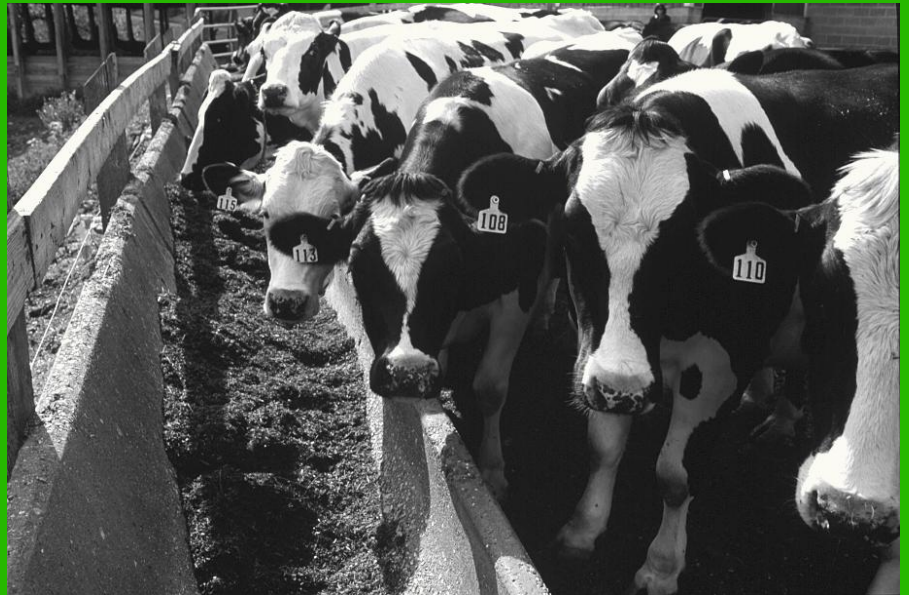


De La Alimentación a La Leche: Comprendiendo la Función del Rumen

PARTE 2



PENNSTATE



Carbohidratos

Cuando los hidratos de carbono, tanto estructurales (fibra detergente neutro) y no estructurales (azúcares y almidones), experimentan la fermentación microbiana, producen ácidos grasos volátiles (AGV). Los principales AGV en orden descendiente de abundancia son acético, propiónico, butírico, isobutírico, valérico, isovalérico, y rastros de varios otros ácidos. Los AGV pueden proporcionar hasta un 80 por ciento de las necesidades energéticas del animal.

El ácido acético puede constituir entre un 50 y un 60 por ciento del total de AGV. Predomina en una dieta alta en forraje. El acetato es utilizado para la síntesis de ácidos grasos y es el principal precursor de la lipogénesis en el tejido adiposo. Parte del acetato se utiliza también para el metabolismo muscular y la grasa corporal. La producción de niveles adecuados en el rumen es esencial para mantener cantidades apropiadas de materia grasa en la leche.

Los niveles de ácido acético pueden disminuir si se produce una falta de fibra efectiva en la ración. Esto puede ocurrir también cuando se alimenta con una dieta alta en concentrado o una dieta alta en almidón tratado con calor como es el caso de granos peleteados, hojuelados o roleados al vapor. La alta ingesta de aceite puede también bajar el ácido acético.

El ácido butírico proporciona energía a la pared del rumen y constituye de un 12 a 18 por ciento del total de AGV. En gran parte es convertido a cetonas durante la absorción a través del epitelio ruminal. El ácido beta hidroxibutírico (AB_HB) representa más del 80 por ciento de las cetonas. AB-HB es utilizado para la síntesis de ácidos grasos en las células lipídicas y tejidos de la glándula mamaria.

La proporción de AGV está muy influenciada por la dieta y el estado de la población metanogénica del rumen. A pesar de las grandes oscilaciones en la población microbiana y las diferencias en la ingesta de alimento, la proporción de AGV ruminales son bastante estables entre las dietas que varían de altas tasas de forraje a las altas en concentrado. Sin embargo, las proporciones ruminales de AGV son en gran parte dependientes del pH.

En general, a medida que la tasa de forraje a concentrado disminuye, la tasa del acetato al propionato también decrece (Tabla 6).

Tabla 6. Efecto de la ración de forraje a concentrado en las proporciones de ácidos grasos volátiles en la vaca lactante			
RACION DE FORRAJE	Tasas Molares, %		
	ACETATO	PROPIONATO	BUTIRATO
A CONCENTRADO			
100:00	71.4	16.0	7.9
75:25	68.2	18.1	8.0
50:50	65.3	18.4	10.4
40:60	59.8	25.9	10.2
20:80	53.6	30.6	10.7

Source: Physiology of Digestion and Metabolism in the Ruminant, ed. A.T. Phillipson. Newcastle-upon-Tyne, England: Oriel Press, 1970, p. 422.

