, 1987).
- 2.- Incrementando el nivel de grasa en la dieta Smith (1986).
- 3.- Mediante ambas opciones.

Una consideración importante para lograr buenos resultados con el uso de grasa en la dieta es la de maximizar la fibra en la ración (*i.e.* consumo de forraje). Una dieta alta en forraje estabiliza la fermentación ruminal y ayuda a normalizar la función del rumen cuando se usan grasas en la dieta (Palmquist, 1983).

Aunque algunas investigaciones han examinado el efecto de las grasas de origen animal o vegetal sobre dietas relativamente altas en fibra (forraje). Poco se ha investigado para determinar un nivel óptimo de fibra cuando se adicionan grasas en la dieta (Canale *et al.*, 1990) o la interacción grasa:forraje sobre la fermentación ruminal (Grummer y Luck, 1993).

Smith y Harris (1992) señalan la existencia de un efecto interactivo del tipo de forraje y la adición de grasa. Al realizar una serie de estudios el mayor efecto benéfico se observó cuando el total de forraje (40% MS), fue heno de alfalfa en comparación con ensilaje de maíz. Por otra parte, se observó una mejor respuesta con la inclusión de sebo en comparación con la semilla de algodón, como fuente de grasa (Chik, 1982).

Garnsworthy (1990) utilizando sales cálcicas de ácidos grasos en concentrados altos en fibra o almidón para vacas en producción, encontró una respuesta positiva en el contenido de grasa y en la producción de LCG con el CAF adicionado con grasa, en comparación al CAA, señalándose dicha respuesta como un efecto nutricional aditivo (fibra-grasa) sobre la composición y producción de leche.

Jenkins (1993) identificó que una de las razones de la variación en la respuesta productiva, es la cantidad de ácidos grasos insaturados (AGI) en la grasa suministrada y comprobó que la concentración de AGI es buen predictor de la producción de leche. Sin embargo, la mejor estimación fue cuando se correlacionó la respuesta en leche con la cantidad de AGI por unidad porcentual de FDA en la dieta. No se encontraron efectos negativos con la inclusión de grasa hasta que la cantidad de AGI excedió de 0.06% de la MS por cada unidad porcentual de FDA en la dieta; v.g. si la ración contiene 20% de FDA, se recomienda no agregar más de 1.2% (0.06×20), de AGI en el suplemento de grasa, lo que correspondería a aproximadamente 2.5% de sebo.

Del mismo modo Palmquist y Conrad (1978) observaron un efecto aditivo similar al utilizar dos niveles de grasa en dietas altas en forraje, detectándose que los animales produjeron más grasa láctea, LCG y proteína en leche, que aquellos que recibieron dietas bajas en forraje y grasa. Estas respuestas concuerdan con la relación que existe entre la fibra en la ración, fermentación ruminal, disminución de la grasa en leche y ganancia de peso corporal, ya discutidos por Van Soest (1982). Palmquist (1976) afirma que las dietas altas en fibra y grasa previenen la "respuesta glucogénica" que inducen en el animal a una competencia del tejido adiposo por nutrimentos con la glándula mamaria.

El sebo es considerado a menudo grasa saturada, pero aproximadamente 45% de los ácidos grasos son insaturados (Palmquist, 1984). Además de las grasas "protegidas" o inertes en el rumen, el sebo es la primera fuente de grasa empleada en la alimentación para vacas lecheras en su inicio de lactación; es más económico que las grasas "protegidas" comerciales (4-5 veces más barato) y no presenta problemas de rechazo por el ganado lechero; incluso fue superior a algunas grasas comerciales en un estudio realizado por Grummer *et al.* (1990). Es de fácil

adquisición y al igual que el resto de las grasas logra aminorar el estrés a que están sujetas las vacas en ambientes cálidos, debido a su nulo calor de fermentación.

Se cree que las grasas saturadas son relativamente inertes en el rumen debido a su alto punto de fusión y consecuentemente baja solubilidad en el fluido ruminal. Es difícil afirmar que el sebo no pertenece a esta categoría dado que un 40% de los ácidos grasos que contiene, es ácido oleico, el cual podría afectar la fermentación ruminal cuando se administran en grandes cantidades en la dieta (Chalupa *et al.*, 1984)

Smith y Harris (1992) resumieron varios estudios y notaron que la suplementación de las dietas de alfalfa con sebo aumentaba la producción de leche en un 6.6% sin cambiar el porcentaje de grasa butírica. Con el ensilaje de maíz como único forraje, el promedio de cinco experimentos mostró un aumento en la producción diaria de leche por vaca de 27.7 a 28.6 kg/día (1.8%), mientras que el porcentaje de grasa de la leche disminuyó de 3.52 a 3.36% (4.6%).

Wrenn *et al.* (1978) al utilizar 10% de sebo intacto y 10% de sebo protegido en el concentrado no encontraron diferencias en producción de leche en los animales suplementados con grasa, pero estos tratamientos fueron superiores al grupo testigo (25.6 vs 23.5 kg/día). No se encontraron diferencias para consumo de materia seca en los tres grupos, sin embargo con grasa protegida y el grupo testigo resultaron en un mayor contenido de grasa en la leche, en relación al sebo no protegido.

Asimismo Wu *et al.* (1993), al comparar la inclusión de sebo con dos grasas comerciales en niveles similares (2.5%) en la dieta, no encontraron diferencias para el CMS y producción de leche entre los tratamientos y el testigo, pero las variables de contenido de grasa y LCG fueron afectadas positivamente, en relación al testigo.

Basado en los antecedentes, se plantea el presente estudio para evaluar la respuesta productiva de vacas en lactación con un potencial de producción medio y con alimentación basada en forrajes de regular calidad a la suplementación de concentrados altos o bajos en carbohidratos no estructurales y sebo.

III. HIPÓTESIS

Las hipótesis que se plantean para el presente estudio son:

- ⇒ El uso de CAF afecta positivamente el consumo de forraje y la digestión de la fibra en el rumen en animales con potencial medio de producción alimentados con dietas basadas en forrajes de baja calidad.
- ⇒ La inclusión de sebo en cantidades moderadas en el CAF compensa la energía faltante en éste y disminuye los efectos negativos del uso de CAA lo que resulta en un efecto aditivo sobre la producción.
- ⇒ El suministro de CAF y CAFS mantienen el nivel de grasa en leche debido al nivel presente de grasa y fibra.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la respuesta a la inclusión de concentrados altos en carbohidratos no estructurales (CNE), carbohidratos estructurales (CE) y sebo en el comportamiento productivo de vacas en producción moderada, alimentadas con rastrojo de maíz ó pasto Pará (*Brachiaria mítica*) picado.

IV. MATERIAL Y MÉTODOS

Para cumplir con el objetivo general del presente estudio se plantearon dos pruebas, las cuales se realizaron en las instalaciones del C.E. "El Verdineño", ubicado en Sauta, municipio de Santiago Ixcuintla, Nayarit, entre los 21° 33' de latitud norte y los 105° 11' de longitud oeste y a una altitud de 50 m.s.n.m. El clima predominante de la región es de tipo cálido subhúmedo Aw₂ (SPP, 1981) con una precipitación media anual de 1,200 mm y una temperatura media anual de 24° C. Las determinaciones de laboratorio de los dos experimentos, se realizaron en el Laboratorio de Nutrición Animal del Centro Nacional de Investigación en Fisiología y Mejoramiento Animal (CENIFyMA), localizado en Ajuchitlán, Gro. Ambos centros dependen del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (INIFAP-SAGAR). La determinación de cromo se llevó a cabo en el laboratorio de estudios ambientales del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del I.P.N. (CINVESTAV-IPN), en México, D.F.

EXPERIMENTO 1

TÍTULO: RESPUESTA DE VACAS EN LACTACIÓN A LA SUPLEMENTACION DE
CONCENTRADOS ALTOS EN FIBRA O ALMIDON.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS. a).- Evaluar la producción y composición de la leche (grasa, sólidos no grasos y sólidos totales), así como los cambios de peso y condición corporal de las vacas en producción consumiendo dos tipos de concentrado.

b).-Determinar el consumo de materia seca, materia orgánica (MO), y de fracciones de fibra, la digestibilidad *in vivo* de la dieta y la degradabilidad *in situ* de los concentrados con el fin de que esta información ayude a explicar el comportamiento productivo observado.

ANIMALES EXPERIMENTALES. Se utilizaron 16 vacas de la raza Pardo-Suizo Americano, con promedio de 3.1 partos, con una lactación entre 78 y 100 días (con una media de 90.4 y una desviación estándar de ± 6.1 días). El peso corporal promedio inicial fue de 450 ± 44.2 kg, y con una condición corporal de 2.68 ± 0.51 de acuerdo al sistema de calificación de Virginia, adaptado por Edmonson *et al.* (1989), el cual presenta una escala de 1 a 5 en donde 1= emaciado y 5 = obeso. Durante la etapa de adaptación del primer período, un animal fue descartado del estudio por problemas de salud.

TRATAMIENTOS. Se utilizaron dos tratamientos que correspondieron a dos concentrados:

T1: Concentrado alto en fibra (CAF).

T2: Concentrado alto en almidón (CAA).

Ambos concentrados contenían 180 g/kg de proteína cruda y 1.62 y 1.69 Mcal de ENI/kg de MS para CAF y CAA, respectivamente (Cuadro 1). El forraje basal para ambos tratamientos consistió de rastrojo de maíz, heno de alfalfa y melaza. (Cuadro 2).

CARACTERÍSTICAS Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE FORRAJES Y CONCENTRADOS. Los ingredientes de los concentrados experimentales una vez molidos se combinaron adecuadamente de acuerdo a la formulación correspondiente de cada tratamiento en una mezcladora horizontal. Los ingredientes del forraje basal, se molieron empleándose una criba con diámetro de $\frac{1}{2}$ " y fueron mezclados por separado del concentrado.

**CUADRO 1. COMPOSICIÓN (% BS) DE LOS CONCENTRADOS
TRATAMIENTOS**

INGREDIENTE:	CAF	CAA
rastrojo de maíz	5.00	-----
heno de alfalfa	5.00	-----
salvado de trigo	21.00	-----
pulidura de arroz	18.00	-----
pesta de coco	18.00	-----
sorgo molido	22.40	73.96
harina de maíz	2.40	17.84
melaza de caña	5.00	5.00
urea agrícola (46% N)	1.00	1.00
sal común	0.80	0.80
ortofosfato de calcio	1.10	1.10
minerales trazas*	0.20	0.20
COMPOSICIÓN CALCULADA		
proteína cruda	18.00	18.00
ENI (Mcal/kg) ^{1/}	1.62	1.69
carbohidratos no estructurales ^{2/}	33.14	52.71
fibra detergente ácido	16.98	7.00
fibra detergente neutro	34.63	17.78
extracto etéreo	5.76	2.75
materia seca	84.70	86.30

^{1/} Energía calculada por la ecuación propuesta por McCullough (1986).

^{2/} Valor estimado según la ecuación de Noyek y Russell (1988).

CAF = concentrado alto en fibra. CAA = concentrado alto en almidón. ENI = energía neta de lactación.

**•CUADRO 2. COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA DE MINERALES TRAZA UTILIZADA EN
LOS EXPERIMENTOS 1 Y 2.**

manganeso	100.0 g
cobre	10.0 g
yodo	0.3 g
calcio	117.5 g
hierro (total)	100.0 g
cobalto	0.1 g
zinc	100.0 g
Excipiente: c.b.p.	1000.0 g

CUADRO 3. COMPOSICIÓN (% BS) DEL FORRAJE BASE.

INGREDIENTE:	(%)
rastrajo de maíz	69.00
heno de alfalfa	17.00
mejaza de caña	14.00

COMPOSICIÓN CALCULADA:	(% BS)
proteína cruda	9.52
ENI (Mcal/kg) ^{1/}	1.25
carbohidratos no estructurales ^{2/}	9.18
fibra detergente ácido	40.90
fibra detergente neutro	66.77

^{1/} Energía calculada por la ecuación propuesta por McCullough (1986).

^{2/} Valor estimado según la ecuación de Nosselt y Russell (1986).

ENI = energía neta de lactación.

DETERMINACIONES DE LABORATORIO.

a).- En el alimento (ingredientes, forraje y concentrados experimentales)

- materia seca, (Tejada, 1992).
- materia orgánica, (Tejada, 1992)
- cenizas totales, (Tejada 1992).
- cenizas insolubles en detergente ácido (CIDA), (Porter, 1987)
- proteína cruda, por el método de Kjeldahl, (AOAC, 1980).
- fracciones de fibra, (FDN, FDA, celulosa, hemicelulosa, lignina) (Van Soest y Robertson, 1985).
- extracto etéreo (EE), (Tejada, 1992).

b).- En heces

- Las mismas que en el alimento (excepto extracto etéreo), para posteriormente calcular la digestibilidad de los nutrimentos basado en cuantificación de marcador en el alimento y en heces.

c).- En leche

- Grasa por el método de Gerber, (Bateman, 1980).
- Densidad, sólidos no grasos y sólidos totales, (Schmidt-Hebbel, 1973)

MANEJO. Al inicio del experimento los animales recibieron vitaminas A, D y E vía intramuscular y fueron desparasitados internamente. Permanecieron confinados 70 días: 14 de adaptación al confinamiento y 56 de prueba efectiva en corralets individual techada de 16 m², provista de comedero, bebedero y cama de bagazo de caña para mayor comodidad. Los animales solo fueron movilizadas para el pesaje de cada periodo y durante el traslado a la sala de ordeño, dos veces al día, a las 4:00 y 16:00 horas.

ALIMENTACIÓN. La cantidad de concentrado ofrecida fue fijada en 5 kg de MS/animal/día (de acuerdo a la producción promedio estimada (12 litros/día) a lo largo del estudio para todos los animales y considerando las necesidades de nutrimentos del animal (NRC, 1988) . El concentrado se ofreció dos veces al día, mezclado con el forraje basal. Éste se ofreció a libre consumo una vez al día, permitiendo un 10% de rechazo del total suministrado.

DISEÑO EXPERIMENTAL. Se utilizó un diseño cruzado (cross over), con dos periodos experimentales de 21 días cada uno. Los primeros 14 días de cada periodo fueron de adaptación a las dietas y los restantes 7 días fueron destinados para la medición de variables y colección de muestras.

VARIABLES DE RESPUESTA

CONSUMO DE ALIMENTO. Durante la prueba se registró diariamente la cantidad de alimento ofrecido, así como del rechazado y por diferencia entre estos se obtuvo el alimento consumido. Para el análisis de datos, solo se consideraron los consumos de los días 15 a 21 de cada periodo después de 14 días de adaptación a la dieta.

Con el objeto de calcular los consumos de nutrimentos (MS, ENI, MO, PC, EE y fracciones de fibra) diariamente durante este periodo, se tomaron muestras de los concentrados experimentales, forraje base y alimento rechazado. La estimación de los CNE se realizó por diferencia, según Nocek y Russell (1988) la cual fue : % de CNE = [100%] - [% proteína cruda +

% FDN + % extracto etéreo + % cenizas]. Al final de cada periodo las muestras colectadas fueron mezcladas para obtener una muestra compuesta. Fueron secadas en estufa de aire forzado a 55° C, molidas en un molino Wiley con criba de 2 mm y analizadas.

La concentración energética de los concentrados y del forraje fue estimada, empleando las ecuaciones de predicción propuestas por McCullough (1986), que incluye el contenido de FDA del alimento, considerando que ésta fracción es importante estimador de la concentración energética (Mertens, 1982). La estimación para concentrados fue: ENI (Mcal/kg) = [(1.6534 - (0.007583 * % FDA)] y para la fuente de forraje: [(2.39772 - (0.02800 * % FDA)].

BALANCE ENERGÉTICO. Para el cálculo del gasto energético de los animales se consideraron los siguientes requerimientos: para energía neta de mantenimiento (ENm) más una actividad ligera fue de 80 Kcal/kg de peso metabólico; para la energía presente en la leche (ENl) fue: (Mcal/kg) = [.3512 - (0.0962 * % grasa)] y para el cambio de peso corporal comprendiendo tanto ganancia o pérdida de peso, fue de 5.12 y -4.92 Mcal ENI/kg de peso respectivamente, todo ello de acuerdo a lo señalado por el NRC (1989). El balance de energía fue estimado como la diferencia de la ENI aportada por el concentrado y forraje, menos el gasto de los conceptos de EN ya señalados.

PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LA LECHE. La producción se registró diariamente durante los dos ordeños ya señalados, los días 15 a 21 días de cada periodo de mediciones, expresándose en kg/día y como leche corregida con 3.5% de grasa (LCG) en kg/día la cual fue estimada con la fórmula propuesta por Bath *et al.* (1985): $LCG\ 3.5\ \% = (0.4324 * kg\ de\ leche) + (16.218 * kg\ de\ grasa)$.

El muestreo para determinar la composición de la leche fue en los días 15, 17, 19 y 21 de cada periodo. Se tomaron alícuotas individuales de aproximadamente 1% de la producción de cada ordeño. Se guardaron en refrigeración adicionándoles dicromato de potasio como conservador (Dunham y Kroger, 1985); enseguida se determinó el contenido de grasa por el método de Gerber (Bateman, 1980) a cada mezcla. Se calculó la densidad con un

termolactodensímetro y con los valores obtenidos de grasa, temperatura y densidad se determinaron los valores de sólidos totales (ST) por medio del calculador de Ackermann (Schmidt-Hebbel, 1973) y por diferencia, se obtuvieron los valores de sólidos no grasos (SNG). Se calculó la producción diaria de grasa, SNG y ST de la leche y la eficiencia bruta de la producción como kg de LCG/kg de MS consumida según Varga *et al.* (1984).

CAMBIOS DE PESO Y CONDICIÓN CORPORAL. El registro de los cambios de peso y de condición corporal se realizó cada 21 días: al inicio y al final de cada periodo experimental (día 1 y 21), pesando dos días seguidos y a la misma hora, sin previo ayuno durante la mañana, utilizando el valor promedio de las dos mediciones. El cambio de peso corporal por periodo se expresó en g/día. Asimismo, para la condición corporal, se estimó el cambio correspondiente, utilizando la escala de 1 a 5, conforme al sistema de calificación de Virginia (Edmonson *et al.*, 1989).

DIGESTIBILIDAD APARENTE. Para estimar la digestibilidad aparente *in vivo* de las dietas se utilizó las CIDA como marcador interno (Porter, 1987) con colección parcial de heces, las cuales se tomaron con guante desechable directamente del recto del animal, cada seis horas (8:00, 12:00, 18:00 y 24:00 horas) los días 15 al 21 de cada periodo, tratando de tomar una cantidad similar de heces de cada animal de acuerdo a la metodología señalada por Rodríguez y Llamas (1990). Las muestras fueron guardadas en congelación y mezcladas al fin de cada periodo para posteriormente obtener una muestra compuesta que fue secada en estufa de aire forzado a 55° C y molidas para determinar la concentración del marcador.

