

CARACTERISTICAS FISIOLÓGICAS DE LA DIGESTIÓN EN RUMIANTES

Por: Francisco Peña C. Ph.D.

INTRODUCCION

A diferencia de lo que ocurre en los animales monogástricos, el proceso digestivo del rumiante resulta particularmente complejo. La diferenciación evolutiva lo ha colocado en la situación de depender de la actividad microbiana para derivar la mayor parte de sus nutrientes. Así, mientras en el monogástrico los nutrientes se derivan de la acción directa del animal sobre los componentes dietéticos, en el rumiante el alimento recibe primero la acción transformadora de microorganismos y luego el huésped (rumiante) actúa sobre los productos resultantes de la fermentación para derivar sus nutrientes.

El entendimiento detallado de los aspectos digestivos y de metabolismo que son propios al rumiante ha permitido el desarrollo de técnicas y procedimientos para su explotación cada vez más eficiente en beneficio de la humanidad. En las páginas siguientes se discute en forma simple y con enfoque práctico aspectos de la digestión en el rumiante

con el objetivo de despertar interés en los profesionales involucrados en actividades pecuarias sobre posibles medios para hacer más racional la utilización del alimento por parte de los bovinos, especialmente.

ASPECTOS GENERALES DE LA DIGESTION

La acción transformadora de los microorganismos ruminales le ha permitido a los rumiantes la utilización indirecta de fuentes de alimento no convencionales para especies monogástricas. Tal es el caso de la utilización de la fibra, particularmente la celulosa y las fuentes de nitrógeno no protéico, particularmente la úrea y sus derivados.

La utilización de metabolitos derivados de la fermentación ruminal ha implicado cambios en los mecanismos bioquímicos del rumiante a través de su desarrollo. Estos cambios han obedecido a la diferencia entre el sustrato para los microorganismos (componentes dietéticos) y los subproductos de la fermentación (ácidos grasos volátiles y compuestos asociados) que van a ser utilizados por el animal.

Tanto en los divertículos pregástricos como en el intestino, las constantes de secreción enzimática y absorción

de nutrientes corresponden a las características de la ingesta. En igual forma, existe correspondencia entre los sistemas enzimáticos del hígado y los patrones de secreción hormonal con los metabolitos absorbidos.

CAMBIOS POSTNATALES EN EL TRACTO DIGESTIVO

El rumiante, al nacer, tiene características generales de monogástrico. Aunque los preestómagos presentan las mismas saculaciones que en el rumiante adulto, las proporciones relativas de tamaño y de funcionalidad son diferentes. El estómago presenta capacidad hidrolítica limitada a los péptidos lácteos por acción de la renina y el poco desarrollo de las células parietales (secretoras de ácido clorhídrico). Este hecho facilita el escape gástrico de inmunoglobulinas calostrales para su absorción en el intestino delgado. Esta condición que favorece la comunicación de resistencia a enfermedades de la madre al hijo dura muy poco tiempo (Tabla 1, Figura 1). A las 24 horas postnacimiento las células parietales de la mucosa estomacal están produciendo hidrólisis parcial de la proteína calostrala, la concentración de inmunoglobulinas en el calostro ha decrecido desde las ocho horas (48,49). La pepsina aumenta su

actividad específica en el estómago y contribuye a reducir el escape de proteína no digerida.

En el intestino delgado la lactosa presenta gran actividad en el neonato. Sin embargo, esta capacidad puede saturarse (5) si se suministran cantidades de lactosa superiores a 200 g diarios (Tabla 2). Esta actividad, aunque decreciente persiste luego del destete. La capacidad del rumiante adulto no se ve afectada con la reducción de la actividad de la lactosa intestinal (26,37), ya que la actividad de los microorganismos ruminales en hidrólisis de lactosa, la maltosa tiene muy poca actividad al nacimiento y aumenta muy lentamente a medida que el ternero crece.

Solamente el estómago verdadero (abomaso) presenta funcionalidad en el ternero recién nacido. Los demás compartimentos estomacales permanecen relativamente aislados del alimento hasta la implantación de la flora microbial y su adaptación anatómica para este proceso. El rumiante joven está dotado de un mecanismo natural para desviar el alimento líquido que recibe de la madre, en tal forma que no entra en los preestómagos, sino que sigue su curso al abomaso (33). De esta forma se evita que un alimento altamente

rico en nutrientes, y por lo tanto altamente fermentable se acumule temporalmente en saculaciones no aptas todavía para la fermentación. Cuando ésto ocurre, por cambios bruscos en los hábitos de ingestión del ternero, surgen dispepsias de mayor o menor intensidad que se traducen en manifestaciones clínicas como diarrea y deshidratación.

El pre-rumiante, inicia muy pronto su adaptación al alimento sólido y tosco. En situaciones de cría artificial (destete precoz) con libre acceso al concentrado y forraje se observa la iniciación de la ingestión de concentrado al término de la primera semana de vida e ingestión de forraje al término de la segunda. Las pequeñas cantidades de material sólido ingerido comienzan a desarrollar la actividad de los preestómagos, ya que en general, no se desvían al estómago verdadero. Dependiendo del sistema de cría utilizado, el desarrollo de los preestómagos y las características digestivas del rumiante aparecen entre los dos y los cuatro meses de edad. Corrientemente, al término de los cuatro meses, la digestión como el metabolismo del rumiante adulto están caracterizados completamente.

PARAMETROS DIGESTIVOS DEL RUMIANTE ADULTO

Aunque el alimento ingerido sufre una reducción de tamaño bastante sustancial en la masticación postaprehensión, luego de un proceso de fermentación ligero debido a la exposición al medio ruminal, la remasticación o rumia lo coloca en un tamaño de partícula susceptible del ataque apropiado de los microorganismos y sus enzimas. Este proceso de rumia junto con las saculaciones completas del estómago son las características que definen al rumiante (34).

La gran capacidad del rumen permite la ingestión de volúmenes de alimento muy superiores a los observados en monogástricos. La acción microbial transforma el alimento en cuerpos celulares y subproductos que van a servir como fuentes de proteína y energía, respectivamente, una vez absorbidos en el tracto digestivo.

La digesta del rumen, luego de un proceso de digestión en el estómago, pasa al intestino delgado donde sufre el ataque enzimático en forma similar al proceso digestivo del monogástrico.