Para el cálculo de los coeficientes de digestibilidad aparente de la MS y de los nutrimentos, se utilizaron las siguientes fórmulas propuestas por Merchen (1988):

$$CDMS = 100 - \left[100 \cdot \frac{\% m \text{ en } A \text{ BS}}{\% m \text{ en } H \text{ BS}} \right]$$

en donde:

- CDMS = Coeficiente de digestibilidad de la materia seca.
- m = Marcador
- A = Alimento
- H = Heces

BS = Base seca

Para la digestibilidad aparente de una fracción en particular, la fórmula utilizada fue:

$$CD(x) = 100 - \left[100 \cdot \frac{\% \text{ m en A BS}}{\% \text{ m en H BS}} \cdot \frac{\% \text{ de nutrimento en H BS}}{\% \text{ de nutrimento en A BS}} \right]$$

en donde:

CD (x) = Coeficiente de digestibilidad de la fracción.

Los demás términos son igual que en la fórmula anterior.

DEGRADABILIDAD *in situ* DE LA MATERIA SECA. Para esta prueba se utilizaron dos bovinos machos adultos provistos de cánula ruminal en los cuales se incubaron muestras de ambos tratamientos en cada animal. Los animales canulados fueron adaptados 15 días antes de la prueba a una dieta con una relación forraje:concentrado de 3:1, siendo el forraje, el mismo utilizado con las vacas y 3 kg de concentrado.

Para evaluar la degradabilidad *in situ* de la materia seca de los concentrados experimentales se utilizó la técnica de la bolsa de dacrón señalada por Nocek y English (1986). Para ello, se molieron muestras de los concentrados usando una criba de 2 mm. Las bolsas de dacrón median 9 x 20 cm. y tenían aproximadamente 1200 perforaciones por cm² y un tamaño de poro de 35 a 60 µm. Se colocaron 2 g de muestra en cada bolsa, se amarraron con jarcia sintética y se fijaron en la cánula ruminal. Las muestras quedaron sumergidas dentro de la cavidad ruminal con la ayuda de un contrapeso de acero inoxidable. La incubación fue por cuadruplicado iniciándose en reversa y fueron a la hora 72, 48, 24, 12, 6, 3 y 0 horas. El tiempo cero correspondió a una bolsa sumergida en agua a 39° C durante 5 minutos y posteriormente tratada de la misma forma que en las demás horas. Todas las bolsas fueron extraídas a un tiempo del rumen (Nocek (1985) para enseguida lavarse con agua corriente hasta la salida de líquido sin color. Posteriormente las bolsas con el residuo se secaron en estufa de aire forzado a 55° C durante 24 horas, las cuales una vez secas se registró su peso. El porcentaje de desaparición de la MS en los diferentes tiempos de incubación fue obtenida de la diferencia de peso encontrada

entre la muestra original y el residuo final. La fórmula usada fue la siguiente: Degradabilidad *in situ*
% = [(peso inicial – peso final) / (peso inicial)] x 100.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO. Las variables de respuesta fueron analizadas por ANDEVA por el método de mínimos cuadrados (Harvey, 1979), utilizando el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS (1988) para el diseño cruzado (Steel y Torrie, 1985), con efectos de vaca, periodo y tratamiento.

El modelo utilizado fue el siguiente: $Y_{ijk} = \mu + A_j + P_k + T_h + e_{ijk}$

$$i = 1...8$$

$$j = 1, 2$$

$$k = 1, 2$$

donde:

- Y_{ijk} = variables propuestas analizadas
- μ = media general
- A_j = efecto del j-ésimo animal en el i-ésimo grupo (columna)
- P_k = efecto del k-ésimo periodo (hilera)
- T_h = efecto del h-ésimo tratamiento
- e_{ijk} = efecto del error aleatorio

DETERMINACION DE LAS FRACCIONES DE LA DEGRADABILIDAD. Los porcentajes de desaparición de la MS de las bolsas de dacrón fueron ajustados a una ecuación no lineal para estimar la tasa y extensión de la digestión dentro del rumen. Los estimadores de la degradabilidad fueron: la fracción *a*, es aquella rápidamente soluble, *b* es la fracción de la MS degradada a una tasa medible o potencialmente digestible, $a+b$ es la degradabilidad total de la muestra, *c* es la tasa de digestión de *b* y *t_{lag}* es el tiempo de retraso para el inicio de la digestión, los cuales

fueron calculados con apoyo del programa Neway™ (Rowett Research Institute; Mc Donald, 1981), por un procedimiento de mínimos cuadrados.

La ecuación propuesta para el por Brskov *et al.* (1980) fue $P = a + b(1 - e^{-ct})$ [1]. Con base en el valor de la fracción soluble (a) y los parámetros de la ecuación no lineal [1] (a , b y c) se calculó el tiempo de latencia (t_0) según la fórmula propuesta por Brskov y McDonald (1979): $t_0 = 1/c \ln [b/(a+b-a)]$.

La información de la degradabilidad *in situ* fueron analizados con un diseño parcelas divididas (Steel y Torrie, 1985), la parcela grande fueron los concentrados y la parcela chica fueron los periodos de incubación. La información de los estimadores de la degradabilidad fueron analizados como un diseño cruzado utilizando el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS (1988).

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CONSUMO DE ALIMENTO. El CMS en kg/día no fue afectado ($P>0.05$) por los concentrados experimentales. De la misma manera el consumo de MO y el CMS expresados como porcentaje del peso corporal fueron similares. Los valores promedio de estas variables entre tratamientos fueron de 13.18 kg y 3.3%, respectivamente (Cuadro 4).

CUADRO 4. CONSUMO DE ALIMENTO Y DE FRACCIONES DE FIBRA.

VARIABLE	TRATAMIENTOS ^{1/}			
	CAF	CAA	EEM	DMS
materia seca (kg/día)	14.75	14.96	0.31	ns
MS (% del peso corporal)	3.26	3.34	0.14	ns
forraje (kg/día)	9.76	9.96	0.99	ns
Energía Neta lact. (Mcal/día) ^{2/}	20.33	20.96	0.35	ns
materia orgánica (kg/día)	13.00	13.36	0.29	ns
fibra detergente neutro (kg/día)	8.42 ^a	7.73 ^b	0.12	**
fibra detergente neutro (% del peso corporal)	1.85 ^a	1.73 ^b	0.12	**
fibra detergente ácido (kg/día)	4.84 ^a	4.42 ^b	0.19	**
celulosa (kg/día)	3.64 ^a	3.33 ^b	0.17	**
hemicelulosa (kg/día)	3.58 ^a	3.31 ^b	0.16	**
proteína cruda (kg/día)	1.82	1.85	0.09	ns
carbohidratos no estructurales (kg/día)	1.96 ^b	2.63 ^a	0.08	**
extracto etéreo (kg/día)	0.44 ^a	0.29 ^b	0.03	**

^{1/} Para cada variable cifras con distinta literal son estadísticamente diferentes * ($P<0.05$) y ** ($P<0.01$)

^{2/} Energía calculada por las ecuaciones propuestas por McCullough (1986).

CAF = concentrado alto en fibra.

CAA = concentrado alto en almidón.

EEM = error estándar de la media.

DMS = diferencia mínima significativa.

Los consumos de FDN, FDA, hemicelulosa, celulosa y lignina con el CAF, en cambio, fueron mayores ($P<0.01$), al CAA; dichas diferencias se atribuyen a la composición propia del concentrado. Los valores promedio de estas variables fueron 8.9, 9.5, 9.3, 8.1, 10 y 10% mayores respectivamente, al CAA. El consumo de PC fue similar ($P>0.05$) entre concentrados. Basado en la composición de la dieta, se observó un mayor ($P<0.01$) consumo de CNE (con el CAA). El consumo de EE fue mayor ($P<0.01$) para el CAF.

El CMS promedio en ambos tratamientos fue 20% mayor a los estimados por el NRC (1989) para vacas con producción y peso corporal semejante, probablemente debido a una menor densidad energética de las dietas en estudio. Al respecto, Mertens (1994) señala que debido a que el CMS es una función recíproca del efecto de "llenado" del alimento, este disminuye de manera

curvilínea conforme la "voluminosidad" del forraje o la dieta se incrementa; sin embargo, si el apetito es alto, debido a una alta demanda energética, el animal puede "acomodar" una dieta voluminosa por incremento de un consumo forzado.

Dicho consumo "compensatorio" fue fomentado probablemente por el tamaño de partícula del alimento (especialmente la fuente de forraje), al ser molido a través de una criba de ½". Camping y Lean (1989) mencionan que el volumen estructural de un forraje en el rumen (efecto de llenado), se debe principalmente al contenido de pared celular y dado que el consumo está controlado en gran parte por la velocidad de reducción del tamaño de partícula de los CE y la velocidad de paso de las partículas indigestibles del rumen-retículo, su efecto limitante puede ser alterado a través del molido o pelletizado del alimento. El reducir el tamaño de partícula del alimento, hay un incremento del consumo de MS, por aumentar la tasa de paso de partículas de alimento del rumen (Merchen, 1988).

Comparado con los requerimientos de MS señalados por el NRC (1989), se esperaría un CMS de 12.4 kg/día de MS (2.94% del peso corporal), con una concentración energética de 1.42 Mcal EN/kg. En el caso de este estudio, la concentración estimada de EN de la dieta fue en promedio de 1.39 Mcal/kg de MS y un CMS de 14.86 kg/día (aproximadamente un 3.3 % del peso corporal).

El CMS similar entre tratamientos fue debido, probablemente, a la alta concentración de FDN en la dieta que impidió expresar el efecto de los tratamientos. Según Mertens (1982), el CMS está inversamente correlacionado con el contenido de FDN de la dieta. Sin embargo, pese a que la concentración estimada de FDN en el CAF fue mayor ($P < 0.01$), al CAA, el CMS fue similar entre tratamientos. Una probable explicación al respecto estriba en el tipo de FDN presente en CAF. Al respecto, Briceño *et al.* (1988) sugieren que al utilizar subproductos se debe tomar en consideración los valores de FDN al formular la dieta, por lo que es deseable ajustar dichos valores. Staples *et al.* (1995) señalan la necesidad de generar información para ajustar valores de FDN a fibra efectiva en ingredientes no convencionales.

Otra explicación sobre el CMS observado, estaría relacionado con la concentración de FDN en la dieta y el nivel de producción de leche. Mertens, (1988) encontró que el nivel

recomendable de FDN en la dieta para vacas con producciones de leche menores a 14 kg de LCG 3.5%/día es de aproximadamente 45%. En el presente estudio el nivel de FDN en la dieta fue de 58.94 y 51.40% para CAF y CAA, respectivamente, lo cual representa 20% en promedio mas alto al nivel recomendado por este autor, por lo tanto, es probable que el nivel de FDN de las dietas (efecto de Menado) haya opacado el efecto de los tratamientos sobre el CMS.

COMPOSICIÓN DE LA DIETA. Las dietas completas fueron diferentes ($P < 0.01$) entre tratamientos para todos los nutrimentos registrados, excepto PC, lo que indica la influencia de la composición de los concentrados en la dieta total, principalmente de las fracciones de fibra. El contenido de FDN, FDA, celulosa, hemicelulosa y lignina en la dieta total del CAF fueron 14.6, 11.9, 11, 10.2 y 13.6% mayores ($P < 0.01$), respectivamente al CAA. El menor contenido de MO y MS se debió probablemente a la composición propia del CAF (Cuadro 5).

**CUADRO 5. COMPOSICIÓN QUÍMICA (% BS) DE LA DIETA TOTAL
TRATAMIENTOS^{1/}**

FRACCIÓN DE LA DIETA	CAF	CAA	EEM	DMS
materia seca	85.31 ^b	88.19 ^a	0.21	**
materia orgánica de la MS	88.14 ^b	89.27 ^a	0.12	**
energía neta de lactación, (Mcal/kg) ^{2/}	1.37 ^b	1.40 ^a	0.03	**
proteína cruda	12.44	12.44	0.15	ns
fibra detergente neutro	58.94 ^a	51.40 ^b	0.35	**
fibra detergente ácido	32.87 ^a	29.36 ^b	0.28	**
hemicelulosa	24.26 ^a	22.02 ^b	0.21	**
celulosa	24.60 ^a	22.15 ^b	0.26	**
lignina	5.15 ^a	4.55 ^b	0.10	**
cenizas totales	11.85 ^a	10.72 ^b	0.12	**
carbohidratos no estructurales	17.28 ^b	24.09 ^a	0.33	**
extracto etéreo	3.02 ^a	1.98 ^b	0.11	**
relación forraje:concentrado	65.55	66.01	0.51	ns

^{1/} Para cada variable cifras con distinta literal son estadísticamente diferentes * ($P < 0.05$) y ** ($P < 0.01$)

^{2/} Energía calculada por las ecuaciones propuestas por McCullough (1986).

CAF = concentrado silo en fibra.

CAA = concentrado silo en almidón.

EEM = error estándar de la media.

DMS = diferencia mínima significativa.

La relación forraje:concentrado y el contenido de PC fueron similares ($P > 0.05$) entre tratamientos, la cual es reflejo del CMS. Por su parte el contenido de CNE fue 40% mayor

($P < 0.01$) en el CAA, mientras que la cantidad de EE fue 52.5% mayor ($P < 0.01$) en el CAF debido a la presencia de ingredientes altos en grasa.

PRODUCCIÓN DE LECHE, CAMBIOS DE PESO Y DE CONDICIÓN CORPORAL DE LOS ANIMALES. La producción de leche fue afectada positivamente ($P < 0.02$) en los animales suplementados con el CAF; asimismo, al registrarse un mayor contenido de grasa en la leche por efecto del CAF, provocó que la producción de LCG con 3.5% de grasa también fuera mayor al CAA a través del estudio, como se observa en la Figura 1. Las producciones observadas en el CAF en ambas variables fueron 8.1 y 13.75% mayores al CAA, respectivamente (Cuadro 6).

CUADRO 6. PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LECHE, CAMBIOS DE PESO Y DE CONDICIÓN CORPORAL DE LOS ANIMALES TRATAMIENTOS^{1/}

VARIABLE:	CAF	CAA	EEM	DMS
leche (kg/día)	11.90 ^a	11.00 ^b	0.33	*
LCG 3.5% (kg/día)	14.23 ^a	12.51 ^b	0.38	**
litros/kg de MS	0.96 ^a	0.83 ^b	0.10	**
LCG 3.5%/kg. ^{2/} (ml/día)	148 ^a	128 ^b	0.03	**
grasa (%)	4.73 ^a	4.26 ^b	0.19	**
grasa (g/día)	560 ^a	476 ^b	0.07	**
sólidos totales (%)	9.63	11.0	0.52	ns
sólidos totales (kg/día)	0.97	1.26	0.25	ns
sólidos no grasos (%)	8.33	9.52	0.52	ns
sólidos no grasos (kg/día)	0.82	1.10	0.24	ns
eficiencia de producción ^{3/}	21.40 ^a	18.83 ^b	0.50	**
cambios de peso corporal (g/día)	317	218	0.28	ns
cambios de condición corporal ^{3/}	.042	.007	0.18	ns
peso corporal promedio (kg)	453	448	1.04	ns

^{1/} Para cada variable cifras con distinta literal son estadísticamente diferentes * ($P < 0.05$) y ** ($P < 0.01$)

^{2/} Eficiencia de producción = [(litros de LCG/CMS + 100)/peso corporal + 100]. (Varga et al. 1984).

^{3/} Cambio de la condición corporal entre periodos en la escala de 1= emaciado a 5 = obeso.

CAF = concentrado alto en fibra.

CAA = concentrado alto en síndesis.

EEM = error estándar de la media.

DMS = diferencia mínima significativa.

LCG 3.5% = leche corregida con 3.5% de grasa.

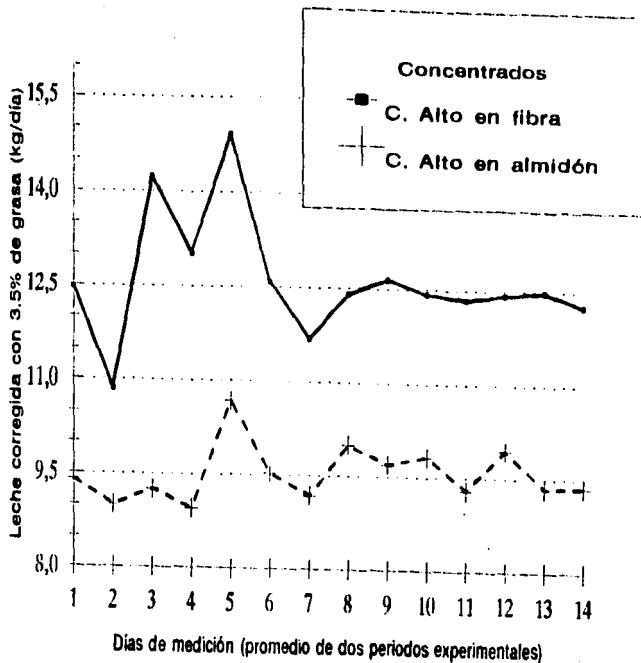


Figura 1. Respuesta de vacas en lactación a la suplementación de concentrados altos en fibra ó almidón.

El contenido y producción de grasa en leche así como la eficiencia bruta (kg LCG/kg MS) en el CAF también fueron mayores ($P < 0.01$) en relación con la dieta alta en CNE (CAA). La producción de grasa (g/día) fue 17.6% mayor para el CAF. La inclusión de ingredientes fibrosos con mayor contenido de FDN en el CAF fue un medio efectivo que mejoró el contenido de grasa en la leche (>12.2%), sin cambiar la relación forraje: concentrado de la dieta. En estas circunstancias, el patrón de fermentación ruminal probablemente favoreció una mayor relación [acetato + butirato/propionato] que significó un incremento de precursores para la síntesis de grasa en la glándula mamaria. El contenido de grasa en la leche registrado con el CAF, podría ser debido también al mayor consumo observado de FDN o del extracto etéreo (kg/día), o de ambos componentes (efecto aditivo), tal como fue encontrado por Garnsworthy (1990).

Con respecto a las variables de porcentajes y producción de ST y SNG de la leche, estos fueron similares ($P > 0.05$) entre tratamientos, probablemente fue debido a la alta variación observada en los valores de producción de leche. El valor promedio para los tratamientos (%), en ambas variables fueron de 10.42 y 8.92 %, respectivamente.