La digesta que escapa de la acción enzimática por diferentes factores sufre una fermentación en el ciego, la

la cual es muy similar a la que ocurre en el rumen, aunque en menor proporción. Este proceso fermentativo continúa en el intestino grueso y en las heces dependiendo de las condiciones impuestas por el material que ha escapado de la digestión en los compartimentos gastrointestinales precedentes (Figura 2).

CONTROL EN LA INGESTION DE ALIMENTOS Y SUS IMPLICACIONES PRACTICAS.

Aunque aparentemente simple, el problema de la ingestión de alimento y sus controles todavía no se ha entendido a cabalidad en las diferentes especies animales. El hecho de que el animal consuma mayor o menor cantidad de un ingrediente en comparación con otro y satisfaga o no sus necesidades orgánicas está determinado por un buen número de fenómenos. Unos medianamente entendidos y otros no. Estos fenómenos están asociados con el animal y con el alimento. Los demás comúnmente discutidos en condiciones de campo son los relacionados con el alimento, como disponibilidad, volumen, contenido de fibra, contenido de compuestos energéticos, contenido y relación de minerales, olor y sabor.

La limitación en la cantidad de alimento disponible causa cambios en la tasa de ingestión y en el tiempo total de alimentación (15,16). Aunque la frecuencia de semovientes mandibulares en la ingestión o la rumia, el número de períodos en rumia y la duración de los ciclos ruminales no cambian (16,17).

Las variables relacionadas con la ingestión y masticación presentan cambios diarios. Aunque estos cambios son menores que las variaciones individuales, están alrededor del 10% para el tiempo de ingestión y de rumia (Tabla 4). Los coeficientes de variación diaria de actividades relacionadas con la ingestión y masticación (Remond, datos no publicados) son mayores en dietas basadas de heno de forrajes en forma pelletizada que en los henos que se suministran enteros.

El contenido de fibra, generalmente asociado con mayor volumen, impone un limitante. Una vez copada la capacidad del rumen, se inhibe el consumo por acción de reflejos originados en sensores de distensión. El animal rumia en tiempo correlacionado con la cantidad de fibra para reducir las partículas y hacerlas más digestibles. Sin embargo mientras rumia, está dejando de comer. El descenso en el consumo se

se traduce en menor producción. Este efecto es variable dependiendo del animal, ya que a mayor tamaño metabólico parece haber mayor eficiencia en la rumia(4). También está influenciada por el ejercicio a que se vea forzado el animal (Tabla 5) y se puede contrarrestar cambiando la forma del alimento (Tabla 6).

El contenido de compuestos liberadores de energía también impone un límite en la ingestión. Este límite está asociado con la absorción de metabolitos que inducen cambios hormonales, los cuales a su turno, limitan la ingestión. Similar a este control opera el impuesto por las deficiencias o excesos de algunos minerales y vitaminas. El primer síntoma y el más común en la deficiencia de vitaminas y minerales es un descenso en el consumo diario de alimento (1).

Factores como el olor y sabor desagradables influyen en el consumo de alimento dependiendo del mayor o menor grado de la característica desagradable, de la especie y el acostumbramiento del animal (12). Es de anotar que el rumiante rechaza ingredientes con olores y sabores desagradables que generalmente están asociados con factores antinutricionales (6, 18, 28). Sin embargo, cuando las condiciones de deficiencia orgánica son considerables, éstas

presionan al animal a consumir el ingrediente con consecuencias desfavorables.

Los ovinos prefieren soluciones ténueamente dulces, ácidas o saladas al agua de bebida, y las rechazan a mayores concentraciones. Los bovinos prefieren soluciones ténueamente dulces o ácidas al agua de bebida. A moderadas concentraciones rechazan las soluciones salinas y ácidas, pero no las dulces (2,3).

El nivel de producción (Tabla 7) y la adaptación de individuo como de especie son importantes en la escogencia de tal o cual alimento. Así, no es frecuente que aún en condiciones de homogenidad de disponibilidad de alimento, los bovinos consuman los mismos alimentos que los ovinos y caprinos (2). Cada una de estas especies tiene su propia estrategia de digestión y utilización del alimento a pesar de que los tres sean rumiantes. En cuanto a individuos, se observa fácilmente la diferencia en selectividad entre el ternero, el novillo, la vaca lechera joven y la vaca lechera adulta. El nivel de producción en vacas lecheras impone el consumo de mayores cantidades de alimento. En promedio, la vaca gasta 10 minutos adicionales pastando por cada kg de leche producida (10,21).

SITIOS DE DIGESTION DE COMPONENTES DIETETICOS

La magnitud de la digestión de los principales componentes de la dieta varía en los diferentes compartimentos del tracto gastrointestinal (Tabla 8). Existe información en la literatura sobre digestión en el rumen y el intestino delgado. La información sobre la digestión en el tracto digestivo posterior es más escasa. En general, se puede afirmar que la digestión en el tracto digestivo es relativamente menor a la observada en el intestino delgado y el estómago (30).

El nivel de consumo, a su turno, ocasiona cambios en las variables digestivas como tasas de dilución (Tabla 9) y digestibilidad (Tabla 10).

La fibra se digiere en el rumen como resultado del proceso de fermentación en un 40% en promedio, mientras en el intestino delgado la digestibilidad es de alrededor del 5%. De esta observación resulta que entre el 80 y el 100% de la digestión total de la fibra se efectúa en el rumen. Sin embargo, la magnitud de la digestión de la fibra y sus componentes depende de varios factores, como el tipo de

fibra, relación de componentes, nivel de ingestión y procesamiento y balance de la dieta.

La proteína cruda de la dieta se digiere en un 60% en promedio en el rumen (36,44), y el 40% escapa sin alteración. La proteína degradada se convierte en amoníaco y éste es incorporado en un 90% en proteína microbial si la cantidad disponible no es excesiva. Teniendo en cuenta que solamente el 64% de la proteína cruda bacterial es utilizable en el intestino en comparación con el 87% de la proteína que escapa, la mayor proporción de escape sugiere mayor eficiencia en la utilización de la proteína. De la interacción entre el escape y la síntesis microbial surge una disponibilidad de proteína metabolizable del 75% de la proteína cruda dietética. Esta cantidad está afectada por las características de la proteína, el nivel de ingestión, el tipo de dieta y la composición de la dieta.

La cantidad de proteína en la dieta juega un papel muy importante. Si ésta es alta, la producción de amoníaco en el rumen es mayor y la proteína metabolizable desciende a un 30% o menos de la proteína cruda total.