En relación con los cambios de peso y de condición corporal de los animales, no se observaron cambios significativos ($P > 0.05$) entre tratamientos. Ambas variables presentaron valores positivos. La cifra promedio para ambos tratamientos fue de 267g/día y un cambio corporal entre periodo de 0.024 puntos. El comportamiento de los animales en cuanto a cambios de peso y condición corporal observados en este tipo de estudios no sigue un patrón definido en relación a las demás variables. La falta de diferencia estadística en el cambio de condición corporal, podría ser en parte debido a la corta duración de la prueba, así como al consumo similar de MS entre los tratamientos.

En el presente estudio, la mayor producción de leche observada en los animales complementados con el CAF no puede ser atribuida a un mayor consumo de MS, pero puede ser resultado del incremento de la digestibilidad de la dieta, principalmente de la MO que se tradujo en un mejor aporte de energía metabolizable para el animal. El incremento en la digestión de la fibra promueve cambios en la utilización de sustratos por los microorganismos ruminales, hay un incremento numérico de organismos celulolíticos, estabilidad del pH del líquido ruminal y cambios

en la tasa de pasaje de la digesta (Beauchemin y Buchanan-Smith, 1989) o un incremento de la tasa de la fermentación ruminal y de la síntesis de proteína microbiana (Elliott *et al.* 1995).

El mayor aporte energético por efecto asociativo positivo sobre la digestión registrado con el CAF, es explicable al aplicar la ecuación de predicción basada en el contenido de materia seca digestible, sugerida por Moe *et al.* (1972), la cual es: $ENI \text{ (Mcal/kg MS)} = 0.307\% \text{ DMS} - 0.47$. Al efectuar dicho cálculo, el valor resultante de la predicción, nos indica que el consumo de ENI /día para este caso, fue mayor ($P < 0.05$) para el CAF. Los valores promedio para consumo diario de ENI serían de 23.82 y 22.03 Mcal/día) y una concentración de 1.61 y 1.47 Mcal ENI/kg de la dieta para el CAF y CAA, respectivamente.

Viéndolo desde el punto de vista metabólico, los animales alimentados con el CAA estarían siendo ineficientes en la utilización de 1.79 Mcal ENI/animal/día (23.82 - 22.03 Mcal), como consecuencia de un fenómeno de digestibilidad asociativa negativa, como lo señalan Mould *et al.* (1983), Schneider y Flatt (1975), Mendoza y Ricalde (1995).

Se menciona que la producción de leche disminuye cuando el contenido de CNE excede de 45-50% de la MS de la dieta y que la producción máxima se observa cuando la proporción de CNE fue de 35-40% de la MS de la dieta (Nocek y Russell, 1985). Sin embargo en animales de menor potencial productivo como en el caso de este estudio, el nivel óptimo de CNE en la dieta es incierto. Patton y Morales (1985) sugieren un nivel de CNE en la dieta de 25-30% para vacas con producciones menores de 20 kg/día.

Bajo las condiciones del estudio, el nivel de CNE utilizado con el CAA fue de solo 24.1% de la MS de la dieta, el cual podría considerarse adecuado, siempre y cuando esta fracción contribuya a un proceso digestivo favorable en la dieta total. Sin embargo, en el caso del presente experimento, no se registró dicho evento de complementación, por la posible presencia de efectos negativos sobre la digestión, como lo señalan Ronning (1980), Chappell y Fontenot (1982), Uden (1984a), Uden (1984b) los cuales aseveran que la inclusión de niveles tan bajos (10 a 15%) de almidón en la dieta, empeoran la digestión de la fibra.

En cambio, la fracción de CNE con el CAF (17.2 %), a pesar de ser 40% menor a la del CAA, contribuyó a un proceso de mayor eficiencia energética favorecido por la presencia de

efectos asociativos en digestión, lo cual concuerda con lo señalado por (Hoover y Miller, 1991). Se puede asumir que el consumo de ingredientes con fibra altamente digestible provee la energía necesaria al animal mientras se mantiene un ambiente ruminal más similar al de una dieta alta en forraje, que lo que podría ocurrir como resultado de una suplementación alta en almidón y baja en fibra

La respuesta en producción de leche registrada en este estudio concuerda con lo encontrado por Meijs (1986), quién obtuvo una mejora en la producción diaria de leche, grasa y LCG, al suministrar un CAF en comparación con un CAA; además de observar también un mayor CMS. Respuestas similares en producción de leche encontraron Visser y De Groot (1980), Lees *et al.* (1982), Thomas *et al.* (1986), Bernard y McNeill (1991).

BALANCE ENERGÉTICO. La ENI consumida entre tratamientos fue similar, probablemente reflejando el CMS similar entre los animales. Tanto el nivel de alimentación (múltiplo del requerimiento de ENm) ($P < 0.05$) y el balance energético ($P < 0.01$) fueron mayores en CAF (Cuadro 7). El menor balance observado en CAF responde a un mayor gasto de ENI en los conceptos de mantenimiento, cambios de peso corporal y producción de leche, de acuerdo con las estimaciones del NRC (1989). El gasto de ENI fue mayor ($P < 0.01$) para el CAF.

CUADRO 7. CONSUMO DE NUTRIMENTOS Y BALANCE ENERGÉTICO EN LOS ANIMALES.

VARIABLE	TRATAMIENTOS ^{1/}			DMS
	CAF	CAA	EEM	
consumo total de ENI (Mcal/día) ^{2/}	20.33	20.98	0.35	ns
gasto de ENm (Mcal/día) ^{3/}	7.87	7.77	0.13	ns
nivel de alimentación ^{4/}	2.58 ^b	2.69 ^a	0.12	**
gasto de ENI (Mcal/día) ^{5/}	9.56 ^a	8.47 ^b	0.31	**
gasto de ENg (Mcal/día) ^{6/}	1.91	1.71	0.38	ns
gasto total de ENI (Mcal/día)	10.35 ^a	17.96 ^b	0.41	**
balance energético (Mcal/día) ^{7/}	0.97 ^b	2.99 ^a	0.45	**

^{1/} Para cada variable cifras con distinta literal son estadísticamente diferentes = (P<0.05) y += (P<0.01)

^{2/} Energía calculada por las ecuaciones propuestas por McCullough (1988).

^{3/} Energía calculada para mantenimiento de 80 Kcal/kg ²⁸ (N.R.C., 1989)

^{4/} Múltiplo del requerimiento de EN mantenimiento.

^{5/} Energía de acuerdo a la producción: ENI (Mcal/kg) = .3512 - [0.0082 (% grasa)] (NRC, 1989).

^{6/} Energía para cambios de peso corporal, considerando 5.12 y -4.92 Mcal EN/ Kg de ganancia o pérdida de peso respectivamente, según el NRC (1989).

^{7/} Diferencia de EN lact, consumida menos la ENI gastada (ENI - ENm + ENg + EN).

CAF = concentrado alto en fibra, CAA = concentrado alto en almidón, EEM = error estándar de la media.

DMS = diferencia mínima significativa, ENI = energía neta de lactación, ENm = energía neta de mantenimiento.

ENg = energía neta de ganancia de peso.

DIGESTIBILIDAD APARENTE. En la digestibilidad estimada utilizando como marcador interno las cenizas insolubles en detergente ácido (CIDA), se observó un efecto positivo en la digestibilidad de la MS, celulosa, (P<0.05), materia orgánica, FDN, FDA y hemicelulosa (P<0.01) para el T1 (Cuadro 8). La fracción de PC mostró una digestibilidad similar entre tratamientos (P>0.05). Es probable que la digestibilidad registrada con el CAF haya afectado significativamente la producción y composición de la leche, lo que significó una más eficiente utilización de la energía del alimento, consumiendo cantidades similares de MS. La suplementación con el CAF fue factor determinante en la respuesta animal, ya que como lo menciona Belyea (1991) la incorporación de ingredientes con calidad aceptable de fibra, los cuales dada sus características químicas, propician un mejor ambiente a nivel ruminal (menor presión osmótica, menor acidez) para favorecer una mejor digestión de la dieta y en su caso incrementar el CMS.

CUADRO 8. DIGESTIBILIDAD (%) DE DIVERSAS FRACCIONES DEL ALIMENTO
// TRATAMIENTOS//

VARIABLE:	CAF	CAA	EEM	DMS
materia seca	68.05 a	61.41 b	0.95	..
materia orgánica de la MS	68.36 a	61.80 b	0.93	..
proteína cruda	64.36	58.27	1.09	ns
fibra detergente neutro	62.13 a	52.64 b	1.10	..
fibra detergente ácido	57.17 a	49.52 b	0.87	..
hemicelulosa	68.75 a	61.50 b	0.95	..
celulosa	63.53 a	54.71 b	1.10	..

// Para cada variable cifras con distinta literal son estadísticamente diferentes * (P<0.05) y ** (P<0.01).

CAF = concentrado alto en fibra. CAA = concentrado alto en almidón.

EEM = error estándar de la media. DMS = diferencia mínima significativa.

Con base en lo anterior, los AA presentes en el CAF de este estudio, tales como el salvado de trigo o pulido de arroz, promovieron la presencia de efectos asociativos positivos en la digestibilidad de la dieta, como lo señalan Hoover y Miller (1991a). Por el contrario, la menor digestibilidad observada en el CAA podría ser debida a la presencia de carbohidratos rápidamente digeribles que ocasionaron una posible reducción del pH ruminal con sus consecuencias ya conocidas sobre la digestión de la fibra, como lo mencionan Mould *et al.* (1983).

Cuando la dieta esta basada en esquilmos agrícolas, como es el caso de este estudio, lo que se pretende es acelerar la tasa de degradación del alimento con el fin de aumentar el consumo voluntario y la productividad. Ante tal situación algunos autores recomiendan una suplementación que asegure un suministro continuo de N amoniacal, y en segundo lugar, la suplementación de una fuente de fibra de alta digestibilidad (v.g. cascarrilas o henos de leguminosas) a niveles de 10-20% de la dieta (Preston y Leng, 1989).

Aunque la acción precisa de este tipo de suplemento no se conoce completamente, de alguna forma ayuda a asegurar un ambiente más eficiente para la digestión de las paredes celulares (e), incrementando la biomasa de los hongos ruminales. Ingredientes como el salvado de trigo y el heno de alfalfa utilizados en el CAF de este estudio poseen fibra rápidamente degradable la cual promueve un pH ruminal alto y una flora ruminal más eficiente con respecto a la digestión de la fibra, además de ayudar a estabilizar la fermentación y disminuir el problema de rápido llenado ruminal como lo menciona Owen (1987). Los resultados de digestibilidad de este estudio concuerdan con lo encontrado por McGregor (1976), Mayne y Gordon (1984), Boggs y

Okotie-Eboh (1985), Thomas *et al.* (1986), Phipps *et al.* (1987), Sutton *et al.* (1987), Bernard *et al.* (1991), Bernard y McNeill, (1991), Sutton *et al.* (1993).

Los valores de digestibilidad sensiblemente altos, no es sinónimo de una dieta de alta calidad, sino que podría ser efecto del bajo nivel de consumo de alimento, lo que se traduce en una sobrestimación de la digestión ocasionada por una disminuida velocidad de tránsito de la ingesta por el tracto gastrointestinal.

DEGRADABILIDAD *in situ* DE LA MATERIA SECA. La degradabilidad ruminal ajustada de la MS fue más alta ($P < 0.05$) para el CAA, alcanzando una desaparición máxima de 75.85 % a las 72 horas de incubación (Cuadro 9). Esta mayor desaparición se atribuye a la fracción mayoritaria de CNE de éste concentrado, la cual es rápida y altamente disponible en el rumen (Nocek y Tamminga, 1991). Kempton (1980) observó que el molido fino de los granos para pruebas *in situ* conlleva a un aumento de degradabilidad, en comparación con heno de pasto o alfalfa con similar tamaño de partícula.

La degradabilidad de la fracción potencialmente digestible (*b*) fue diferente ($P < 0.05$) entre tratamientos, siendo el CAA 9.4% mayor al CAF. Asimismo, la extensión de desaparición de la MS ($a + b$) también fue mayor ($P < 0.05$) en el CAA.

La tasa de degradación de la MS (*c*), estimada en %/h, fue similar entre tratamientos ($P > 0.05$) (Cuadro 10). La menor degradabilidad registrada en el CAF para la fracción *b*, nos podría indicar cierta relación con el nivel de lignina presente en la dieta, pero no con su digestibilidad aparente. Mertens (1973), Smith *et al.* (1971), Smith *et al.* (1972) señalan que la indigestibilidad observada a las 72 horas de incubación puede estar correlacionada con el contenido de lignina del alimento.

Varga y Hoover (1983) y Carro *et al.* (1991) señalan que la degradabilidad total ($a+b$) no está necesariamente relacionada a la tasa de degradación (*c*); es decir que la extensión de la digestión en rumen esta influenciada por la composición e indigestibilidad de cada fracción química del residuo de alimento (muestra), así como del tiempo de residencia de éste residuo en

el rumen. Alimentos fibrosos con similar potencial de degradabilidad ($a + b$), pueden mostrar diferente tiempo de retención en el rumen y por lo tanto diferente digestibilidad *in vivo* y consumo voluntario, como el caso del presente estudio, donde se registró una mayor digestibilidad *in vivo* de la MS en la dieta alta en fibra y una tasa de digestión similar a una dieta con mayor contenido de CNE.

El tiempo calculado de retraso de la digestión (González y col. (1990) o periodo "lag", fue estadísticamente mayor ($P < 0.05$) para el CAA (1.47 vs 2.34 h), lo que coincide con lo encontrado por Varga y Hoover (1983), donde al evaluar alimentos altos CNE con ingredientes fibrosos, registraron un mayor tiempo de retraso en ingredientes altos en almidón, desconociéndose la verdadera causa de este fenómeno. Según Varga (1986) se han reportado valores exclusivamente para la pared celular de los granos y posiblemente no pueda ser detectada una fase "lag" para la digestión del almidón.

Mertens y Loften (1980) observaron una relación lineal entre el nivel de almidón en la dieta y el tiempo de retraso asociado con la digestión de la fibra; lo anterior apoya la hipótesis en relación a que los microorganismos ruminales utilizan preferencialmente el almidón (Hoover, 1986), antes que haya un cambio de población microbial que degrade materiales más refractarios como los carbohidratos estructurales. Con base en lo anterior es probable que el menor tiempo de latencia manifestado por el CAF, haya influido en su impacto sobre la digestibilidad de la dieta, que pese a una mayor concentración de FDN, promovió un ambiente ruminal más adecuado para la actividad celuloítica, lo cual concuerda con la tendencia encontrada en la prueba de digestibilidad aparente o *in vivo* realizada en este estudio.

La degradabilidad media de la MS estimada como el ln de 0.5/tasa de digestión, fue similar ($P > 0.05$), entre tratamientos observándose ésta entre las 10.98 y 10.13 horas pos incubación para CAF y CAA respectivamente (Fig. 2).

CUADRO 9. DEGRADABILIDAD OBSERVADA Y ESPERADA (%) DE LA MATERIA SECA DE LOS CONCENTRADOS ALTOS EN FIBRA O ALMIDÓN TRATAMIENTOS

TIEMPO DE INCUBACIÓN (HORAS)	Concentrado alto en fibra.		Concentrado alto en almidón.	
	%		%	
	OBSERVADA	ESPERADA ^{2/}	OBSERVADA	ESPERADA ^{2/}
0	23.61		25.42	
3	26.94	28.12	26.13	27.48
6	34.97	35.90	37.68	36.61
12	53.22	47.62	52.63	50.38
24	56.68	61.02	62.61	64.06
48	68.75	70.34	71.72	73.62
72	74.89	72.39	77.92	74.46
SC 1/	862.84		1027.49	

1/ Suma de cuadrados mínima obtenida al ajustar los datos.

2/ Degradabilidad ajustada según la ecuación propuesta por Brakov et al. (1980): $P = a+b(1-e^{-ct})$, modificada con la inclusión de un tiempo de latencia^a ($t_0 = 1/c \ln[b/(a+b-a)]$) en la digestión según Mc Donald (1981).

CUADRO 10. VALOR DE LOS ESTIMADORES DE LA DEGRADABILIDAD DE LA MATERIA SECA EN LOS CONCENTRADOS ^{2/}

CONCENTRADO ^{1/}	a	b	a + b	c	tiempo lag ^a
	%	%	%	%/hora	(horas)
C. ALTO EN FIBRA	18.70	54.28 ^B	73.00 ^B	6.35	1.47 ^B
C. ALTO EN ALMIDÓN	15.91	59.93 ^A	75.85 ^A	7.15	2.40 ^A

1/ Para cada variable cifras con distinta literal son estadísticamente diferentes (P<0.05).

2/ Estimado de acuerdo a la ecuación propuesta por Brakov et al. (1980): $P = a+b(1-e^{-ct})$, modificada con la inclusión de un tiempo "lag"^a ($t_0 = 1/c \ln[b/(a+b-a)]$), en la digestión según Mc Donald (1981).

a = fracción soluble.

b = fracción potencialmente digestible.

a+b = degradabilidad total de la muestra.

c = tasa de digestión de b.

tiempo lag = tiempo de retraso de la digestión.

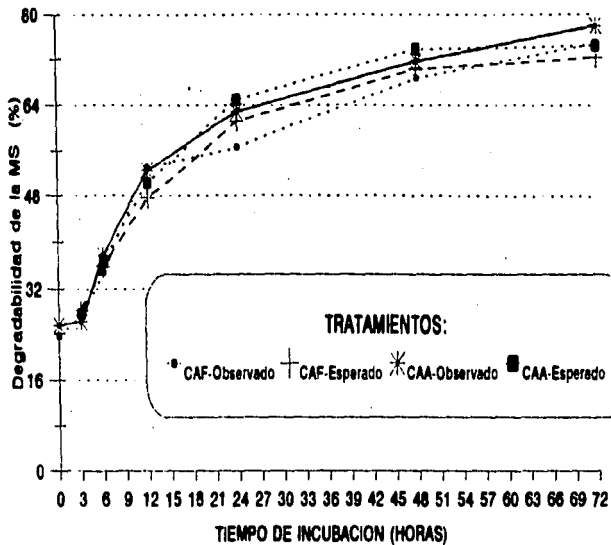


Figura 2. Degradabilidad in situ observada y esperada en la materia seca de los concentrados altos en fibra o almidón.

CAF = Concentrado alto en fibra; CAA = Concentrado alto en almidón.

VI. EXPERIMENTO 2

TITULO: EVALUACIÓN DE CONCENTRADOS ALTOS EN FIBRA O ALMIDÓN Y ADICIÓN DE SEBO POR VACAS EN PRODUCCIÓN CONSUMIENDO FORRAJE VERDE PICADO.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1).- Medir la producción y composición de la leche (grasa, proteína, ST y SNG), así como los cambios de peso corporal y la condición corporal de las vacas en lactación suplementadas con tres tipos diferentes de concentrado.
- 2).- Determinar el CMS, materia orgánica y de fracciones de fibra, así como la digestibilidad aparente y hábitos de consumo, con el fin de que esta información ayude a explicar el comportamiento productivo observado.