FACTORES QUE MODULAN LA DIGESTION EN EL RUMEN

Considerando el rumen como un gran tanque de fermentación provisto de reguladores ideales para el control de condiciones tales como temperatura, agitación y eliminación de subproductos de capacidad inhibidora, se encuentra una gama amplia de posibilidades tanto naturales como artificiales de cambiar los productos de fermentación, de acuerdo a condiciones de necesidad específica. La actividad microbial en el rumen tiene una gran capacidad normalizadora. De esta manera las diferencias en composición que suelen existir entre componentes dietéticos y entre regímenes alimenticios se minimizan en el rumen. El producto de la fermentación que se presenta para digestión y absorción en el intestino delgado resulta bastante homogéneo especialmente en cuanto a perfiles de aminoácidos aunque los imbalances sean notorios en la dieta.

POSIBILIDADES PRACTICAS DE MANIPULACION DE LA FERMENTACION RUMINAL.

Dada la presión creciente por utilizar cada vez mejor los recursos alimenticios, se han estudiado diversos mecanismos para cambiar los patrones de fermentación en el rumen

y para obtener mayor beneficio en los componentes de la dieta.

Los fenómenos de escape y desvío de nutrientes, la relación forraje/concentrado, el tamaño de partícula de la ración, el uso de agentes tamponizantes , y el uso de aditivos depresores o estimulantes de la actividad microbial son mecanismos comúnmente utilizados para mejorar la eficiencia productiva de los rumiantes.

DESVIO Y ESCAPE DE NUTRIENTES

Los fenómenos de escape y desvío han recibido atención en los últimos años.

El escape se caracteriza por la resistencia natural o artificial de los componentes dietéticos a la degradación bacterial, mientras que el desvío (bypass) es un fenómeno asociado con la funcionalidad de la gotera esofágica para conducir la dieta líquida del esófago al abomaso directamente. Tanto el escape como el desvío de la proteína están siendo utilizados en diversas partes del mundo (32,43) para incrementar la eficiencia productiva de los rumiantes.

Ambas son herramientas útiles no solamente en lo referente a la eficiencia protéica sino de otros componentes dietéticos como los carbohidratos (Tabla 11) y los lípidos (27).

El nivel de ingestión influye sobre el flujo de proteína metabolizable en forma directa. A mayor nivel de ingestión de materia seca se ha observado incremento considerable en el flujo de proteína al duodeno proximal (53). Una tendencia similar se observa en el almidón. Aunque al aumentar la ingestión de éste y por lo tanto aumentar su escape al intestino delgado, la actividad de la α amilasa pancreática aumenta al igual que el flujo de las secreciones pancreáticas. Estos incrementos en actividad enzimática y flujo no son lineales con los incrementos en flujo de almidón, por lo cual su digestibilidad desciende.

MODULADORES DE LA FERMENTACION

El uso de tampones en las dietas de novillas y vacas lecheras ha mostrado efectos bastante favorables en producción (Tablas 12,13,14) en estudios realizados en Colombia (39) y en el exterior (7,29). El efecto de los agentes tampones está asociado con el favorecimiento de las

condiciones de la actividad celulolítica (Tabla 15) mediante cambios en pH (23). Los aditivos con acción directa sobre la actividad microbiana como los agentes ionóforos han tenido amplia aceptación en ganado de cría, levante y ceba. El descubrimiento de estos agentes y su utilización en las dietas para rumiantes ha constituido uno de los más destacados avances de la investigación en microbiología del rumen y se ha comercializado en forma profusa.

Estos agentes, usados tradicionalmente como anticoccidiostatos en avicultura, han mostrado efectos muy positivos en el incremento del nivel de propionato, el decrecimiento de la proteólisis y la depresión de la metanogénesis en el rumen. Estos cambios en el metabolismo ruminal han repercutido en mayor eficiencia en la utilización del alimento por rumiantes en crecimiento.

Los agentes ionóforos (monensin, lasalocid, salinomina, narasina, y compuestos asociados) son producidos por cepas de *Streptomyces*. Su acción general como aditivos en el alimento se puede describir como promotores de la mejor utilización de compuestos energéticos y nitrógeno en el rumen y como depresores de desórdenes clínicos como acidosis,

timpanismo, dispepsias coccidiales y enfisema pulmonar agudo.

El principal efecto sobre compuestos energéticos en el rumen es el incremento en las concentraciones y proporciones molares de propionato y descensos en los niveles de acetato (Tabla 16). Estos cambios se observan asociados en menores pérdidas de carbono en forma de metano. Rowe et.al. (40) calculan que alrededor de 20% más energía metabolizable se encuentra disponible para el rumiante cuando se adiciona monensin a la dieta.

El efecto de los agentes ionóforos sobre la disminución en la degradación protéica en el rumen y el mayor escape de nitrógeno no amoniacal de origen dietético se ha demostrado en varios estudios (24,38). En datos resumidos por Bergen y Bates (9) se observa un escape de proteína dietética entre el 37% y el 55% superior al control en dietas con adición de monensin. Sin embargo, la respuesta animal a la suplementación con monensin en dietas basadas en nitrógeno no protéico ha sido pobre (Tabla 17). La disminución en la incidencia de acidosis láctica en dietas altas en concentrados y utilizadas comúnmente en engorde de

novillos (31) así como la disminución en la incidencia de timpanismo en el ganado (25) y la reducción de las coccidias en el intestino (11) son efectos bastante importantes de los ionóforos en la alimentación de los rumiantes en crecimiento y acabado.

La acción de los ionóforos en las células bacteriales consiste en la supresión de la fuerza motriz de protones y la disminución del gradiente de Na^+ , el cual se infiltra en las células aumentando la concentración intracelular. Esta acción va acompañada de la reducción intracelular de la cantidad de ATP presente. El elevado flujo de Na^+ , en las células parece ser la causa de la ruptura de los esporozoitos de coccidia. Así, se puede generalizar, que la acción de los ionóforos como transportadores de protones es la disipación del gradiente de protones existente entre el medio interno de la bacteria y el medio que la rodea, induciendo así cambios en las vías metabólicas de las mismas.

La respuesta animal al suministro de ionóforos en la dieta se manifiesta en la reducción de la ingestión de materia seca en un 10% en promedio, con ganancias de peso

iguales o superiores al control. El efecto del ionóforo es variable de acuerdo a la concentración utilizada (Tabla 18).

Analizando datos sobre efectos del monensin en respuesta animal en experimentos que involucraron 16.000 cabezas de ganado, Goodrich et.al., (19) concluyeron que el monensin, a una concentración promedio en la dieta de 32 mg/kg produce una reducción del 6.4% en el consumo de materia seca, un incremento del 1.6% en la ganancia de peso en un 7.5%. En pastoreo el efecto de los ionóforos es mayor que el obtenido con dietas basadas en grano (Tablas 19 y 20). Se ha observado incrementos de 17,5% en ganancia de peso, aunque no se tiene datos definitivos sobre consumo de alimento (45).

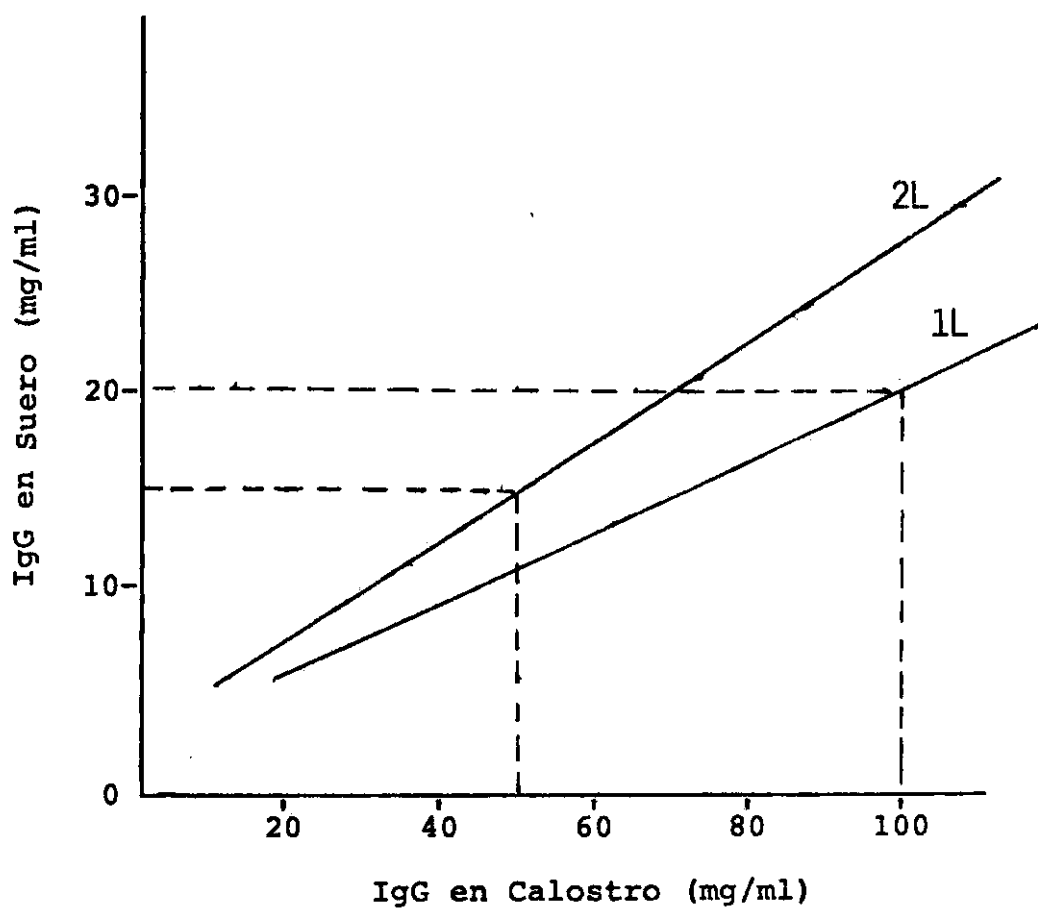
Los excesos sobre las cantidades diarias de ionóforo que producen rendimientos óptimos, pueden deprimir la actividad microbial de tal forma que no se presenta respuesta adicional y pueden, además presentar efectos tóxicos para el animal. Aunque estas circunstancias son poco comunes en situaciones de campo, el conocimiento sobre la toxicidad potencial de los ionóforos puede contribuir a evitar accidentes.

CONCLUSIONES

La información disponible sobre crecimiento, consumo de alimento, y digestión en rumiantes presenta una variedad de posibilidades para obtener mayor respuesta animal mediante la utilización adecuada de recursos alimenticios. El mayor entendimiento del funcionamiento del rumen y el tracto digestivo logrado en los últimos años se ha traducido en el desarrollo de técnicas que permiten hacer más eficiente la utilización de los nutrientes con fines productivos.

A pesar de que el rumen constituía un medio nivelador de la calidad de nutrientes en las dietas, y que por muchos años se consideró una barrera difícil de sobrepasar, se han ideado mecanismos que permiten cambiar sus patrones de fermentación y derivar productos acordes con los requeridos por el animal huésped. Los avances logrados en fisiología de microorganismos y el desarrollo de productos moduladores de la fermentación abre caminos muy promisorios para la industria pecuaria del futuro.

FIGURA 1



RELACION ENTRE LA CONCENTRACION DE IgG EN SUERO SANGUINEO Y EN CALOSTRO A LAS 24 HORAS DE EDAD EN TERNEROS.
Stott and Fellah, 1983.

TABLA 2
 EFECTO DE NIVELES ALTOS DE LACTOSA
 SOBRE EL CRECIMIENTO DE TERNERAS

ITEM	DIETAS		
LECHE (kg/día)	4	4	4
LACTOSA (g/día)	-	50	100
AGUA (m/día)	-	1020	2040
LACTOSA TOTAL (g/día)	200	250	300
INGESTION DE STARTER (kg MS/día)	0.38	0.32	0.24
GANANCIA (kg/día)	0.62	0.59	0.54
DIARREAS (X)	4.0	5.8	9.9