MATERIAL Y MÉTODOS

ANIMALES EXPERIMENTALES. Se utilizaron 9 vacas de la raza Pardo-Suizo Americano, con 6.4 partos en promedio, con un periodo de lactación entre 85 y 189 días (con una media de 143 y una desviación estándar de ± 38.5), un peso corporal promedio inicial de 478 \pm 53.2 kg y una condición corporal de 2.97 ± 0.65 según Edmonson *et al.* (1989).

TRATAMIENTOS. Los tratamientos fueron:

T-1 = concentrado alto en almidón (CAA).

T-2 = concentrado alto en fibra (CAF)

T-3 = concentrado alto en fibra + sebo de res. (CAFS)

Los concentrados fueron isoprotéicos (180 g/kg) e isoenergéticos (1.70 Mcal de ENI/kg) para el CAA y CAFS, respectivamente y 1.68 Mcal para el CAF (Cuadros 11). El forraje base consistió de pasto Pará (*Brachiaria mítica*). Cuadros 12.

CUADRO 11. COMPOSICIÓN (%BS) DE LOS CONCENTRADOS EXPERIMENTALES.

INGREDIENTES:	TRATAMIENTOS		
	CAA	CAF	CAFS
maíz molido	72.64	22.00	21.00
harinolina	18.66	6.78	5.54
heno de alfalfa	-----	10.00	10.00
rastrajo de maíz	-----	5.00	5.00
pulidura de arroz	-----	10.00	8.00
pasta de coco	-----	13.00	10.00
sarvado de trigo	-----	25.00	26.00
melaza	5.00	4.52	6.76
sebo de res	-----	-----	4.00
urea agrícola (46% N)	1.00	1.00	1.00
sal común	1.00	1.00	1.00
ortofosfato de calcio	1.50	1.50	1.50
minerales traza	0.20	0.20	0.20

COMPOSICIÓN CALCULADA:	(%)		
proteína Cruda	18.54	18.54	18.64
EN lact. (Mcal/kg) ^{1/}	1.70	1.68	1.70
fibra detergente neutro	18.53	39.47	35.02
carbohidratos no estructurales ^{2/}	55.90	29.15	26.20
fibra detergente ácido	6.40	9.37	6.53
materia seca	87.39	87.47	87.52
extracto etéreo	1.33	3.75	10.18

^{1/} Energía calculada por la ecuación propuesta por McCullough (1986).

^{2/} Valor estimado según la ecuación de Nocer y Russel (1986).

CAA = concentrado año en maíz.

CAF = concentrado año en fibra.

CAFS = concentrado año en fibra con adición de sebo.

CUADRO 12. COMPOSICIÓN QUÍMICA (%BS) DEL PASTO PARÁ (*Brachiaria mítica*).

CONCEPTO:	(%)
proteína cruda	6.35
EN de lactación (Mcal/kg) ^{1/}	1.27
fibra detergente neutro	73.22
fibra detergente ácido	41.13
carbohidratos no estructurales ^{2/}	9.11
materia seca	24.96
extracto etéreo	1.24

^{1/} Energía calculada por la ecuación propuesta por McCullough (1986).

^{2/} Valor estimado según la ecuación de Nocer y Russel (1986).

CARACTERÍSTICAS Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL FORRAJE Y CONCENTRADOS EXPERIMENTALES. El manejo de los concentrados fue similar al señalado para el experimento

1. Los ingredientes fibrosos (rastrajo de maíz y heno de alfalfa), componentes de los CAF y CAFS, fueron molidos empleándose también una criba de 1/2". La fuente complementaria de forraje para los tres tratamientos consistió en pasto Parí (*Brachiaria mítica*), que se encontraba en un estado vegetativo de pre floración, el cual fue cosechado diariamente de una pradera de 6.5 ha. con ayuda de una picadora de forraje John Deere modelo A-16. El forraje tuvo un tamaño de corte de aproximadamente 25 cm. de longitud.

DETERMINACIONES DE LABORATORIO.

a).- En el alimento (ingredientes, forraje y concentrados experimentales)

Similares a la prueba 1, incluyendo la concentración de CIDA en el alimento (Porter, 1987).

b).- En heces:

•Las mismas que en el alimento (excepto extracto etéreo), para posteriormente calcular la digestibilidad de los nutrimentos, basado en la cuantificación de los marcadores en el alimento y en heces.

c).- En leche:

•Grasa por el método de Gerber, (Bateman, 1980)

•proteína por el método de Kjeldahl, (AOAC, 1980)

•densidad, sólidos no grasos y sólidos totales, (Schmidt-Hebbel, 1973)

•cromo por absorción atómica, (fibra marcada con cromo) (Williams *et al.*, 1982)

MANEJO. Los animales permanecieron confinados 73 días: 10 de aclimatación y 63 de prueba, en corraleta individual techada de 16 m² provista de comedero y bebedero. El manejo rutinario de los animales fue similar al señalado en el experimento 1.

ALIMENTACIÓN. La cantidad de concentrado ofrecida fue fijada en 5 kg/animal/día (en base húmeda), de acuerdo a la producción promedio esperada (12 litros/día), a lo largo del estudio para todos los animales. El concentrado se ofreció dos veces al día (50%, después de cada ordeño), separado del forraje, el cual dadas las características físicas y de humedad se suministró tres veces al día (6:00, 12:00 y 18:00 horas), en cantidades proporcionales al tiempo de acceso al alimento. El forraje se ofreció a libre consumo, permitiendo un 10% de rechazo del total suministrado y considerando las necesidades correspondientes de nutrimentos (NRC, 1989).

DISEÑO EXPERIMENTAL. Se utilizó un diseño de cuadro latino 3 x 3 triplicado. Cada periodo comprendió 21 días, de los cuales los primeros 14 fueron de adaptación a las dietas y en los últimos siete se dedicaron para la medición de las variables de respuesta.

VARIABLES DE RESPUESTA

CONSUMO DE ALIMENTO. Durante los 63 días de prueba se registró diariamente la cantidad de alimento ofrecido, así como del rechazado y por diferencia entre estos se obtuvo el alimento consumido. Solo se consideraron los consumos de los últimos siete días de cada periodo (días 15 a 21), después de los 14 días de adaptación a la dieta. Las actividades de muestreo y manejo de muestras, así como la estimación de la concentración energética de los concentrados y del forraje fue similar a lo señalado en el experimento 1.

PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LA LECHE. La producción se registró diariamente durante los dos ordeños ya señalados, los últimos siete días de cada periodo de mediciones, expresándose en kg/día y como leche corregida a 3.5% de grasa (LCG) en kg/día, estimada según Bath *et al.* (1985). El muestreo y manejo de las muestras de leche para las determinaciones de grasa y proteína fueron similares a los señalados en el experimento 1. Además se calculó la eficiencia de producción = $(EN/EM \text{ req}) \times 100$ (Smith, 1985).

CAMBIOS DE PESO Y CONDICIÓN CORPORAL. El registro del cambio de peso y de condición corporal se realizó de manera similar al señalado en el experimento 1.

DIGESTIBILIDAD APARENTE. Para estimar la digestibilidad aparente *in vivo*, de las dietas se utilizó el método de colección parcial, utilizando fibra amordantada con cromo (FDN-Cr), y como método alterno las cenizas insolubles en detergente ácido (CIDA) (Porter, 1987). La FDN-Cr se preparó utilizando dicromato de sodio como fuente de cromo, de acuerdo a la técnica descrita por Uden *et al.* (1980). La concentración final de cromo en la fibra amordantada fue de 9.56%.

La FDN-Cr se administró durante 10 días (día 12 al 21) en cada periodo de muestreo, en dosis de 50 g por animal/día la cual se ofreció en dos porciones de 25 g c/u, durante el ordeño (aproximadamente cada 12 horas). El consumo aproximado de cromo/animal fue de 4.78 g. La FDN-Cr se colocó en el comedero individual de la sala de ordeño, acompañada con una porción del concentrado correspondiente y se verificó que los animales la consumieran en su totalidad. La colección de heces y su procesamiento fue similar al realizado en experimento 1, siguiendo los lineamientos señalados por Rodríguez y Llamas (1990).

La concentración de cromo en la FDN-Cr y en heces se determinó utilizando un espectrofotómetro de absorción atómica (Perkin Elmer, modelo 2380) a 357.9 nm de acuerdo a la técnica de Williams *et al.* (1962). De manera alterna también se estimó la concentración de CIDA en el alimento y en heces de acuerdo a la metodología propuesta por Porter (1987). Para el cálculo de los coeficientes de digestibilidad aparente de la MS y de los nutrimentos se utilizaron las fórmulas propuestas por Merchen (1988), de manera similar que en el experimento 1.

HÁBITOS DE CONSUMO. Para conocer el hábito de consumo de los animales, se determinó el tiempo (en minutos) que emplearon en comer, rumiar y descansar. Estas observaciones se realizaron en cada etapa de mediciones. Durante 24 horas en forma consecutiva (turnos de 8 horas por observador) se anotó cada cinco minutos si el animal se encontraba rumiando, comiendo o descansando, asumiendo que esta actividad era mantenida durante los cinco minutos.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO. Las variables de respuesta observadas fueron analizadas estadísticamente mediante análisis de varianza. Las medias de los tratamientos fueron comparadas entre si por contrastes ortogonales de acuerdo con Steel y Torrie (1985), los cuales fueron:

- a).- Concentrado alto en almidón vs Concentrado alto en fibra y Concentrado alto en fibra + sebo,
- y b).- Concentrado alto en fibra vs Concentrado alto en fibra + sebo.

Las razones de efectuar tales contrastes, es debido a:

- a).- La fuente de suplementación de carbohidratos es diferente cualitativamente.
- b).- La utilización de una fuente suplementaria alterna de energía a los carbohidratos.

El análisis de la información fue con ayuda del paquete estadístico SAS (1985).

El modelo utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + C_j + H_k + F_l(i) + E_{ijkl}$$

donde:

Y_{ijk} = variable de respuesta.

μ = valor de la media del experimento.

T_i = efecto del i -ésimo tratamiento ($i=1, 2, 3$).

C_j = efecto del j -ésimo cuadro o grupo de tres animales ($j=1, 2, 3$).

H_k = efecto de la k -ésima hilera o periodo ($k=1, 2, 3$).

F_l = efecto de la l -ésima columna o animal, anidado en el j -ésimo cuadro ($l=1, 2, 3$).

E_{ijkl} = efecto del error experimental en la $ijkl$ -ésima observación.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CONSUMO DE ALIMENTO. El consumo de MS en kg/día y como % del peso corporal fueron similares ($P>0.05$), entre tratamientos. Los valores promedio/día de dichos conceptos fueron de 14.94 kg y 3.07% respectivamente (Cuadro 13). De la misma forma los consumos de MO, ENI (Mcal/día), PC, FDN, FDA y celulosa no fueron afectados por la suplementación ($P>0.05$), pese a la inclusión de suplementos fibrosos, lo cual podría ser debido al valor real de fibra (FDN) presente en los CAF y CAFS.

CUADRO 13. CONSUMO DE ALIMENTO Y DE FRACCIONES DE FIBRA
TRATAMIENTOS^{1/}

VARIABLES:	CAA	CAF	CAFS	EEM	P
materia seca (kg/día)	15.01	14.94	14.89	0.71	ns
MS (% del peso corporal)	3.09	3.09	3.05	0.30	ns
forraje verde (kg/día)	43.68	43.27	43.46	1.72	ns
E. Neta de lact. (Mcal/día) ^{2/}	20.93	20.75	20.77	0.80	ns
materia orgánica de la MS (kg/día)	13.70	13.48	13.44	0.68	ns
fibra detergente neutro (kg/día)	8.60	9.46	9.23	0.60	ns
fibra detergente neutro (% peso corporal) ^b	1.76	1.95	1.89	0.24	•
fibra detergente neutro /kg. ^{2/3} (g) ^a ^b	82.94	91.71	88.81	1.85	•
fibra detergente ácido (kg/día)	4.66	4.75	4.61	0.45	ns
celulosa (kg/día)	3.80	4.01	4.01	0.41	ns
hemicelulosa (kg/día) ^a	3.94	4.71	4.61	0.41	••
proteína cruda (kg/día)	1.48	1.47	1.52	0.20	ns
carbohidratos no estructurales (kg/día) ^a	3.42	2.24	2.10	0.31	••
extracto etéreo (g/día) ^{ac}	191	295	576	0.01	••

^{1/} Para cada variable cifras con distinta literal son estadísticamente diferentes • ($P<0.05$) y •• ($P<0.01$)

^{2/} Energía calculada por las ecuaciones propuestas por McCullough (1966).

^{3/} FDN/kg. ^{2/3} = consumo de FDN por kg de peso metabólico.

CAA = concentrado alto en almidón. CAF = concentrado alto en fibra. CAFS = concentrado alto en fibra con adición de sebo.

EEM = error estándar de la media. P = nivel de probabilidad. ns = ($P>0.05$)

• CNE vs CE y CES ($P<0.01$)

• CNE vs CE y CES ($P<0.05$)

• CNE vs CE y CES ($P<0.01$)

Los valores promedio para los tratamientos de los conceptos señalados, fueron 13.54 kg, 20.81 Mcal, 1.49, 9.09, 4.67 y 3.94 kg, respectivamente. Sin embargo, el consumo de FDN en relación al peso corporal y por kg de peso metabólico en los CAF y CAFS, fueron mayores ($P<0.05$). Con la misma tendencia, los consumos de hemicelulosa, lignina y cenizas totales fueron

18.2, 26.3 y 10.6% mayores ($P < 0.01$). Por efecto de la composición del CAFS, el consumo de EE observado en esta dieta, fue mayor ($P < 0.01$) a los CAF y CAA; asimismo el CAF fue mayor ($P < 0.01$) al CAA. Por el contrario la ingestión de CNE en el CAA, fue mayor ($P < 0.01$), al los CAF y CAFS.

El aspecto de aceptabilidad y gustosidad del sebo incluido en el CAFS, no mostró problemas de rechazo durante el estudio, lo que coincide con lo reportado por Grummer *et al.* (1990). El sebo incluido en el CAFS no afectó negativamente el CMS. Palmquist (1991) señala que se puede incluir hasta un 5% de ácidos grasos en la dieta para soportar una producción de 25-30 kg de LCG 4%.

El CMS fue 21.5% mayores a los estimados por el NRC (1989) para vacas con peso y producción similar del experimento 2, el cual tuvo una producción promedio de LCG 4% de 10.71 kg/día en animales con un peso corporal promedio de 487 kg. El CMS esperado sería del orden de 12.95 kg de MS/día correspondiente a un 2.52 % del peso corporal. Al igual que lo encontrado en el experimento 1, este mayor consumo se atribuye a la menor densidad energética de la dieta, ya que para alcanzar el CMS señalado por el NRC, para vacas de 400 a 800 kg de peso corporal y producción de hasta 12 kg de LCG 4%/día, ésta tendría una concentración de ENI de 1.42 Mcal/kg.

En este estudio la concentración de ENI en promedio para los tratamientos fue de 1.39 Mcal/kg, lo que explica parte el mayor consumo compensatorio de MS. Mertens (1982) recomienda una concentración similar al NRC, de 1.42 Mcal de ENI para vacas con producciones menores de 14 kg de LCG 3.5%/día, pero con menor nivel de FDN en la dieta.

A diferencia del experimento 1, se esperaba un mayor consumo de MS (kg/día), y por ende una mejor producción de leche, puesto que al utilizar zacate verde como forraje, el consumo así como su calidad es superior en comparación al estar ensilado o henificado, como lo señalan Minson (1990); Thomas y Rae (1988); Chamberlain (1989) y Waldo (1986). Con base en lo anterior, es probable que el bajo CMS observado fue debido a dos factores: uno, elevado contenido de FDN y bajo contenido de PC y dos, elevado contenido de humedad en el forraje base.

Un factor al que se atribuye un bajo CMS fue la relación inversa de FDN y PC observada en el forraje base. El nivel promedio de FDN y FDA en las dietas fue 37 y 2% superiores a lo recomendado por Mertens (1982), para vacas con producciones menores de 14 kg de leche/día, que sumado al contenido promedio de PC del forraje (6.2 %), se considera de baja calidad. Basado en lo anterior y considerando la relación inversa que guarda la FDN y CMS (Kawas, 1983), se asume que el nivel de consumo alcanzado fue limitante para lograr un adecuado consumo de proteína y energía en la dieta que promoviera una mejor producción láctea.

Mertens (1988) recomienda para una máxima producción de leche un consumo diario de FDN en relación del peso corporal de 1.1%; comparándolo con consumos registrados (1.76, 1.95 y 1.89 %) significa un incremento de 60, 77.3 y 71.8 % mayor a lo recomendado, en T1, T2 y T3 respectivamente. Este hecho confirma lo reportado por Owen (1987) que indica la existencia de limitaciones físicas al consumo de dietas de baja densidad energética (alto contenido de FDN), impuestas por la tasa de paso de la digesta a través del tracto digestivo.

El bajo contenido de PC en el forraje (62 g/kg MS), y por consiguiente en la dieta total (10 % PC), fue también un factor agravante del bajo CMS. Al parecer el mecanismo de limitación del consumo por carencia de nitrógeno puede ser debido tanto a la deficiencia dada en el hospedero, como a un retardo en la fermentación ruminal debida a insuficiente nitrógeno o inadecuado suministro de proteína al animal. Los forrajes con un bajo contenido de PC no son consumidos fácilmente por los rumiantes y son lentamente digeridos en el rumen-retículo. En consecuencia, una baja concentración de proteína en la dieta también disminuirá el CMS (Bines, 1983; Van Soest, 1982).

Al respecto, Minson (1990) indica que todas las formas de producción pueden ser limitadas por la deficiencia de PC en los forrajes. Se ha demostrado que para lograr la máxima tasa de crecimiento microbiano y una aceptable digestión de nutrientes se requiere una concentración de amonio ruminal de 3.3 y 8 mg NH-N/100 ml con dietas bajas en proteína, pero con abundante disponibilidad de CNE (Hoover, 1986). Preston y Leng (1989) señalan que el nivel crítico para crecimiento microbiano puede ser tan alto como de 15-20 mg NH-N/100 ml, dependiendo de la

dieta. En vacas lecheras, se requieren entre 8 a 15 mg N/100 ml de líquido ruminal para maximizar la digestión de la materia orgánica (NRC, 1989).