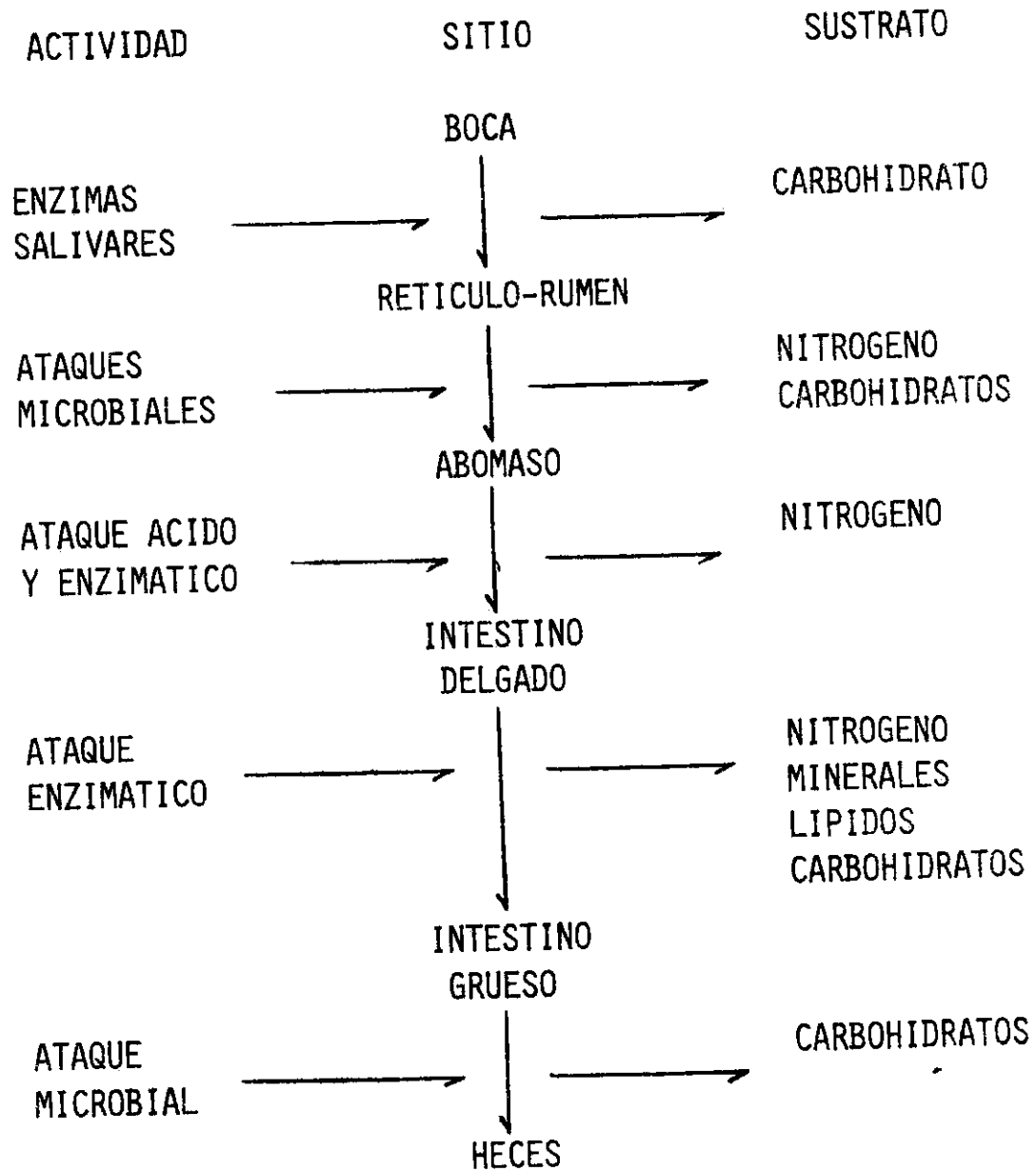
BARMORE et al., 1983

TABLA 3
 DIGESTIBILIDAD DE MATERIA ORGANICA EN OVEJAS
 SUPLEMENTADAS CON LACTOSA

	HENO DE ALFALFA	HENO DE ALFALFA + LACTOSA
DIGESTIBILIDAD (MO)	61	71
EN ESTOMAGO	39	46
INTESTINO DELGADO	13	18
INTESTINO GRUESO	9	7

Poncet et al., 1980

FIGURA 2



ESQUEMA DE LOS PRINCIPALES SITIOS DE DIGESTION EN EL RUMIANTE ADULTO.

TABLA 4

VARIACION DIARIA DE CARACTERISTICAS RELACIONADAS CON
LA ALIMENTACION Ad libitum EN BOVINOS

	Ingestion de M. S.	Tiempo en Consumo Rumia	Tasa de Ingestion	Eficiencia de Rumia	Eficiencia de Masti- cacion	Tiempos de Ciclos de Rumia	
Heno de Forraje ¹	5.2	9.7	8.3	10.5	9.8	7.4	3.3
Forraje Pelletizado ²	6.1	11.6	21.9	13.8	26.7	14.9	4.5

¹ Medias de 6 Experimentos

² Medias de 4 Experimentos

M. S. Materia Seca.

Remond, datos no publicados.

TABLA 5
 EFECTO DEL EJERCICIO SOBRE LA INGESTION DE HENO
 Y EL TIEMPO DE RUMIA EN OVINOS

ITEM	TRATAMIENTO		
	EJERCICIO	DESCANSO	EXPERIMENTO
INGESTION DE HENO (Kg/d)	0.88	1.14	1
	0.92	0.97	2
	1.2	1.3	3
TIEMPO EN RUMIA (min)	420	492	1
TIEMPO COMIENDO (min)	274	338	1

Welch et al., 1983

TABLA 6
 EFECTO DE LA LONGITUD DE LA PARTICULA EN EL
 ALIMENTO SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE
 VACAS HOLSTEIN

ITEM	TRATAMIENTO		
	HENO ENTERO	HENO PICADO	HENO PELLETIZADO
INGESTION DE MATERIA SECA (% Peso Vivo)	3.7	3.8	3.7
LECHE (kg/d)	34	35	36
GRASA EN LECHE (%)	3.5	3.5	2.9
TIEMPO MASCANDO (min/d)	704	668	219

Shaver et al., 1984

TABLA 7
 EFECTO DEL ESTADO FISIOLÓGICO DEL ANIMAL
 SOBRE EL CONSUMO DE FORRAJE EN OVINOS

MES	ESTADO FISIOLÓGICO	INGESTION (g/kg PM)	RUMIA (min/día)	CONSUMO (min/día)
JUNIO	CONTROL (67 kg)	59	327	316
	LACTANCIA (57 kg) dos corderos de 15 días	93	529	371
JULIO	CONTROL (58 kg)	51	473	249
	LACTANCIA (51 kg) dos corderos de 45 días	109	567	276

Theriez et al., 1979

TABLA 8

SITIOS DE DIGESTION DE DIFERENTES COMPONENTES DIETETICOS
EN VACAS LECHERAS

SITIO	COMPONENTE		
	MATERIA ORGANICA ¹	FDA ¹	NITROGENO ¹ α-GLUCOSIDOS ²
RUMEN	54-71	42-50	19-37
INTESTINO DELGADO	23-33	0-10	61-72
INTESTINO GRUESO	6-11	2-18	2-9

78

14

8

¹Merchen y Satter, 1983; Pena y Satter, 1983.

²Russell et al., 1981a.

TABLA 9
 VARIABLES RUMINALES EN OVEJAS ALIMENTADAS CON
 HENO DE ALFALFA O DE PASTO AZUL ORCHORO
 A DOS NIVELES

ITEM	DIETAS			
	AA	AB	PAA	PAB
CAPACIDAD DE RUMEN (LITROS)	6.8	6.5	5.7	6.4
DILUCION DE LIQUI- DO, h ⁻¹	0.07	0.03	0.07	0.04
DILUCION DE SOLI- DOS, h ⁻¹	0.07	0.06	0.07	0.05
RETENCION, h	15	18	15	19

AA = Alfalfa (90% ad libitum); AB = Alfalfa
 (60% ad libitum); PAA = Pasto Azul Orchoro
 (90% ad libitum); PAB = Pasto Azul Orchoro
 (60% ad libitum).

Varga y Prigge, 1982.

TABLA 10
 DIGESTIBILIDAD DE α -GLUCOSIDOS Y ALMIDON A
 CUATRO NIVELES DE INGESTION DE ENERGIA METABOLIZABLE

ITEM	DIETAS					
	HENO DE ALFALFA			MAIZ		
	1M	1M	3M	1M	2M	3M
INGESTION DE MS (kg)	7.7	8.7	10.6	8.7	10.5	10.6
INGESTION DE α -GLUCOSIDOS (kg)	0.35	2.1	6.1	2.1	4.4	6.1
DIGESTIBILIDAD (%)	94	82	77	82	77	77
INGESTION DE ALMIDON (kg)	0.25	2	6	2	4.3	6
DIGESTIBILIDAD (%)	91	81	76	81	76	76

Russell et al., 1981a.

TABLA 11

EFFECTO DEL NIVEL DE INGESTION SOBRE EL ESCAPE DE
NUTRIENTES DIETETICOS AL INTESTINO DELGADO

ITEM	INGESTION, %PV		
	0.9	1.35	1.8 2.25
INGESTION N, g	60	89	119 149
FLUJO AL INTESTINO DELGADO			
N TOTAL, g/d	65	96	135 134
N BACTERIAL, g/d	24	33	49 55
N DIETETICO, g/d	36	52	78 71
DIGESTION DE ALMIDON, %	83	75	65 59

Kojima et al., 1984.

TABLA 12

CONSUMO DE ALIMENTO Y GANANCIA DE PESO DIARIA DE
 NOVILLAS HOLSTEIN ALIMENTADAS CON HENO DE
 KIKUYO (*Pennisetum clandestinum*) Y ENSILAJE DE
 MAIZ (*Zea mays*)

VARIABLE	TRATAMIENTO		
	HENO DE KIKUYO	ENSILAJE DE MAIZ	
	0	1.25% NaHCO ₃	0 1.25% NaHCO ₃
CONSUMO DE MATERIA SECA (kg/día)	7.6	7.3	7.7 8.2
GANANCIA DE PESO (kg/día)	0.75	0.76	1.08 1.24
EFICIENCIA	10.1	9.6	7.1 6.6

Ramirez et al., 1980

TABLA 13
 EFECTO DEL CLORURO DE CALCIO Y EL BICARBONATO DE
 SODIO SOBRE INGESTION DE ALIMENTO,
 GLUCOSA EN SANGRE, Y PRODUCCION DE VACAS HOLSTEIN

	TRATAMIENTO	
	Control de Calcio	Bicarbonato de Sodio
INGESTION DE MATERIA SECA (kg)	17.9	12.6
INGESTION DE AGUA (l)	79	82
GLUCOSA EN SANGRE (mg/100 ml)	45	43
LECHE (kg)	18	17
GRASA EN LECHE (%)	3.6	3.5
		3.8

Escobosa et al., 1984.

TABLA 14

EFFECTO DEL BICARBONATO DE SODIO SOBRE
CONSUMO DE ALIMENTO Y PRODUCCION DE LECHE

VARIABLE	RELACION FORRAJE:GRANO		
	50:50	75:25	50:50 75:25
	BICARBONATO DE SODIO		
	0	0	1.2 1.2
CONSUMO DE MATERIA SECA (kg)	20	19	20 22
% DE PESO VIVO	3.0	2.7	2.9 3.3
PRODUCCION DE LECHE (kg)	23	22	25 24
GRASA EN LECHE (%)	2.8	3.2	3.5 3.8

Snyder et al., 1983

TABLA 15
 EFECTO DE TAMPONES SOBRE LA DIGESTION DE ALMIDON
 Y CELULOSA In vitro UTILIZANDO SUSTRATOS DE FORRAJE

ITEM	TRATAMIENTO			
	Control Negativo	Fosfato de Calcio Dibásico	Carbonato de Calcio	Bicarbonato de Sodio
DIGESTION DE ALMIDON (%)	60 ^d	46 ^e	63 ^d	74 ^f
DIGESTION DE CELULOSA (%)	27 ^d	16 ^e	16 ^e	39 ^f
CONCENTRACION DE ACIDOS GRASOS VOLATILES (mM)				
ACETATO	50 ^{de}	39 ^e	52 ^{de}	73 ^{f9}
PROPIONATO	16 ^{de}	11 ^f	20 ^{d9}	23 ^h
BUTIRATO	11 ^{de}	8 ^g	10 ^e	9 ^{ef}

d,e,f,g,h (P < 0.05)

Hall and Thomas, 1984

TABLA 16

ACIDOS GRASOS VOLATILES EN CORDEROS
ALIMENTADOS CON DOS FUENTES DE
PROTEINA CON Y SIN LASALOCID

ITEM	UREA	SOYA		PR	
		-L	+L	-L	+L
ACETATO	40	47	43	37	36
PROPIONATO	14	16	17	11	17
BUTIRATO	5	7	5	6	5

Paterson et al., 1983

TABLA 17

RESPUESTA DE GANADO DE ENGORDE SUPLEMENTADO CON
 PROTEINA VERDADERA O NNP A LA ADICION DE
 MONENSIN EN LA DIETA

PROTEINA	GANANCIA/DIA		CONSUMO DE MS	
	CONTROL	MONENSIN	CONTROL	MONENSIN
PREFORMADA	0.67	0.77	6.83	6.86
NNP	0.55	0.52	6.93	6.94

kg

Hanson y Klopfenstein, 1979

TABLA 18
 INFLUENCIA DE LA CONCENTRACION DE MONENSIN SOBRE
 EL COMPORTAMIENTO DE GANADO DE ENGORDE EN CONFINAMIENTO

ITEM	CONCENTRACION DE MONENSIN (ppm)				
	0	11	22	33	44
NUMERO DE ANIMALES	875	361	521	757	209
INGESTION MONENSIN (mg/d)	0	102	197	286	375
GANANCIA (kg/d)	1.08	1.13	1.10	1.08	1.06
EFICIENCIA ALIMENTICIA	8.5	8.4	8	7.8	7.7