Basado en la interacción existente entre la fibra, llenado digestivo, CMS y digestibilidad, Chandler (1978) y Jahn y Chandler (1978) observaron que al incrementarse la FDA de dieta, de 11 a 25% de la MS, las necesidades de PC aumentaron de 271 a 407 g/día (> 50 %). En el presente estudio, es probable que las necesidades de nitrógeno hayan sido mayores por el elevado contenido de fibra en las dietas, lo que consecuentemente comprometió seriamente el proceso de degradación de las dietas.

Con relación a lo anterior, la concentración estimada de amonio ruminal de acuerdo a la ecuación de predicción propuesta por Satter (1980), para las tres dietas, resultó en promedio de 4.68 mg./100 ml de NH-N, siendo similar dicha concentración ($P>0.01$), entre tratamientos. Ello nos indica un nivel marginal para fomentar una máxima digestión en el rumen, sobre todo considerando el bajo nivel de CNE presente en las dietas (17.35% en promedio), en cual también se puede señalar como limitante para una adecuada síntesis microbiana, por ser esta una actividad energético-dependiente.

De acuerdo al gasto y oferta de nutrimentos, el consumo de PC y ENI logró cubrir teóricamente el total de las necesidades de mantenimiento, cambios de peso corporal y producción y composición de la leche, es decir, en los distintos tratamientos hubo un supuesto balance positivo de energía. Esto significa que la producción de leche como variable de respuesta dependió en gran medida del CMS bajo el control fisiológico del "llenado" gastrointestinal (Monteiro, 1972).

En relación al contenido de MS en la dieta, Minson (1990) afirma que niveles mayores de 78% de humedad en el forraje, tienen efectos detrimentales sobre el consumo de MS. Lahr *et al.* (1983) observaron una reducción en el CMS cuando las dietas contenían menos de 60-65% de MS. Chase (1979) señala que el CMS disminuye 0.2 kg/100 kg de peso corporal por cada 10 unidades porcentuales de incremento en el contenido de humedad en la dieta. Otros señalan que el CMS se reduce en aproximadamente 1 kg de MS por cada disminución de 4 puntos en el

contenido de MS (Journet y Demarquilly, 1983). Harris y Garcia (1984) indican una reducción del 9% del CMS cuando la dieta alcanzó un 47% de MS.

Considerando que el contenido de humedad del forraje durante el experimento 2 fluctuó de 70 a 80% y el promedio en las dietas fue de 55.12%, se podría asumir con seguridad que el alto contenido de humedad en la dieta, antes que el nivel de FDN o PC fue el principal factor limitante para alcanzar consumos regulares de MS, que hayan permitido expresar respuestas significativas a la suplementación de los concentrados. Es importante señalar que en las pruebas de alimentación donde se emplea forraje fresco es difícil mantener su calidad nutritiva durante el periodo de estudio, no siendo la excepción en este trabajo en el que se observaron variaciones en el contenido de nutrimentos del pasto entre periodos, a pesar de la precaución tomada para una cosecha lo más homogénea posible en cuanto a su estado fenológico se refiere.

Basado en que las paredes celulares de la planta es la fracción consistentemente más relacionada con el consumo, debido a que ésta alberga todos los componentes nutritivos Van Soest (1982) menciona que la relación del contenido de agua de los forrajes tropicales con el CMS, debe ser considerado como una función del volumen estructural si se considera que el agua de la planta está contenida dentro de la estructura de la pared celular. La adición de agua *per se* al rumen tiene poco efecto sobre el consumo, ya que es rápidamente absorbida y removida. Sin embargo la retención de agua por el "efecto esponja" ó "síndrome sandía" (Castaldo, 1995), de los componentes estructurales toscos en los forrajes o algunos ingredientes ingeridos (con alto contenido de humedad), pueden tener un efecto inhibitorio sobre el consumo.

COMPOSICIÓN DE LA DIETA. La composición de las dietas fue diferente principalmente en lo referente a MO, las fracciones de carbohidratos (CE y CNE), y extracto etéreo (EE), mostrando así la influencia de los concentrados incluidos. En cambio el contenido entre tratamientos de PC, MS, la relación forraje : concentrado, FDA y la ENI, fueron similares ($P > 0.05$). Cuadro 15

CUADRO 14. COMPOSICIÓN QUÍMICA (% BS) DE LA DIETA COMPLETA
TRATAMIENTOS^{1/}

VARIABLE:	CAA	CAF	CAFS	EEM	P
materia seca	44.70	44.91	45.03	1.11	ns
humedad	55.30	55.09	54.97	1.11	ns
materia orgánica de la MS ^{2/}	91.21	90.22	90.25	0.42	**
energía neta lact. (Mcal/kg) ^{2/}	1.39	1.39	1.39	0.05	ns
proteína cruda	9.92	9.95	10.20	0.58	ns
fibra detergente neutro ^{2/}	57.16	63.23	61.90	0.71	**
fibra detergente ácido	30.93	31.73	30.87	0.58	ns
hemicelulosa ^{2/}	26.23	31.50	31.03	0.64	**
celulosa ^{2/}	25.24	26.85	26.88	0.54	**
lignina ^{2/}	3.68	4.81	4.51	0.35	**
cenizas totales ^{2/}	8.79	9.77	9.74	0.42	**
carbohidratos no estructurales. ^{2/}	22.85	15.05	14.17	0.07	**
extracto etéreo. ^{2/}	1.26	1.98	3.89	0.22	**
relación forraje:concentrado	70.62	70.40	70.34	1.00	ns

^{1/} Para cada variable cifras con distinta literal son estadísticamente diferentes * (P<0.05) y ** (P<0.01)

^{2/} Energía calculada por las ecuaciones propuestas por McCullough (1986).

CAA = concentrado alto en almidón.

CAF = concentrado alto en fibra.

CAFS = concentrado alto en fibra con adición de sebo.

EEM = error estándar de la media.

P = nivel de probabilidad.

ns = no significativo (P>0.05)

^a CNE vs CE y CES (P<0.01)

^b CE vs CES (P<0.01)

El contenido de MO y CNE en la dieta completa del CAA fue mayor (P<0.01) a la correspondiente de los CAF y CAFS. Los valores de FDN, celulosa, hemicelulosa, lignina y cenizas totales de los CAF y CAFS en promedio fueron mayores (P<0.01) al CAA, respectivamente. Por su parte, el contenido de EE en el CAFS fue mayor (P<0.01) al CAF y CAA, y el CAF fue mayor (P<0.01) al CAA. Un factor de importancia en la composición de las dietas fue la elevada concentración de humedad, originado básicamente por la fuente de forraje (zacate Para), que resultó en un valor de MS para las dietas en el estudio de 44.85%.

PRODUCCIÓN DE LECHE, CAMBIOS DE PESO Y DE CONDICIÓN CORPORAL DE LOS ANIMALES. Se encontró que la producción de leche no fue afectada (P>0.05) por los concentrados. La producción promedio entre tratamientos fue de 10.96 kg/día (Cuadro 15), atribuida principalmente al CMS similar entre tratamientos, el cual como se mencionó, fue

afectado por una interacción de factores que posiblemente evitaron una respuesta consistente a los concentrados ofrecidos a lo largo de los tres periodos experimentales, como se puede observar en la Fig. 3.

CUADRO 15. PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LECHE, CAMBIOS DE PESO Y DE CONDICIÓN CORPORAL DE LOS ANIMALES TRATADOS^{1/}

VARIABLES	CAA	CAF	CAFS	EEM	P
leche (kg/día)	10.95	10.61	11.33	0.64	ns
LCG 3.5% (kg/día) ^b	10.86	11.18	12.67	0.70	*
litros/kg de MS ^a	0.72	0.75	0.85	0.15	**
grasa (%) ^{a c}	3.44	3.83	4.22	0.31	**
grasa (g/día) ^{b d}	378	408	479	0.14	*
proteína (%)	3.18	3.04	2.96	0.27	ns
proteína (g/día)	348	321	333	0.10	ns
sólidos totales (%) ^{a c}	11.45	11.92	12.35	0.36	**
sólidos totales (g/día)	1.25	1.29	1.39	0.21	ns
sólidos no grasos (%)	8.01	8.09	8.13	0.27	ns
sólidos no grasos (g/día)	875	856	920	0.21	ns
eficiencia de producción ^{z b}	27.00	25.76	28.73	0.84	*
cambios de peso corporal, (g/día) ^d	-47	331	-92	0.32	*
cambios de condición corporal, ^z	0.09	0.18	0.08	0.31	ns
peso corporal promedio, (kg)	488	485	488	4.19	ns

^{1/} Para cada variable cifras con distinta literal son estadísticamente diferentes * (P<0.05) y ** (P<0.01)

^{2/} Eficiencia de producción = (EN/EM req.) * 100 (Smith, 1988).

^z Cambio observado de condición corporal entre periodos en la escala de 1 = emaciado a 5 = obeso.

CAA = concentrado alto en almidón, CAF = concentrado alto en fibra, CAFS = concentrado alto en fibra con edición

de sebo, EEM = error estándar de la media, P = nivel de probabilidad, ns = (P>0.05)

^a CNE vs CE y CES (P<0.01)

^b CNE vs CE y CES (P<0.05)

^c CE vs CES (P<0.01)

^d CE vs CES (P<0.05)

La adición de sebo en el CAFS favoreció una mayor respuesta (P<0.05), en la producción de LCG 3.5%, siendo 13.3 y 15.8% mayor a los CAF y CAA, respectivamente. Igualmente la eficiencia bruta (kg LCG 3.5%/kg MS), fue mejor (P<0.01) en el CAFS, siendo 13.3 y 18% mayores al CAF y CAA, respectivamente.

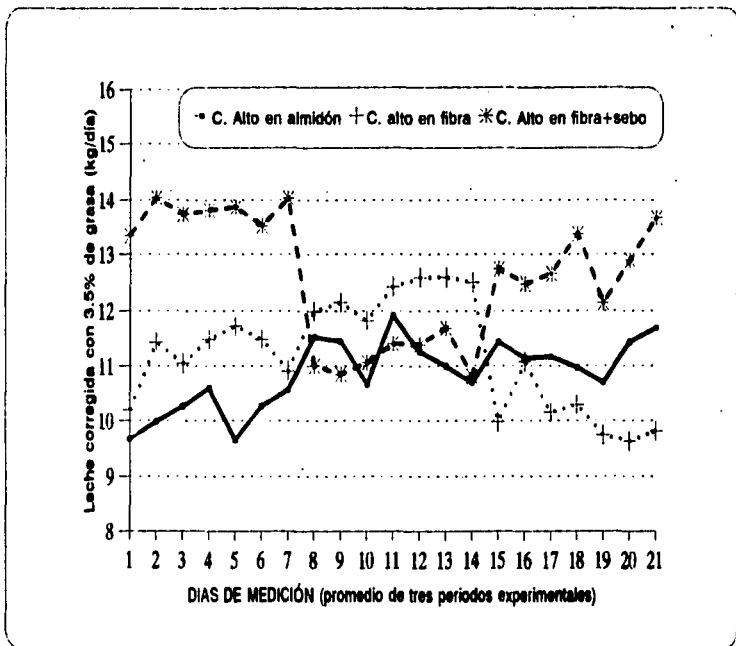


Figura 3. Respuesta de vacas en lactación a la suplementación de concentrados altos en almidón o fibra y adición de sebo.

El contenido de grasa láctea en el CAFS fue 10.1 y 22.6% mayor ($P < 0.01$) al CAF y CAA. Asimismo, el CAF superó ($P < 0.01$) al CAA. Por consiguiente, la producción de grasa en el CAFS, fue mayor ($P < 0.05$) al CAF y CAA.

Las variables de contenido y producción de PC de la leche fueron similares ($P > 0.05$) entre tratamientos. Los valores promedio fueron de 3.05% y 333 g/día. En el presente estudio el contenido de proteína en la leche observó una relación inversa aunque no significativa con el contenido de grasa en la dieta. Situaciones similares de disminución del contenido de PC en la leche ante la suplementación de grasa se reportan en numerosos estudios (Wu *et al.*, 1993; Macleod *et al.*, 1976; Murphy y Morgan, 1983; Klusmeyer *et al.*, 1991; Canale *et al.*, 1990; Grummer, 1988; Burgess *et al.*, 1987. El mecanismo exacto por el cual ocurre la disminución no es claro. Smith (1988) sugiere que la glucosa plasmática es menos disponible para la síntesis de proteína en la ubre cuando la grasa sustituye a los granos en la dieta.

El contenido de ST de la leche fueron diferentes ($P < 0.01$) CAF y CAFS de CAA, y CAFS ($P < 0.05$) de CAF. En cambio la producción de ST entre tratamientos fue similar ($P > 0.05$), con promedio de 1.30 kg/día. El contenido y la producción de SNG fue similar ($P > 0.05$) entre tratamientos, con valores promedio de 8.07% y 854g/día. La eficiencia de producción calculada según Smith (1988), fue diferente ($P < 0.01$) entre CAF y CAFS y similar ($P > 0.05$), entre CAF y CAA con promedio de 28.38%.

Con respecto a los cambios de peso corporal, se observaron valores positivos ($P < 0.05$) en el CAF con respecto los CAA y CAFS que mostraron valores de pérdida de peso corporal en promedio de 69.5 g/día. Los cambios de condición corporal observados no fueron afectados ($P > 0.05$) por los tratamientos. El valor de cambio corporal promedio entre periodos fue de 0.115 de la clasificación de Edmonson *et al.* (1989) de 1 a 5.

Es probable que la mejor producción de LCG 3.5%, promovida por el CAFS fue resultado de una eficiente derivación de energía de la grasa a través de mecanismos de ahorro metabólico como la transferencia y utilización directa de precursores (ácidos grasos) que afectaron positivamente la producción y composición de leche, todo ello favorecido por una fermentación ruminal estable producto de una dieta alta en fibra. Algunos estudios, señalan que el uso de la

energía metabolizable derivada del uso de grasa animal en la alimentación de la vaca en producción es utilizada más eficientemente que la de los granos, sin necesidad de reducir la proporción forraje:concentrado en la dieta (Murphy y Morgan, 1983, Canale *et al.*, 1990) lo que coincide con lo encontrado en este experimento.

Se asume que el consumo moderado de ácidos grasos incrementa la eficiencia de utilización de la energía por dos caminos 1) la deposición de ácidos grasos pre-formados en los tejidos o productos (leche), previene etapas metabólicas (asociadas con pérdida de calor), para convertir carbohidratos a ácidos grasos, y 2) la producción de ATP de la oxidación de ácidos grasos de cadena larga es aproximadamente 10% más eficiente que la oxidación de acetato; esto es de significancia para los rumiantes, donde la oxidación del acetato es de importancia como fuente de energía (Baldwin *et al.* 1980; Palmquist, 1988)

Es probable, con base en los resultados, que los tratamientos altos en fibra y EE (CAF y CAFS), produjeron un efecto aditivo ($P < 0.05$) en el contenido y la producción de grasa pese a que el consumo de forraje fue similar entre tratamientos. Un efecto aditivo similar fue encontrado por Palmquist y Conrad (1978) y Garnsworthy (1990) al utilizar altos niveles de grasa y dietas altas en forraje. El efecto de la fibra y de la grasa parecen ser aditivos, por la alta sustitución (80% en este experimento) de fibra o sebo por grano, lo cual conduce a un mayor incremento del contenido de grasa en la leche, pero finalmente la combinación de ambos produce la mayor respuesta.

El contenido de grasa láctea en el CAF favorecida por la dieta alta en fibra, fue consistente en este estudio, aunque la respuesta en producción láctea fue baja. Un efecto similar y significativo, se observó con el CAF del experimento 1, donde se citan estudios con similares respuestas (McGregor *et al.*, 1976; Visser y De Groot, 1980; Meijs, 1986; Thomas *et al.*, 1986; Phipps *et al.*, 1987; Robinson *et al.*, 1987; Sloan *et al.*, 1988; Nakamura y Owen, 1989; Bernard y McNeill, 1990; Lees *et al.*, 1990).

A pesar de que el contenido de grasa en la leche no es buen indicador de las funciones de la fibra, tales como estado de salud del rumen y estimulación de la rumia, se puede asumir que tiene una relación positiva con estas dos funciones. Por el contrario, Swain y Armentano (1994) señalan que el contenido de grasa láctea es una medida más sensible de la fibrosidad de

algunos AA, que el tiempo empleado para comer y rumiar. Lo que concuerda con este estudio, al observarse hábitos de consumo similares ($P>0.05$) entre tratamientos.

El comportamiento de los animales en cuanto a cambios de peso y condición corporal observados en este experimento al parecer guardaron una relación negativa con la producción de LCG 3.5%, tal como lo mencionan Tyrrell (1980) y Baldwin y Smith (1983). Dicho balance energético corporal negativo observado principalmente en el CAA y CAFS, reflejaron un marginal aporte de nutrimentos en función de una mayor excreción de energía en leche.

Es probable que el elevado contenido de humedad en las dietas también haya contribuido a las pérdidas de peso corporal registradas en los animales durante el estudio. Davis *et al.* (1983) al probar dietas con niveles crecientes de humedad encontraron que aunque la producción de leche fue similar entre tratamientos, la pérdida de peso corporal estuvo relacionada con el contenido de humedad de la dieta. El mecanismo exacto de este proceso no se conoce.

BALANCE ENERGÉTICO. El gasto de ENI para mantenimiento y para cambios de peso corporal fue similar ($P>0.05$), entre tratamientos. El promedio observado entre tratamientos fue de 2.51 y 1.40 Mcal/día, respectivamente. En cambio, el gasto de EN para producción de leche con el CAFS, fue 1.84% mayor ($P<0.05$) que CAF y CAA debido básicamente a la mayor producción de LCG 3.5%. El gasto total calculado de ENI fue similar ($P>0.05$) entre tratamientos con un valor promedio de 17.66 Mcal/día, que al compararla con el consumo total de ENI (20.81 Mcal/día), resultó en un balance positivo similar ($P>0.05$) de 3.21 Mcal/día, en promedio para los tratamientos. El nivel de alimentación o plano de nutrición (Leaver, 1988), considerado como múltiplo del nivel de mantenimiento fue similar ($P>0.05$), entre tratamientos. (Cuadro 16).

CUADRO 16. CONSUMO DE NUTRIMENTOS Y BALANCE ENERGÉTICO DE LOS ANIMALES

VARIABLES:	TRATAMIENTOS ^{1/}				
	CAA	CAF	CAFS	EEM	P
consumo tot. ENI (Mcal/día) ^{2/}	20.93	20.75	20.77	0.80	ns
gasto de ENm (Mcal/día) ^{3/}	8.30	8.26	8.30	0.47	ns
nivel de alim. (múltiplo de ENm)	2.52	2.51	2.50	0.27	ns
gasto de ENI (Mcal/día), ^{4/} *	7.49	7.72	7.74	0.58	*
gasto de ENg (Mcal/día), ^{5/}	0.93	1.97	1.24	0.39	ns
gasto total de ENI (Mcal/día)	16.73	17.96	18.29	0.80	ns
balance energético (Mcal/día), ^{6/}	4.20	2.78	2.66	0.77	ns

^{1/} Para cada variable cifras con distinta literal son estadísticamente diferentes * (P<0.05) y ** (P<0.01).

^{2/} Energía calculada por las ecuaciones propuestas por MacCubough (1989).

^{3/} Energía para mantenimiento: 80 Kcal/kg ^{2.5} (NRC, 1989)

^{4/} Energía de acuerdo a la producción: ENI (Mcal/kg) = .3512 - [0.0062 (% grasa)] (NRC, 1989).

^{5/} Energía para cambios de peso corporal, considerando 5.12 y -4.92 Mcal ENI/kg de ganancia o pérdida de peso respectivamente. (NRC, 1989)

^{6/} Diferencia de EN lact. consumida menos la ENI gastada (ENI - ENm + ENg + ENI).

ENI = energía neta de lactación. ENm = energía neta de mantenimiento. ENg = energía neta de ganancia de peso.

CAA = concentrado alto en almidón. CAF = concentrado alto en fibra. CAFS = concentrado alto en fibra con adición de sebo. EEM = error estándar de la media. P = nivel de probabilidad. ns = (P>0.05)

* CNE vs CE y CES (P<0.05)

† CE vs CNE (P<0.05)

HÁBITOS DE CONSUMO. Los valores de tiempo (minutos) destinados a descansar, comer, rumiar y masticar presentados en el Cuadro 17 fueron similares (P>0.05) entre tratamientos con cifras promedio de 661.3, 317, 461.6 y 778.7 minutos, respectivamente.

CUADRO 17. HÁBITOS DE CONSUMO (en minutos), EN 24 HORAS

VARIABLES:	TRATAMIENTOS ^{1/}				
	CAA	CAF	CAFS	EEM	P
comiendo (c)	319.4	327.7	303.9	4.11	ns
rumiando (r)	483.9	465.5	455.5	5.02	ns
descanso	656.6	648.6	680.5	5.57	ns
masticando (c + r)	783.3	793.3	759.4	5.57	ns
rumiando (min/kg de FDN)	54.6	49.6	49.7	1.81	ns
masticando (min/kg de FDN)	92.2	84.5	83.2	2.12	ns
rumiando (min/kg de MS)	31.1	31.3	30.7	1.36	ns
masticando (min/kg de MS)	52.6	53.4	51.4	1.59	ns

ns = no significativo (P>0.05).

CAA = concentrado alto en almidón. CAF = concentrado alto en fibra. CAFS = concentrado alto en fibra con adición de sebo. EEM = error estándar de la media. P = nivel de probabilidad.

Las variables derivadas, como fueron tiempo destinado en masticar cada kg de MS y masticar cada kg de FDN mostraron tiempos similares ($P>0.05$), con promedios de 52.4 y 86.56 minutos respectivamente. Los anteriores valores al ser expresados en minutos de rumia/kg de MS o FDN también fueron similares ($P>0.05$).

El tiempo registrado en las actividades de comer y rumiar (min/día), y rumia (min/kg. FDN), fueron muy similares a las reportadas por Welch y Hooper (1988) para ganado bovino (317 vs 330; 461 vs 465 y 86.56 vs 84 min). Basado en que el tiempo de rumia en el ganado bovino está fuertemente correlacionado con el consumo de FDN, la similitud entre tratamientos para esta variable puede atribuirse al consumo similar de FDN registrado (Welch y Hooper, 1988) ya señalado en el Cuadro 17. Lo anterior está relacionado con la fuente de FDN, especialmente del CAF y CAFS, los cuales a pesar de contener un mayor contenido de FDN/kg MS, el impacto de la "fibrosidad" en la dieta, se diluyó posiblemente a factores intrínsecos de la misma.

Según Mertens (1992), un factor a considerar con el tiempo de rumia/kg de FDN es el valor real de FDN o "fibra efectiva" de los ingredientes utilizados en las dietas, siendo necesario obtener datos confiables para ajustar valores de fibra a fibra efectiva, ya que estos factores de ajustes están basados en la experiencia práctica, como lo realizado por Staples *et al.* (1995). Ante tal circunstancia, es probable que los CAF y CAFS tuvieron un valor real menor de FDN que el estimado químicamente.

DIGESTIBILIDAD APARENTE. De los valores estimados con fibra marcada con cromo (FDN-Cr) como marcador, se observó que los concentrados experimentales no afectaron ($P>0.05$) la digestibilidad de la MS, MO, PC, FDN, FDA y celulosa (Cuadro 18). En cambio la digestibilidad de la hemicelulosa fue mayor ($P<0.01$) en el CAF y CAFS. Con el uso de CIDA se detectó también una mayor ($P<0.01$) digestibilidad de la FDN y hemicelulosa en los mismos tratamientos, además de la PC ($P<0.07$) (Cuadro 19).

CUADRO 18. DIGESTIBILIDAD (%) OBTENIDA POR MEDIO DE FIBRA AMORDANTADA DE DIVERSAS FRACCIONES DEL ALIMENTO TRATAMIENTOS^{1/}

VARIABLE:	CAA	CAF	CAFS	EEM	P
materia seca	58.52	57.52	58.63	1.24	ns
materia orgánica	61.19	60.40	61.36	1.20	ns
proteína cruda	55.75	59.53	59.69	1.30	ns
fibra detergente neutro	55.07	59.15	58.47	1.28	ns
fibra detergente ácido	48.08	49.68	47.65	1.45	ns
hemicelulosa ^a	63.27	68.70	69.20	1.25	**
celulosa	61.77	60.84	61.14	1.32	ns

^{1/} Para cada variable cifras con distinta literal son estadísticamente diferentes * (P<0.05) y ** (P<0.01)

ns = no significativo (P>0.05) CAA = concentrado alto en almidón. CAF = concentrado alto en fibra. CAFS = concentrado alto en fibra con adición de sebo. EEM = error estándar de la media. P = nivel de probabilidad.

^a CNE vs CE y CES (P<0.01)

CUADRO 19. DIGESTIBILIDAD (%) OBTENIDA POR MEDIO DE CENIZAS INSOLUBLES EN DETERGENTE ÁCIDO DE DIVERSAS FRACCIONES DEL ALIMENTO. TRATAMIENTOS^{1/}

VARIABLE:	CAA	CAF	CAFS	EEM	P
materia seca	59.93	60.37	59.77	1.16	ns
materia orgánica	62.51	63.03	62.41	1.15	ns
proteína cruda ^b	57.26	61.93	61.05	1.32	*
fibra detergente neutro ^a	48.21	53.58	52.27	1.23	**
fibra detergente ácido	40.15	43.92	39.83	1.33	ns
hemicelulosa ^a	57.67	64.38	64.64	1.24	**
celulosa	55.63	55.27	55.64	1.31	ns

^{1/} Para cada variable cifras con distinta literal son estadísticamente diferentes * (P<0.05) y ** (P<0.01)

CAA = concentrado alto en almidón.

CAF = concentrado alto en fibra.

CAFS = concentrado alto en fibra con adición de sebo.

EEM = error estándar de la media.

P = nivel de probabilidad.

ns = no significativo (P>0.05) ^a CNE vs CE y CES (P<0.01) ^b CNE vs CE y CES (P<0.07)

Las diferencias observadas en las estimaciones de la digestibilidad entre los dos marcadores, posiblemente sea debida a la variabilidad registrada con el uso de FDN-Cr, donde la estimación puede verse afectada por factores como una mayor migración por el tracto gastrointestinal, dosis y fraccionamiento de la misma. Por el contrario, con la utilización de CIDA la variación fue menor y por lo tanto se detectaron más diferencias estadísticas entre tratamientos para algunas fracciones del alimento.

La mayor digestibilidad de la hemicelulosa estimada con ambos métodos en los CAF y CAFS, es indicativo para suponer que dichos complementos promovieron un mejor ambiente ruminal para la digestión de las paredes celulares por ser fuente de fibra altamente fermentable como lo mencionan diversos autores (Owen, 1987; Belyea, 1991; Shaver, 1991; Davis, 1992). El efecto positivo en la digestibilidad de algunas fracciones de fibra, fue muy similar al observado con el CAF del experimento 1, que se manifestó con un mayor contenido y producción de grasa.

Con base en la digestibilidad de la dieta, se asume que el alto contenido de EE (sebo) presente en el CAFS, no causó un efecto adverso sobre la fibra de la dieta total, lo que difiere con lo señalado por Palmquist (1984) en referencia a que algunas grasas afectan negativamente el contenido de grasa láctea por su efecto depresor sobre la digestión de la fibra (Johnson y McClure, 1972; Devendra y Lewis, 1974; Palmquist y Conrad, 1980; Elmeddah *et al.*, 1991).

La mayor digestibilidad ($P < 0.07$) de la PC estimada con CIDA, en los CAF y CAFS coincide con lo encontrado por Palmquist y Conrad (1978, 1980), en estudios de suplementación de grasa en la dieta (Cuadro 19). Esto apoya la utilidad de las grasas en las dietas, particularmente cuando se utilizan ventajosamente para reemplazar almidón en la dieta. Johnson y McClure (1972) y Palmquist y Conrad (1980) afirman que los efectos negativos de la grasa sobre la digestión de la fibra se observan principalmente en dietas bajas en fibra.

En algunos estudios, el uso de grasas no ha afectado la digestibilidad de la fibra (Van der Honing *et al.*, 1981; Jenkins y Palmquist, 1984; Jenkins y Jenny, 1989; Doreau *et al.*, 1987). La digestibilidad de la FDN estimada con CIDA, en el CAF y CAFS fueron mayores ($P < 0.01$). Resultados similares han encontrado otros autores (Elmeddah *et al.*, 1991; Esplin *et al.*, 1983; Palmquist y Conrad, 1980; Olubobokun *et al.*, 1985; Perry y Stewart, 1979; Mirr, 1988).

La posible ausencia de efectos negativos del sebo en el CAFS sobre la digestión de la fibra fue debido posiblemente a la alta proporción de forraje en las dietas, que promovieron condiciones preventivas a causar alteraciones en la fermentación ruminal como lo mencionan Czerkawski y Clapperton (1984) y Palmquist (1980).

VIII. DISCUSIÓN GENERAL

En el experimento 1 se realizó una evaluación comparativa del uso de un concentrado alto en carbohidratos estructurales (CAF) frente a un concentrado convencional con elevada proporción de grano (alto en CNE) en vacas con un potencial medio de producción y alimentación basada en esquilmos agrícolas. El consumo de alimento no fue afectado por los tratamientos. Independientemente de lo anterior se registró un consumo de materia seca 20% mayor al estimado por el NRC (1989) para vacas de similar peso corporal y producción láctea. Dicho consumo fue debido en parte a la baja concentración energética de la dieta total y al tamaño de partícula del alimento, especialmente de la fuente de forraje que fue molido con una criba de 1/2" de diámetro. La menor concentración energética representada por un elevado contenido de FDN en ambas dietas fue al fin de cuentas, como lo menciona Van Soest (1982), el principal factor limitante del consumo de materia seca. En el parámetro de producción de leche se observó que es posible incrementar en promedio un 8.2% la producción de leche, el contenido de grasa láctea y por consiguiente un 13.7% la producción de leche corregida al 3.5% de grasa cuando se utiliza un concentrado alto en CE en comparación de un concentrado alto en almidón, en vacas alimentadas con dieta basal de rastrojo de maíz. Dicha mejora en la producción y composición de la leche se obtuvo a pesar de sustituir un 69% de grano en la dieta total por subproductos y esquilmos agrícolas que fueron componentes de un concentrado 15% más barato que el concentrado basado en grano de sorgo y pasta de algodón. La mejor producción láctea obtenida con el CAF es atribuida a un mejor consumo de materia orgánica digestible de la dieta, que se reflejó en un mejor aporte de energía metabolizable al animal. Los parámetros de cambios de peso y de condición corporal fueron similares entre tratamientos, observándose en ambos conceptos valores positivos. La longitud del periodo de mediciones y el nivel de producción de los animales fueron probablemente los factores responsables de la falta de diferencia entre los tratamientos. En la digestibilidad aparente, se registraron diferencias notables con la mayoría de los nutrientes del CAF en relación al CAA, atribuido básicamente a las condiciones ruminales

más favorables para la digestión de la fibra, que al parecer mostró un efecto asociativo positivo o aditivo sobre la digestibilidad.

En el segundo experimento también se realizó un estudio comparativo del uso de dos concentrados altos en carbohidratos estructurales (CAF), uno de los cuales fue adicionado con sebo (CAFS), en relación de un tercer concentrado alto en almidón (CAA), representado en este caso por grano de maíz. El consumo de MS al igual que el estudio anterior, no fue afectado por los suplementos de estudio. Coincidentemente el CMS también fue 21% mayor a lo señalado por el NRC (1988), para vacas con peso corporal y producción láctea similar. La concentración energética de la dieta, caracterizada por un alto contenido de FDN y bajo nivel de PC, afectó negativamente en segundo término el CMS. El elevado contenido de humedad en la dieta, atribuida a la composición y nivel de inclusión del forraje, posiblemente fue la causa principal que limitó el CMS ocasionado por el efecto esporja (Van Soest, 1982). La producción y composición de la leche fue similar entre tratamientos, pero el contenido de grasa láctea fue mayor en los CAF y CAFS atribuible a un efecto aditivo dado por el contenido de extracto etéreo y la FDN. Basado en el efecto anterior, el uso de sebo como fuente energética (CAFS) incrementó 18.6% la producción de LCG con 3.5% de grasa en comparación con el CAA. A dicha mejora se suma una reducción del orden del 71% en grano de maíz en la dieta. Dicha sustitución por ingredientes alternativos redujeron su costo/kg en 10.2%. El CAF de esta prueba observó un efecto pobre, incluso inferior al CAA, debido en parte a la menor proporción de CNE:FDN, como el observado con el CAA del experimento 1, que repercutió en una menor concentración energética. Por el contrario, el CAFS con ingredientes en proporción similar al CAF, su déficit de energía fue solventado con la inclusión de sebo. La energía derivada del sebo fue determinante para alcanzar una mejor eficiencia de producción láctea (LCG 3.5%/kg de MS consumida), superando en gran medida la energía aportada por el grano en el concentrado convencional (CAA), como lo señalan Klonfield (1982), Baldwin *et al.* (1985), Baldwin y Smith (1983), Smith (1988) por una transferencia directa de energía (deposición de ácidos grasos pre-formados en los tejidos o leche), con ahorro de procesos metabólicos destinados a convertir carbohidratos a grasa. La similitud en los hábitos de consumo se atribuyen en parte al efecto depresor del bajo contenido de MS en la

dieta sobre el CMS y en segundo término a la naturaleza química de la FDN. La digestibilidad aparente de las dietas fue similar para la fracción de MS, MO, FDA y celulosa. La fracción de FDN y hemicelulosa resultaron afectadas positivamente por los tratamientos altos en fibra (CAF y CAFS), en comparación con el CAA. Este hecho observado en el CAFS, nos indica la ausencia de efectos detrimentales sobre la digestión (fibra y consecuentemente grasa de la leche), con la inclusión de sebo en cantidades moderadas, en la ración como fuente alternativa de energía. Al parecer el mayor contenido de grasa en leche en los CAF y CAFS fue resultado de un efecto aditivo, derivado por la mayor digestibilidad en la FDN y un mayor consumo (g/día) de extracto etéreo.

IX. CONCLUSIONES

EXPERIMENTO 1.- 1).- La utilización de concentrados altos en carbohidratos estructurales basados en subproductos agroindustriales afectan positivamente la producción y composición de leche en vacas con un potencial medio de producción y alimentadas con forrajes de baja calidad.

2).- El contenido extremadamente alto de FDN en las dietas experimentales no permitió expresar el efecto de los concentrados sobre el consumo de alimento, sin embargo el concentrado alto en fibra promovió una mayor digestibilidad de la dieta que se reflejó en un uso mas eficiente de los nutrimentos en relación al concentrado convencional.

3).- El uso de concentrados basados en subproductos agroindustriales puede resultar ventajoso al sustituir en gran proporción granos en la dieta total, sin necesidad de modificar la relación forraje : concentrado.

EXPERIMENTO 2. 1).- La suplementación de sebo en el concentrado permite obtener mejoras en la producción y composición de leche en vacas con un potencial medio de producción consumiendo forrajes tropicales frescos bajos en energía, mostrando eficiencia energética mayor a la de los granos.

2).- El consumo de forraje estuvo limitado por su elevado contenido de humedad, sin embargo la producción de leche por kg de materia seca consumida fue mayor con el concentrado alto en grasa y carbohidratos estructurales.

3).- La digestión de la fibra no fue alterada por la adición de sebo en la dieta, sino por el contrario, se observaron efectos positivos en la calidad de leche.

4).- Son necesarios estudios de cinética ruminal para conocer el comportamiento de este tipo de dietas en el proceso digestivo de la vaca lechera.