Goodrich et al., 1984

TABLA 19

COMPORTAMIENTO DE NOVILLOS EN PASTOREO
SUPLEMENTADOS CON DOS FUENTES DE PROTEINA

ITEM	SIN SUPLEMENTO	SOYA		PR	
		-L	+L	-L	+L
NOVILLOS	10	10	10	10	10
PESO INICIAL, kg	210	209	212	211	211
GANANCIA, g	0	429	495	476	514

Paterson et al., 1983

L = LASALOCID.

TABLA 20

COMPORTAMIENTO DE GANADO EN PASTOREO
SUPLEMENTADO CON MONENSIN

ITEM	CONTROL	MONENSIN
No. ANIMALES	456	458
PESO INICIAL, kg	243	243
GANANCIA, g/d	609	691

Goodrich et al., 1984 (Resumen de
datos)

BIBLIOGRAFIA

1. AMMERMAN, C.B., C.F. CHICCO, J.E. MOORE, P.A. VAN and L. R. ARRINGTON. 1971. Effect of dietary magnesium on voluntary feed intake and rumen fermentation. *J. Dairy Sci.* 54:1288.
2. ARNOLD, G.W. 1964. Grazing experience in early life and subsequent performance in sheep. CSIRO. Division of Plant Industry Field Station Record. 3:13.
3. ARNOLD, G.W. and J.L. HILL. 1972. Chemical factors affecting selection of food plants by ruminants In: Harbone, J.B., Ed. *Ann. Proc. Phytochemical Society.* Academic Press, London.
4. BAE, HO DONG, J.G. WELCH and B.E. GILMAN. 1983. Mastication and rumination in relation to body size of cattle. *J. Dairy Sci.* 66:2137.
5. BARMORE, J.A., A.R. HARDIE, and N.A. JORGENSEN. 1983. Detrimental effects of high lactose intake from post-colostrum feeding to weaning. *J. Dairy Sci.* 66 (Suppl. 1): 194.
6. BELL, F.R. and H.H. WILLIAMS. 1959. Threshold values for taste in monozygotic twin calves. *Nature (London)* 183:345.
7. BERGEN, W.G. 1972. Role of osmolality in feed intake control in sheep. *J. Anim. Sci.* 34:1054.

8. BERGEN, W.G. and M.T. YOKOYAMA. 1977. Productive limits to rumen fermentation. J. Anim. Sci. 46:573
9. BERGEN, W.G. and D.B., BATES. 1984. Ionophores: Their effect on production efficiency and mode of action. J. Anim. Sci. 58:1465.
10. BRUMBY, P.J. 1959. The grazing behaviour of dairy cattle in relation to milk production, live weight, and pasture intake. N.Z.J. Agric. Res. 2:797.
11. CALHOUM, M.C, B.C. BALDWIN, Jr. and G.W. WOLFROM. 1983. The effect of the polyether antibiotic lysocellin on the performance of growing-finishing lambs. XVII Conference on Rumen Function. Chicago, IL. p. 3.
12. DEMARQUILLY, C. and J.P. DULPHY. 1977. Effect of ensiling on feed intake and animal performance. Proceedings of an International Meeting on Animal Production from Temperature Grassland. Dublin, Irish Grassland Society.
13. DULPHY, J.P., B. REMOND, and W. THERIEZ. 1982. Ingestive behaviour and related activities in ruminants. In: Ruckebush, Y. and P. Thivend. Digestive physiology and metabolism in ruminants. Avi., Westport, Connecticut. p. 103.
14. ESCOBOSA, A., C.E. COPPOCK, L.D. ROWE, W.L. JENKINS, and C.E. GATES. 1984. Effects of dietary sodium bicarbonate and calcium chloride on physiological responses of lactating dairy cows in hot weather. J. Dairy Sci. 58:574.

15. FREER, M., CAMPLING, R.C. and BALCH, C.C. 1982. Factors affecting the voluntary intake of food by cows. 4. The behaviour and reticular motility of cows receiving diets of hay, oat straw and oat straw with urea. *Brit. J. Nutr.* 16: 279.
16. FREER, M. and R.C. CAMPLING. 1965. Factors affecting the voluntary intake of food by cows. 7. The behaviour and reticular motility of cows given diets of dried grass, concentrate and ground pelleted hay. *Br. J. Nutr.* 19: 195.
17. GILL, J., R.C. CAMPLING, and D.R. WESTGARD. 1966. A Study of chewing during eating in the cow. *Br. J. Nutr.* 20:13.
18. GOATCHER, W.D. and D.C. CHURCH. 1970. Taste responses in ruminants. III. Reactions of pigmy goats, normal goats, sheep and cattle to sucrose and sodium chloride. *J. Anim. Sci.* 31:364.
19. GOODRICH, R.D., J.E. GARRET, D.R. GAST, M.A. KIRICK, D.A. Larson, and J.C. Mieske. 1984. Influence of Monensin on the performance of cattle. *J. Anim. Sci.* 58: 1484.
20. HALL, M.W. and E.E. Thomas. 1984. Effect of selected dietary buffers upon utilization of concentrate or roughage-based cattle diets: Laboratory studies. *J. Anim. Sci.* 59: 227.