X. LITERATURA CITADA

- Allen, M. S., M. I. Mc Burney and P. J. Van Soest. 1985. Cation - exchange capacity of plant cell walls at neutral pH. *J. Sci. Food Agric.* 36:1065.
- Anderson, S. J., J. K. Merrill, M. L. McDonell and T. J. Klopfenstein. 1987. Digestibility and utilization of mechanically processed soybean hulls. *J. Anim. Sci.* 66:2985.
- Anderson, S. J., J. K. Merrill, and T. J. Klopfenstein. 1988. Soybeans hulls as an energy supplement for the grazing ruminant. *J. Anim. Sci.* 66:2959-2964.
- Association of Official Analytical Chemists. 1990. Official methods of analysis. 15th ed. A.O.A.C., Washington, DC.
- Baldwin, R. L., N. E. Forsberg and C. Y. Hu. 1985. Potential for altering energy partition in the lactating cow. *J. Dairy Sci.* 68:3394-3402.
- Baldwin, R. L., and N. E. Smith. 1983. Adaptations of metabolism to various conditions: milk production. In: *Dynamic Biochemistry of Animal Production, World Animal Science, Vol. A3*, edited by P.M. Rils, Amsterdam: Elsevier. pp. 359-386.
- Baldwin, R. L., N. E. Smith, J. Taylor and M. Sharp. 1980. Manipulating metabolic parameters to improve growth rate and milk secretion. *J. Anim. Sci.* 51:1416-1428.
- Banks, W., J. L. Clapperton, and M. R. Ferrie. 1976. Effect of feeding fat to dairy cows receiving a fat-deficient basal diet: II Fatty composition of the milk fat. *J. Dairy Res.* 43:219.
- Bartley, E. E. 1976. Bovine saliva: production and function. In: *Buffers and Ruminant Physiology and Metabolism*, Weinberg, M. S. and A. L., Sheffner (ed.) Church & Dwight Co. NY p. 61.
- Bateman, J. V. 1980. Nutrición animal - Manual de métodos analíticos. Ed. Herrero Hnos., S. A. México, D. F.
- Bath, D. L., F. N. Dickinson, H. A. Tucker, and R. D. Appleman. 1985. *Dairy cattle: Principles, practices, problems, profits.* 3rd ed. Lea & Febiger, Philadelphia, PA p. 456.
- Beauchemin, K. A., and Buchanan-Smith, J. G. 1989. Effects of dietary neutral detergent fiber concentration and supplementary long hay on chewing activities and milk production of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 72:2288-2300.
- Beauchemin, K. A., B. I. Farr and L. M. Rode. 1991. Enhancement of the effective fiber content of barley based concentrates fed to dairy cows. *J. Dairy Sci.* 74:3128-3139.
- Belyea, R. 1991. Alternative feeds: chemical composition. In: *Alternative Feeds for Dairy & Beef Cattle* National Invitational Symposium. St. Louis MI. pp. 153-158.
- Bernard, J. K. and W. W. McNeill. 1991. Effect of high fiber supplements on nutrient digestibility and milk production of lactating cows. *J. Dairy Sci.* 74:991-995.
- Bines, J. A. 1983. Consumo voluntario de alimentos. En: *Estrategia de Alimentación para Vacas Lecheras de alta Producción*, Cap. 2, Broster, W. H. y H. Swan (Comp.), AGT- EDITOR, S. A. México, D. F. pp. 219.
- Blaxter, K. L. and R. S., Wilson. 1963. The assessment of a crop husbandry technique in terms of animal production. *Anim. Prod.* 5:27-42.

- Briceno, J. V., H. H. Van Horn, B. Harris, Jr. and C. J. Wilcox. 1987.** Effects of neutral detergent fiber and roughage source on dry matter intake and milk yield and composition of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80:296.
- Brown, W. F., T. J. Klopfenstein, J. K. Merrill, and M. L. McDonnell. 1981.** Corn or soyhulls as energy supplements to crop residues. *J. Anim. Sci.* 53 (Suppl. 1):112.
- Boggs, D. L., and G. O. Okotie-Eboh. 1985.** Effects of soyhulls and level of grain on digestibility of wheat silage diets. *J. Anim. Sci.* (Suppl. 1) 61:481.
- Broster, W. H., J. D. Sutton and J. A. Bines. 1978.** Concentrate:forage ratios for high-yielding dairy cows. In: *Recent advances in animal nutrition-1978*. Haresing, W. and L. Dyfed (editors). Butterworths, London. pp. 99-126.
- Burgess, P. L., L. D. Muller, G. A. Varga, and L.C. Griel. 1987.** Addition of calcium salts of fatty acids to rations varying in neutral detergent fiber content for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 70: (Suppl. 1) Abstr. p. 220.
- Burroughs, W., W. P. Gerlaugh, B. H. Edgington, and R. M. Bethke. 1949.** The influence of corn starch upon roughage digestion in cattle. *J. Anim. Sci.* 8:271.
- Campling, R. C. and J. C. Murdoch. 1966.** The effects of concentrates on the voluntary intake of roughages by cows. *J. Dairy Res.* 33:1-11.
- Campling, R. C. and I. J. Lean. 1989.** Características del alimento que limitan el consumo voluntario. En: *Fisiología de la nutrición en los animales domésticos*. Cap. 11, Rook, J. A. F y Thomas, P.C., (editores), C.E.C.S.A. México. pp. 495.
- Canale, C. J., P. L. Burgess, D. L. Muller and G. A. Varga. 1990.** Calcium salts of fatty acids in diets that differ in neutral detergent fiber: Effect on lactation performance and nutrient digestibility. *J. Dairy Sci.* 73:1031-1038.
- Carro, M. D., S. López, J. S. González, and F. J. Ovejero. 1991.** The use of the rumen degradation characteristics of hay as predictors of its voluntary intake by sheep. *Anim. Prod.* 52:133-139.
- Castaldo, D. J. 1995.** Dairy feeds: Byproduct recommendations and precautions, In: *Feed Management*, Vol. 46 No. 7. pp 16-17.
- Chalupa, W., B. Rickabaugh, D. S. Kronfel and D. Sklan. 1984.** Rumen fermentation *in vitro* as influenced by chain fatty acids. *J. Dairy Sci.* 67:1439.
- Chamberlain, D. G., P. C. Thomas, W. D. Wilson, M. E. Kassem, and S. Robertson. 1984.** The influence of the type of carbohydrate in the supplementary concentrate on the utilization of silage diets for milk production. *Proc. 7th Silage Conf. Queen's Univ., Belfast* (ed. F. G. Gordon and E. F. Unsworth). pp. 37-38.
- Chamberlain, A. 1989.** Milk production in the tropics. *Intermediate Tropical Agriculture Series*. Logman Group UK Limited, Essex, England. pp. 81.
- Chandler, P. T. 1978.** Roughage and fiber. In: *Nutrient consideration in feeding - Large Dairy Herd Management*. Chap. 11.7. University of Florida, Gainesville, FL. pp. 354-370
- Chappell, G. L. M., and J. P. Fontenot. 1968.** Effect of level of readily available carbohydrate in purified sheep rations on cellulose digestibility and nitrogen utilization. *J. Anim. Sci.* 27:1709.

- Chase, L. E. and C. J. Sniffen. 1989. Balancing dairy rations to optimize rumen fermentation and milk production. In: Cornell Coop. Ext. Publ. No. 113, Cornell University, Ithaca, NY pp. 81-85.
- Chase, L. E. 1979. Effect of high moisture feeds of feed intake and milk production in dairy cattle. Page 52 in Proc. Cornell Nutr. Conf.
- Chik, A. B. 1987. Effect of dietary whole cottonseed on lactational performance and digestibility as related to roughage source, protein source, and calcium treatment. Ph.D. Dissertation. Dairy and Poultry Sciences Department, Univ. of Florida, Gainesville, FL.
- Coppoc, C. E. 1987. Supplying the energy and fiber needs of dairy cows from alternate feed sources. J. Dairy Sci. 70:1110-1118.
- Coppoc, C. E., C. H. Noller, and S. A. Wolfe. 1974. Effect of forage-concentrate ratio in complete feeds ad libitum on energy intake in relation to requirements by dairy cows. J. Dairy Sci. 54:1371.
- Czerkawski, J. W. and J. L. Clapperton. 1984. Fats as energy-yielding compounds in the ruminant diet. In: Fats in Animal Nutrition, edited by J. Wiseman, pp. 249-283. London: Butterworths.
- Davis, C. L. 1992. Feeding the high producing dairy cow. Milk Specialties Company, Dundee, IL. p.35-36.
- Davis, C. L., D. A. Grenawalt, and G. C. McCoy. 1983. Feeding value of pressed brewers' grain for lactating cows. J. Dairy Sci. 66:76.
- De Peters, E. J., S. J. Taylor, C. M. Finley and T. R. Famula. 1967. Dietary fat and nitrogen composition of milk from lactating cows. J. Dairy Sci. 70:1192-1201.
- De Visser, H. and A. Steg. 1988. Utilization of by-products for dairy cows feeds. In: Nutrition and lactation in the dairy cow. Gamsworthy, P.C. (editor), Chap. 21. Butterworths, London. pp. 378-394.
- De Visser, H. and A.M. De Groot. 1980. The influence of the starch and sugar content of concentrates on feed intake, rumen fermentation, production and composition of milk. In: D. Giesecke, G. Dirksen and M. Stangassinger (editors). Proc. IV th International Conference on Production Disease in farm animals. Tierärztliche Fakultät der Universität, Munich. pp. 41-48.
- Devendra, C. and D. Lewis. 1974. The interaction between dietary lipids and fibre in the sheep. 2. Digestibility studies. Anim. Prod. 19:67-76.
- Doreau, M., D. Bauchart, and A. Kindler. 1987. Effect of fat and lactose supplementation on digestion in dairy cows. I. Non lipid components. J. Dairy Sci. 70:64-70.
- Dunham, J. R., and M. Kroger. 1985. Milk preservatives. Handbook National Coop. Dairy Herd Improvement. Program. USDA-Extension Service, p. 1.
- Edmonson, A. J., I. J. Lean, L. D. Weaver, T. Farber and G. Webster. 1989. A body condition scoring chart for holstein dairy cows. J. Dairy Sci. 72:68-76.
- Elliott, J. P., J. K. Drackley, G. C. Fahey and R. D. Shanks. 1995. Utilization of supplemental fat by dairy cows fed diets varying in content of nonstructural carbohydrates. J. Dairy Sci. 78:1512-1525.

- Elmeddah, Y., M. Doreau and B. Michalet-Doreau. 1991. Interaction of lipid supply and carbohydrates in the diet of sheep with digestibility and ruminal digestion. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 116:437-445.
- El-Shazly, K., B. A. Dehority, and R. R. Johnson. 1961. Effect of starch on the digestion of cellulose in vitro and in vivo by rumen microorganisms. *J. Anim. Sci.* 20:269.
- Esplin, G. H., W. H. Hubbert and B. Taylor. 1973. Effect of animal tallow and hydrolyzed vegetable, animal fat on ration utilization and rumen volatile fatty acid production with fattening steers. *J. Anim. Sci.* 22:695-698.
- Garnworthy, P.C. 1990. Feeding calcium salts of fatty acid high-starch or high-fibre compound supplements to lactating cows at grass. *Anim. Prod.* 51:441-447.
- González, D., M. E. Ruiz, F. Romero y D. Pezo. 1990. Recomendaciones sobre la utilización de los métodos *in vitro* y enzimático en el estudio de la digestión de alimentos. en: *Nutrición de ruminantes: Guía metodológica de investigación*, Ruiz, M. E. y Ruiz, A. (editores). IICA-RISPAL. San José, Costa Rica, C.A. pp. 127-139.
- Grigsby, K. N., M. S. Kerley, J. A. Petterson and J. Weigel. 1992. Combinations of starch and digestible fiber in supplements for steers consuming a low quality bromegrass hay diet. *J. Anim. Sci.* 71:1057-1064.
- Grummer, R. R. 1988. Influence of prilled fat and calcium salt of palm oil fatty acid on ruminal fermentation and nutrient digestibility. *J. Dairy Sci.* 71:117-123.
- Grummer, R. R., M. L. Hatfield, and M. R. Dentline. 1990. Acceptability of fat supplements in four dairy herds. *J. Dairy Sci.* 71:117.
- Grummer, R. R. and M. L. Luck. 1993. Rumen fermentation and lactation performance of cows fed roasted soybeans and tallow. *J. Dairy Sci.* 76:2674-2681.
- Harris, B. Jr. 1993. Nonstructural and structural carbohydrates in dairy cattle rations. Florida Coop. Ext. Serv. Circular 1122, University of Florida, Gainesville, FL p.5.
- Harris, B. Jr. 1990. Feeds, feeding and nutrient requirements of dairy cattle. Florida. Coop. Ext. Serv. Circular 594. University of Florida, Gainesville, FL.
- Harris, B. Jr. 1991. Value of high-fiber alternative feedstuffs as extensors of roughage source. In: *Alternative Feeds for Dairy & Beef Cattle*. National. Invitational. Symposium. St. Louis, Mi. pp. 138-145.
- Harris, B. Jr. and C. R. Staples. 1993. Feeding by-products feedstuffs to dairy cattle. IFAS-University of Florida. Gainesville, FL p. 6.
- Harris, B. Jr., and C. García-Bojalil. 1989. Estrategias de alimentación para maximizar el consumo de materia seca. En: *Memorias de la Conferencia Internacional sobre Ganadería en los Trópicos*. Universidad de Florida-IFAS. Gainesville, FL pp. 44-49.
- Harris, B. Jr. 1994. Alimentación de vacas lecheras de alta producción. En: *Memorias de la Conferencia Internacional sobre Ganadería en los Trópicos*. Universidad de Florida-IFAS. Gainesville, FL pp. 103-110.
- Harvey, W. R. 1979. Least-squares analysis of data with unequal subclass number. U. S. Department of Agriculture, ARS 0-310-9451, SEA-5, US. Government Printing Office, Washington, DC.

- Highfill, B. D., D. L. Boggs, H. E. Amos and J. G. Crickman. 1987. Effects of high fiber supplements on fermentation characteristics and *in vivo* and *in situ* digestibility's of low quality fescue hay. *J. Anim. Sci.* 65:224-234.
- Hiltner, P., and Dehority. 1983. Effect of soluble carbohydrates on digestion of cellulose by pure cultures of rumen bacteria. *Applied and Environmental Microbiology*, 46:842-848.
- Hoover, W. H. 1986. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. *J. Dairy Sci.* 69:2755-2766.
- Hoover, W. H. and T. K. Miller. 1991a. Associative effects of alternative feeds. In: *Alternative Feeds for Dairy & Beef Cattle*. National. Invitational. Symposium. St. Louis, MI. pp. 129-137.
- Hoover, W. H. and T. K. Miller. 1991b. Balancing dairy rations for proteins and carbohydrates, in: *California Animal Nutrition Conference*. pp. 23-43.
- Hoover, W. H. and S. R. Stokes. 1990. Balancing carbohydrates and protein for optimum microbial yield. *J. Dairy Sci.* 73:226 (Suppl. 1).
- Hom, G. W., M. D. Cravey, F. T. Mc Collum, C.A. Strasia, E.G. Krenzer Jr. and P. L. Claypool. 1995a. Influence of high-starch vs high-fiber supplements on performance of stocker cattle grazing wheat pasture and subsequent feedlot performance. *J. Anim. Sci.* 73:45-54.
- Hom, V. J., A. Adams, and B. Harris Jr. 1995b. Efecto de la suplementación de grasa sobre la producción de leche. En: *Memorias de la Conferencia Internacional sobre Ganadería en los Trópicos*. Universidad de Florida-IFAS, Gainesville, FL pp. 105-114.
- Jackson, D. A., C. L. Johnson, and J. M. Forbes. 1991. The effect of compound composition and silage characteristics on silage intake, feeding behavior, production of milk and live-weight change in lactating dairy cows. *Animal Production* 52:11-19.
- Jahn, E., and P. T. Chandler. 1978. Performance and nutrient requirements of calves fed varying percentages of protein and fiber. *J. Anim. Sci.* 29:345-352.
- Jenkins, T. C., and D. L. Palmquist. 1984. Effect of fatty acids or calcium soaps on rumen and total nutrient digestibility of dairy rations. *J. Dairy Sci.* 67:978-986.
- Jenkins, T. C. and B.F. Jenny. 1989. Effect of hydrogenated fat on feed intake nutrient digestion and lactation performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 72:2316-2324.
- Jenkins, T. C. 1993. Strategies for including fat in dairy rations. In: *Proc. Clemson Dairy Conference*, Dept. of Animal, Dairy and Veterinary Sciences, Clemson University, Clemson SC p. 14-25.
- Joanning, S. W., D. E. Johnson, and B. P. Barry. 1981. Nutrient digestibility depressions in corn silage-corn grain mixtures fed to steers. *J. Anim. Sci.* 53:1095.
- Johnson, R. R., E. W. Klotterman and H. W. Scott. 1962. Studies on feeding value of soybeans flakes for ruminants. *J. Anim. Sci.* 21:406.
- Johnson, R. R. and K. E. Mc Clure. 1972. High fat rations for ruminants. I. The addition of saturated fats to high-roughage and high-concentrate rations. *J. Anim. Sci.* 34:501-509.

- Journet, M. y C. Demarquilly. 1983. Pastoreo. En: *Estrategia de Alimentación para Vacas Lecheras de alta Producción*. Cap. 13. Broster, W. H. y M. Swan (Comp.), AGT- EDITOR, S. A. México, D. F. pp. 219.
- Kawwa, J. R., R. D. Shaver, J. A. Woodford, N. A. Jorgensen and D. A. Rohwedder. 1983. Forage quality for dairy cattle. In: *Proceeding Minnesota Nutrition Conference*. Univ. Minnesota, St. Paul MN. pp. 1-10.
- Keith, S. L., and D. G. Wagner. 1986. Effects of supplements on feed intake. *Feed Intake Symposium*, Oklahoma State University. Stillwater, OK. pp. 173-181.
- Kempton, T. J. 1980. El uso de bolsas de nylon para caracterizar el potencial de degradabilidad de alimentos para el rumiante. *Producción Animal Tropical*. 5:115-126.
- Klusmeyer, T. H., G. L. Linch, and J. H. Clark. 1991. Effects of calcium salts of fatty acids and proportion of forage in diet on ruminal fermentation and nutrient flow to duodenum of cows. *J. Dairy Sci.* 74:2220-2232.
- Kronfeld, D. S. 1982. Major metabolic determinant of milk volume, mammary efficiency, and spontaneous ketosis in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 67:2204.
- Lahr, D. A., D. E. Otterby, D. G. Johnson, J. G. Linn, and R. G. Lundquist. 1983. Effects of moisture content of complete diets of feed intake and milk production by cows. *J. Dairy Sci.* 66:1891-1900.
- Leaver, J. D. 1988. Level and pattern of concentrate allocation to dairy cows. In: *Nutrition and lactation in the dairy cow*. Garnsworthy, P.C. (editor), Chap. 18. Butterworths, London. pp. 280-293.
- Lees, J. A., P.C. Garsnworthy and J. D. Oldham. 1982. The response of dairy cows in early lactation to supplements of protein given with rations designed to promote different patterns of rumen fermentation. *Occasional Publication of the British Society of Animal Production*. 6:157-159.
- Lees, J. A., J. D. Oldham, W. Haresing and P.C. Garsnworthy. 1990. The effects of patterns of rumen fermentation on the response by dairy cows to dietary protein concentration. *British J. Nutr.* 63:177-186.
- Linn, J. G., M. F. Hutjens, W. T. Howard, L. H. Kilmer, and D. E. Otterby. 1988. *Feeding the dairy herd*. Coop. Ext. Services, Universities of Illinois, Iowa State, Minnesota, and Wisconsin. p.14.
- Macleod, G. K., Yu, Y., and L. R. Schaeffer. 1978. Feeding value of protected animal tallow for high yielding dairy cows. *J. Dairy Sci.* 60:726-738.
- Malestein, A., V. A. Klooster, G. H. Counotte, and R. A. Prins. 1982. Concentrate feeding and ruminal fermentation 2. Influence of concentrate ingredients on pH and on l-lactate concentration in incubations in vitro with rumen fluid. *Neth. J. Agric. Sci.* 30:259-273.
- Mayne, C. S., and F. J. Gordon. 1984. The effect of type of concentrate and level of concentrate feeding on milk production. *Anim. Prod.* 39:65-76.
- Mc Cullough, M. E. 1986. Feeding dairy cows. W. D. Hoard & Sons Co., Fort Atkinson, WI. pp. 40.