21. ANCORCK, J. 1954. Studies of grazing behaviour in relation to grassland management. I. Variations in grazing of dairy cattle. J. Agric. Sci. 44:420.
22. HANSON, T.L. and Klopfenstein. 1979. Monensin, protein source and protein levels for growing steers. J. Anim. Sci. 48: 474.
23. HEROD, L.E., R.M. Bechtle, E.E. Bartley, and A.D. DAYTON. 1978. Buffering ability of several compounds in vitro and the effect of selected buffer combination on ruminal acid production in vivo. J. Dairy Sci. 61: 1114.
24. ESICHEI, C.O. and W.G. BERGEN. 1980. The effect of monensin on the composition of abomasal nitrogen flow in steers fed grain and silage rations. J. Anim. Sci. 51 (Suppl. 1) : 371.
25. KATZ, M.P., T.G. NAGARAJA. E.E. BARTLEY, and E.E. PRESSMAN. 1982. Effect of rumensin in legume bloat in cattle. Kansas. Agr. Exp. Sta. Rep. of Prog. 413 p. 52.
26. KING, K.J. and D.J. Schingoethe. 1982. Lactase activity in steers fed large amounts of dried whole wey. J. Dairy Sci. 65 (Suppl. 1): 153.
27. KOJIMA, Y., A. L. GOETSCH, K. OKANO, F.N. OWENS, C. KANTZ, and K. Poling. 1984. Effect of feed intake on the site of digestion in dairy steers fed a high concentrate diet. J. Anim. Sci. 57 (Suppl. 1): 447.

28. MARTEN, G.C. 1978. The animal-plant complex in forage palatability phenomena. *J. Anim. Sci.* 46: 1470.
29. MCARTHY, F.D., W.G. BERGEN, and D.R. HAWKINS. 1979. Protein sparing effect and performance of growing finishing steers fed monensin. *J. Anim. Sci.* 49 (Suppl. 1): 79.
30. MERCHEN, N.R. and L.D. SATTER. 1983. Changes in nitrogenous compounds and sites of digestion of alfalfa harvested at different moisture contents. *J. Dairy Sci.* 66: 789.
31. NAGARAJA, T.G., T.B. AVERY, E.E. BARTLEY, S.K. ROOF, A.D. DAYTON. 1981. Prevention of lactic acidosis in cattle by lasalocid or monensin. *J. Anim. Sci.* 53: 206.
32. ORSKOV, E.R., D. BENZIE, and R.N.B. KAY. 1970. The effects of feeding procedure on closure of the esophageal groove in young sheep. *Brit. J. Nutr.* 24: 785.
33. PATERSON, J.A., B.M. ANDERSON, D.K. BOWMAN, K.L. MORRISON, and J.E. WILLIAMS. 1983. Effect of protein source and lasalocid on nitrogen digestibility
34. PEÑA, F. 1982. El rumen: Aspectos de Fisiología y Metabolismo Microbiológico. Bogotá, Instituto Colombiano Agropecuario. 78 p.

35. PEÑA, F. and L.D. SATTER. 1983. Site and extent of digestion of solvent extracted and expeller processed cottonseed meals in lactating Holstein cows. J. Anim. Sci. 57(Suppl. 1): 459.
36. PEÑA, F., H. TAGARI, and L. D. SATTER. 1983. Effect of heat treating whole cottonseed on rumen degradation and flow of protein to the small intestine in Holstein cows. J. Dairy Sci. 66 (Suppl. 1): 200.
37. PONCET, C. and Y. RAYSSIGUIER. 1980. Effect of lactose supplement on digestion of lucerne hay by sheep I. Sites of organic matter and nitrogen digestion J. Anim. Sci. 51: 180.
38. POOS, M.I., L. HANSON, and T.J. KLOPFENSTEIN. 1979. Monensin effects on diet digestibility, ruminal protein bypass and microbial protein synthesis. J. Anim. Sci. 48: 1516.
39. RAMIREZ, GLORIA de, F. PEÑA y N. URBINA. 1980. Utilización de bicarbonato de sodio en dietas de ensilaje de maíz y heno de kikuyo en el levante de novillas Holstein. ICA, Programa de Ganado de Leche, Informe de Progreso. 1980. p. 45.
40. ROWE, J.B. A. DAVIS, and A.W.J. BROME. 1981. Quantitative changes in the rumen fermentation associated with feeding monensin. Proc. Nutr. Soc. 41: 3A.

41. RUSSELL, J.R., A.W. YOUNG, and N.A. JORGENSEN. 1981 a. Effect of dietary corn starch intake on ruminal, small intestinal, and large intestinal starch digestion in cattle. *J. Anim. Sci.* 52: 1170.
42. RUSSELL, J.R., A.W. YOUNG, and N.A. JORGENSEN. 1981 b. Effect of dietary corn starch intake on pancreatic amylase and intestinal maltase and pH in cattle. *J. Anim. Sci.* 52: 1177.
43. SATTER, L.D., L.W. WHITLOW and G.L. BEARDSLEY. 1977. Resistance of protein to rumen degradation and its significance to rumen degradation and its significance to the dairy cow. *Proc. Distillers Feed Res. Conf.* 32, 63.
44. SATTER, L.D. and R.E. ROFFLER. 1975. Nitrogen requirement and utilization in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 58: 1219.
45. SCHELLING, G.T. 1984. Monensin mode of action in the rumen. *J. Anim. Sci.* 58: 1518.
46. SHAVER, R.D., N.A. JORGENSEN, and L. D. SATTER, 1984. Digestion of high quality alfalfa hay of three particle lengths by lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 67 (suppl 1): 114.
47. SNYDER, T.J., A. ROGERS, and L.D. MULLER. 1983. Effects of 1.2% sodium bicarbonate with two ratios of corn silage: Grain on milk production, rumen fermentation, and nutrient digestion by lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 66: 1290.

48. STOTT, G.H., D.B. MARX, B.E. MANEFFEE, and G.T. NIGHTEN-
GALE. 1979. Colostral immunoglobulin transfer in
calves. II. The rate of absorption. J. Dairy Sci.
62: 1766.
49. STOTT, G.H. and A. FELLAH. 1983. Colostral immunoglo-
bulin absorption linearly related to concentration
for calves. J. Dairy Sci. 66: 1319.
50. THERIZ, M.,G. BECHET, and G. MOLENAT. 1979. Ingesti-
ve behaviour of sheep at pasture. 30 th Annual
Meeting of the European Association for Animal Pro-
duction, Harrogate, England.
51. VARGAS, G.A. and E.C., PRIGGE. 1982. Influence of fo-
rage species and level of intake on ruminant turnover
rates. J. Anim. Sci. 55: 1498.
52. WELCH, J.G., L.S. BULL, R.H. PALMER, and B.E. GILMAN.
1983. Hay intake and rumination in exercised sheep
J. Dairy Sci. 66(Suppl. 1): 191.
53. ZINN, R.A. and F.N. OWENS. 1980. Influence of roughage
level and feed intake level on digestive function.
Okla. State Agr. Exp. Res. Rep. MP 107-150.