- McDonald, I. 1981. A revised model for estimation of protein degradability in the rumen. *J. Agric. Sci. (Cambr.)* 96:251-252.
- McGregor, C.A., F. G. Owen, and L. D. McGill. 1976. Effect of increasing ration fiber with soybean mill run on digestibility and lactation performance. *J. Dairy Sci.* 59:882-889.
- Meijs, J. A. C. 1986. Concentrate supplementation of grazing dairy cows. 2. Effect of concentrate composition on herbage intake and milk production. *Grass and Forage Sci.* 41:229-235.
- Mendoza, M. G. D. y V. R. Ricalde. 1995. Alimentación de ganado bovino con dietas altas en grano. U. A. M.- Unidad Xochimilco. p. 97.
- Merchen, N. R. 1988. Digestion, absorption and excretion in ruminants. In: *The ruminant animal - Digestive physiology and nutrition*. Church, D. C. (editor), Chap. 9. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ. pp. 172-201.
- Mertens, D. R. and J. R. Lofton. 1980. The effect of starch on forage fiber digestion kinetics *in vitro*. *J. Dairy Sci.* 63:1437.
- Mertens, D. R. 1982. Using neutral detergent fiber to formulate dairy rations and estimate the net energy content of forages. In: *Proc. Cornell Nutr. Conf. Feed Manuf. Syracuse, NY*. pp. 60-68.
- Mertens, D. R. 1988. Balancing carbohydrates in dairy rations. In: *Proc. Conf. Cornell Large Dairy Herd Management*. Ithaca, NY pp 150-161.
- Mertens, D. R. 1992. Nonstructural and structural carbohydrates. *Large Dairy Herd Management*. Mgt. Services. American Dairy Science Association. 25:219.
- Mertens, D. R. 1994. Regulation of forage intake. In: *Forage quality, evaluation and utilization*. Fahey, G. C. *et al* (editors), Chap. 11. University of Nebraska-Lincoln.
- Miller, B. G., and R. B. Multifloring. 1985. Effect of forage:concentrate on kinetics of forage fiber digestion *in vivo*. *J. Dairy Sci.* 68:40.
- Minson, J. D. 1990. Intake of forage by housed ruminants. In: *Forage in ruminant nutrition*. Chap. 2. Academic Press, Inc. San Diego, CA. pp. 34-35.
- Mirr, Z. 1988. A comparison of canola acidulated fatty acids and tallow as supplements to ground alfalfa diet for sheep. *Can. J. Anim. Sci.* 68:761-767.
- Moe, P. W., W. P. Flatt, and H. F. Tyrrell. 1972. Net energy value feeds for lactation. *J. Dairy Sci.* 55:945-951.
- Moe, P. W. 1979. Associated effects of feedstuffs. In: *Pacific Northwest Anim. Nutr. Conf.* p 177.
- Monteiro, L. A. 1972. The control of appetite in lactating cows. *Anim. Prod.* 14:263.
- Mould, F. L., E. R., Ørskov and S. O., Mann. 1983. Associative effects of mixed feeds. 1. Effects of type and level of supplementation and the influence of the rumen fluid pH on cellulolysis *in vitro* and dry matter digestion of various roughages. *Anim Feed Sci. Technol.* 10:15-30.
- Murphy, J. J., and D. J. Morgan. 1983. Effect of inclusion of protected and unprotected tallow in the supplement on the performance of lactating dairy cows. *Anim. Prod.* 37:203-210.

- Nakamura, T., and F. G. Owens.** 1989. High amounts of soy hulls for pelleted concentrate diets. *J. Dairy Sci.* 72:488-994.
- National Research Council.** 1989. Nutrient requirements of dairy cattle. 6th rev. ed. Update 1989. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.
- Nocek, J. E.** 1985. Evaluation of specific variables affecting *in situ* estimates of ruminal dry matter and protein digestion. *J. Anim. Sci.* 60:1347.
- Nocek, J. E., and J. E. English.** 1986. *In situ* degradation kinetics: Evaluation of rate determination procedure. *J. Dairy Sci.* 69:77.
- Nocek, J. E. and J. B., Russell.** 1988. Protein and energy as an integrated system. Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. *J. Dairy Sci.* 71:2070
- Nocek, J. E., and S. Tammings.** 1991. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. *J. Dairy Sci.* 74:3598-3629.
- Ohajurke, O. A. and D. L. Palmquist.** 1989. Response of high-producing dairy cows to high levels of dried corn gluten feed. *Anim. Feed Sci. Technol.* 24:191-200.
- Oliveros, B. A., T. J. Klopfenstein, F. K. Goedeken, M. L. Nelson, and E. E. Hawkins.** 1989. Corn fiber as energy supplement in high-roughage diets fed to steer and lambs. *J. Anim. Sci.* 67:1784-1792.
- Olubobokun, J. A., S. C. Leach and D. L. Palmquist.** 1985. Effect of tallow and tallow calcium soap of feed intake and nutrient digestibility in ruminants. *Nutrition Reports International* 31:1075-1084.
- Orskov, V. and J. G. Linn.** 1992. Alternative feedstuffs for dairy. Dairy Update, Minnesota Extension Service, University of Minnesota, St. Paul, p. 10.
- Ørskov, E. R., and I. McDowell.** 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci. (Cambr.)* 92: 499.
- Ørskov, E. R.** 1989. La fermentación en el rumen. En: *Avances recientes en la producción animal. XXII Reunión de la Asociación Mexicana de Producción Animal (AMPA). Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.* pp. 37.
- Ørskov, E. R., F. D. DeB Hovell y F. Mould.** 1980. Uso de la técnica de la bolsa de nylon para la evaluación de los alimentos. *Producción Animal Tropical*, 5:213-233.
- Owen, J. B.** 1987. Feeding of dairy cattle. In: *Dairy Cattle Production, Chap 3. World Animal Science C-3.* Elsevier Sci. Publ. pp. 77-105.
- Palmquist, D. L.** 1976. Ruminant adipose tissue metabolism. Introductory remarks. *Fed. Proc.* 35:2300.
- Palmquist, D. L.** 1983. Use of fats in diets for lactating cows. In: *Proc. 37 th Easter School in Agriculture: Fats and animal nutrition.* J. Wiseman, (editor). Nottingham, England.
- Palmquist, D. L.** 1988. The feeding value of fats. In: *Feed Science, Chapter 12.* E. R. Ørskov (editor). *World Anim. Sci. Vol. 4.* pp. 293-311.

- Palmquist, D. L.** 1984. Use of fats in diets for dairy cows. Page 357. In: *Fats in Animal Nutrition*. J. Wiseman, ed. Butterworth, Boston, MA.
- Palmquist, D. L.** and H. R. Conrad. 1978. High fat rations for dairy cows. Effects on feed intake, milk and fat production, and metabolites. *J. Dairy Sci.* **61**:890-901.
- Palmquist, D. L.** and H. R. Conrad. 1980. High fat rations for dairy cows. Tallow and hydrolyzed blended fat at two intakes. *J. Dairy Sci.* **63**:391-395.
- Palmquist, D. L.** and T. C. Jenkins. 1980. Fat in lactation rations: A review. *J. Dairy Sci.* **63**:1-14.
- Palmquist, D. L.** 1991. Feeding animal and plants fats. In: *Alternative Feeds for Dairy & Beef Cattle*. Nat. Invitational. Symp. St. Louis, MI. pp. 80-85.
- Patton, R. A.** y M. Morales. 1988. Manejo nutricional de la vaca alta productora. *Memorias de AMENA*, 1988, pp 339-356.
- Perry, T. W.** and T. S. Stewart. 1979. Effect of fat and lecithin and of moisture levels of corn and corn silage on nutrient digestibility by ruminants. *J. Anim. Sci.* **48**:900-905.
- Phipps, R. H., J. D. Sutton, R. F. Weller and J. A. Bines.** 1987. The effect of concentrate composition and method of silage feeding on intake and performance of lactating dairy cows. *J. Agric. Sci. (Cambr.)* **109**:337-343.
- Porter, P. A.** 1987. The acid detergent insoluble ash digestibility marker and its use in lactating dairy cows. Ph. D. Thesis, Cornell University, Ithaca, NY.
- Poore, M. H., J. A. Moore, R. S. Swingle, T. P. Eck and W. H. Brown.** 1991. Wheat straw or alfalfa hay in diets with 30% neutral detergent fiber for lactating holstein cows. *J. Dairy Sci.* **74**:3152-3159.
- Poore, M. H., J. A. Moore, R. S. Swingle, T. P. Eck and W. H. Brown.** 1993. Response of lactating holstein cows to diets varying in fiber source and ruminal starch degradability. *J. Dairy Sci.* **76**:2235-2253.
- Preston, T. R.** and R. A. Leng. 1989. Adecuando los sistemas de producción pecuaria a los recursos disponibles: Aspectos básicos y aplicados del nuevo enfoque sobre la nutrición de rumiantes en el trópico. Consultoría para el Desarrollo Rural Integrado al Trópico (CONDRIT). Ltda. Cali, Colombia. pp. 150.
- Robinson, P. H., S. Tamminga, and A. M. Van Vuuren.** 1987. Influence of declining level of feed intake and varying the proportion of starch in the concentrate on milk production and whole tract digestibility in dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* **17**:19-35.
- Ronning, M.** 1960. Effect of varying alfalfa hay-concentrate ratios in a pelleted ration for dairy cows. *J. Dairy Sci.* **43**:811.
- Rodríguez, G. F.** y Llamas, L. G. 1990. Digestibilidad, balance de nutrimentos, y patrones de fermentación ruminal. En: *Manual de técnicas de investigación en rumiología*. Cap. VI. Castellanos, R. A., Llamas, L. G. y Shimada, S. A. (editores). PAIEPEME, AC. pp. 95-126.
- Russell, J. B., W. M. Sharp, and R. L. Baldwin.** 1979. The effect of pH on maximal bacterial growth rate and its possible role as a determinant of bacterial competition in the rumen. *J. Anim. Sci.* **48**:251-255.

- Satter, L. D.** 1980. A metabolizable protein system keyed to ruminal ammonia concentration - The Wisconsin System. In: Protein requirements for cattle. N. F. Owens (editor). Proc. International Symposium. Oklahoma State University. Stillwater, OK. pp. 245-264.
- Schmidt-Hebbel, H.** 1973. Ciencia y tecnología de los alimentos. Ed. Universitaria. Santiago, Chile. pp. 82.
- Schneider, B. H.** and Flatt, W. P. 1975. The evaluation of feeds through digestibility experiments. The University of Georgia Press. Athens GA. p. 423.
- Secretaría de Programación y Presupuesto.** 1981. Síntesis Geográfica de Nayarit. México
- Shever, R. D.** 1991. Feeding the high producing Cow: Carbohydrate, protein and fat. 51st Minnesota Nutrition Conference, p.13
- Sloan, B. K., P. Rowlinson, and D. G. Armstrong.** 1988. Milk production in early lactation dairy cows given grass silage *ad libitum*: Influence of concentrate, energy source; crude protein content and level of concentrate allowance. Anim. Prod. 46:317-331.
- Smith, L. W., H. K. Goering, D. R. Waldo, and D. H. Gordon.** 1971. In vitro digestion rate of forage cell wall components. J. Dairy Sci. 54:71.
- Smith, L. W., H. K. Goering, and D. H. Gordon.** 1972. Relationships of forage composition with rates of cell wall digestion and indigestibility of cell walls. J. Dairy Sci. 55:1140.
- Smith, N. E.** 1988. Alteration of efficiency of milk production in dairy cow by manipulation of the diet. In: Nutrition and lactation in the dairy cow. Chap. 12. Gamsworthy, P.C. (editor), Butterworths, London. pp. 216-231.
- Smith, W. A., and B. Harris Jr.** 1992. The influence of forage type on the production response of lactating dairy cows supplemented with different types of dietary fats. Prof. Anim. Sci. 8(3):7.
- Soofi, R., G. C. Fahey, Jr., L. L. Berger, and F. C. Hinds.** 1992. Digestibilities and nutrient intakes by sheep fed mixtures of soybean stover and alfalfa. J. Anim. Sci. 54:841-848.
- Statistical Analysis System (SAS).** 1988. SAS Users Guide: basics and statistics. SAS Institute, Cary, NC.
- Staples, Ch., B. Oldick, E. Hirschert y J. Velásquez.** 1995. Aumento en la concentración de grasa en la leche de vacas Holstein alimentadas con granos secos de destilería. En: Memorias de la Conferencia Internacional sobre Ganadería en los Trópicos. I.F.A.S.- Universidad de Florida. Gainesville, FL pp. 115-129.
- Steel, R. G. D. y J. H. Torrie.** 1988 Principios y procedimientos de bioestadística. Mc Graw-Hill. Ed. Interamericana. México, D. F.
- Steg, A., Y. Van Der Honing, and H. de Visser.** 1986. Effect of fibre in compound feeds on the performance of ruminants. In: Recent Development in Ruminant Nutrition, No. 2, Haresing, W. and D. J. A., Cole, (editors), Butterworths, London. pp. 142-158.
- Stem, M. D., W. H. Hoover, C. J. Sniffen, B. A. Crooker, and P. H. Knowlton.** 1978. Effects of nonstructural carbohydrate, urea and soluble protein levels on microbial protein synthesis in continuous culture of rumen contents. J. Anim. Sci. 47:944.

- Sutton, J. D., J. A. Bines, S. V. Morant, D. J. Napper, and D. I. Givens. 1987. A comparison of starch and fibrous concentrates for milk production energy utilization and hay intake by friesian cows. J. Agric. Sci.(Cambr.) 109:375-386.**
- Sutton, J. D., J. A. Bines, and D. J. Napper, J. M. Wilkes y E. Schuller. 1984. Form of carbohydrate in dairy concentrates: effects on milk production and hay intake. Annual Report of the national institute for Research Dairying, p. 74.**
- Sutton; J. D., S. V. Morant, J. A. Bines, D. J. Napper, and D. I. Givens. 1993. Effect of altering the starch : fibre ratio in the concentrates on hay intake and milk production by friesian cows. J. Agric. Sci. (Cambr.) 120:379-390.**
- Swain, S. M., and L. E. Armentano. 1994. Quantitative evaluation of fiber from non forage sources used to replace alfalfa silage. J. Dairy Sci. 77:2318.**
- Tejada, de H. I. 1992. Control de calidad y análisis de alimentos para animales. ed. PAIEPEME-AC. México, D. F.**
- Teeter, R. G., F. N. Owens and D. R. Gill. 1981. Roughage concentrate associative effects. Oklahoma Agricultural Experimental Station. Animal Science Report. 161.**
- Thomas, C., K. Aston, S. L. Daley and J. Bass. 1986. Milk production from silage: 4. The effect of the composition of the supplement. Anim. Prod. 42:315-325.**
- Thomas, C. and R. C. Rae. 1988. Concentrate supplementation of silage for dairy cows. In Nutrition and lactation in the dairy cow. Garnsworthy, P.C. (editor), Chap. 19. Butterworths, London. pp. 327-354.**
- Tremere, A. W., W. G. Merrill, and J. K. Loosli. 1968. Adaptation to high concentrate feeding as related to acidose and digestive disturbances in dairy heifers. J. Dairy Sci. 51:1065-1072.**
- Tyrell, H. F. 1980. Limits to milk production efficiency by dairy cow. J. Anim. Sci. 51:1441-1447**
- Uden, P., P. E. Colucci, and P. J. Van Soest. 1980. Investigations in chromium, cerium and cobalt as markers in digesta. Rate of passage studies. J. Sci. Food Agric. 31:825.**
- Uden, P. 1984a. Digestibility and digesta retention in dairy cows receiving hay or silage at varying concentrate levels. Anim. Feed Sci. Technol. 11:279.**
- Uden, P. 1984b. The effect of intake and hay concentrate ratio upon digestibility and digesta passage. Anim. Feed Sci. Technol. 11:167.**
- Van der Honing, Y., B. J. Wieman, A. Steg and Van Donselaar, B. 1981. The effect of fat supplementation of concentrates on digestion and utilization of energy by productive dairy cows. Neth. J. Agric. Sci. 29:79-92.**
- Van Soest, P. J. and J. B. Robertson, 1985. Analysis of forage and fibrous foods, A laboratory manual for animal science No. 613. Cornell University, Ithaca, NY.**
- Van Soest, P. J. 1982. Nutritional ecology of the ruminant. O & B Books Inc. Corvallis, Oregon. p. 300.**
- Varga, G. A., and H. W. Hoover. 1983. Rate and extend of neutral detergent fiber degradation of feedstuffs *in situ*. J. Dairy Sci. 66:2109-2115.**

- Varga, G. A., E. M. Meisterling, R. A. Dailey, and W. H. Hoover. 1984. Effect of low and High fill on dry matter intake, milk production, and reproductive performance during early lactation. *J. Dairy Sci.* 67:1240-1248.
- Varga, G. A. 1986. Factors which affect estimation of lag time in the rumen. In: *Agricultural Experiment Station Oklahoma State University (Ed.) Symposium Proceedings: Feed Intake by Beef Cattle.*
- Vuuren, A. M., C. J. Koelen, and V. C. Bruun. 1985. The effect of the level and composition of concentrate supplements on rumen fermentation patterns of grazing dairy cows. *Neth. J. Agric. Sci.* 39:25-31.
- Waldo, D. R. 1986. Effect of forage quality on intake and forage-concentrate interactions. Symposium: Forage utilization by the lactating cow. *J. Dairy Sci.* 69:617-631.
- Weich, J. G. and A. P. Hopper. 1988. Ingestion of feed and water. In: *The ruminant animal - Digestive physiology and nutrition.* Church, D. C. (editor), Chap. 5, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ. pp. 108-116.
- Weich, J. G. 1979. Rumination and particle size, rumen osmotic pressure and feed intake in ruminants. In: *Proc. Cornell Nutrition Conference.* p. 49.
- Williams, C. H., D. J. David, and O. Iismaa. 1962. The determination of chromic oxide in faeces samples by atomic absorption spectrophotometry. *J. Agric. Sci. (Cambr.)* 59:381.
- Wu, Z., J. T. Huber, F. T. Sleiman, J. M. Simas, K. H. Chan, S. C. Chan, and C. Fontes. 1993. Effect of three supplemental fat sources on lactation and digestion in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 76:3562-3570.
- Wynn, T. R., J. Bitman, R. A. Waterman, J. R. Weyant, D. L. Wood, L. L. Strozinski, and N. W. Hooven, Jr. 1978. Feeding protected and unprotected tallow to lactating cows. *J. Dairy Sci.* 61:49-58.