Como los niveles de celulosa y hemicelulosa se incrementan en comparación con los niveles de carbohidratos y almidón, la tasa de acetato a propionato tiende también a aumentar. Sin embargo, la producción de AGV de un determinado sustrato, como la celulosa o el almidón varía con la composición de la dieta (Tabla 7). A pesar de

celulosa y hemicelulosa son digeridos por lo general de manera simultánea en los forrajes, los productos finales producidos pueden variar dependiendo de la dieta.

Tabla 7. Características de fermentación ruminal estimadas.				
SUSTRATO	Razón de Carbohidratos convertido a^b			
	DIETA^a	ACETATO	PROPIONATO	BUTIRATO
Carbohidratos Solubles ^c	F	0.69	0.20	0.10
	C	0.45	0.21	0.30
Almidón	F	0.59	0.14	0.20
	C	0.40	0.30	0.20
Hemicelulosa	F	0.57	0.18	0.21
	C	0.56	0.26	0.11
Celulosa	F	0.66	0.09	0.23
	C	0.079	0.06	0.06

Source: Murphy, M. R., R. L. Baldwin, and L. J. Koong. 1982. Estimation of stoichiometric parameters for rumen fermentation of roughage and concentrate diets. J. Animal Sci. 55:411-421.

a F=dietas base forrajes; C=dietas que contienen mas de un 50 por ciento de un concentrado en base a cereales.

b Las proporciones no suman 100, ya que no se consideraron los isoácidos.

c La fracción de carbohidratos solubles incluye los ácidos orgánicos y las pectinas en este análisis.

Nota: La tasa de acetato a propionato resultante de la fermentación de la hemicelulosa en una dieta alta en forraje fue de 3.2, pero solo 2.2 cuando se fermentó en una dieta alta en granos. La relación de acetato a propionato en la fermentación de la celulosa también varió según la dieta, 13.1 para la dieta de forraje y 7.3 para la dieta base granos, siendo mucho mayor que la producida por la hemicelulosa.

La gran mayoría de los AGV son absorbidos pasivamente a través de la pared ruminal. Esta continua extracción de AGV por medio de la absorción en el retículo-rumen es importante para mantener un pH ruminal estable. La eliminación de los productos ácidos es también importante para el continuo crecimiento de organismos celulolíticos. AGV que permanecen en la digesta ruminal, pasan desde el rumen hasta el tracto inferior y son absorbidos por el omaso y el abomaso.

La tasa de absorción de AGV del rumen se ve influenciada por el largo de la cadena de ácidos individuales y pH ruminal. El incremento de la longitud de la cadena de ácidos resulta en el aumento de las tasas de absorción en el siguiente orden: butirato mayor que el propionato mayor que el acético. Un pH inferior y el consiguiente aumento en la proporción de ácidos en el rumen favorecen una absorción más rápida.

La absorción neta de AGV que alcanzan la sangre depende de la concentración en el rumen y la cantidad usada por la pared del rumen. Las tasas de utilización por parte de la pared del rumen son mayores para butirato → propionato → acetato. Como resultado de la alta concentración en el rumen y la baja tasa de utilización por la pared del rumen, el acetato entra en la sangre en la mayor cantidad, seguido por el propionato. Muy poco butirato entra en la sangre debido a la menor cantidad en el rumen y mayor cantidad metabolizada por la pared del rumen.

El ácido láctico es importante cuando el almidón es una parte de la dieta y es él mismo fermentado a acetato, propionato y butirato. El lactato, cuando está presente, es absorbido directamente a través de la pared del rumen. El ácido láctico no se acumula en gran medida en el ganado lechero que ha sido alimentado nutricionalmente con raciones sanas que son manejadas adecuadamente. Si la introducción gradual de granos se pone en práctica, las bacterias que utilizan lactato desarrollarán y permitirán sólo un aumento transitorio en la acumulación de ácido láctico tras la ingesta de una dieta alta en carbohidratos fácilmente fermentables. Los problemas surgen

cuando se alimenta con grandes cantidades de almidón o concentrados de cereal. El lactato total en casos graves puede constituir entre un 50 a un 90 por ciento del total de ácidos ruminales. La absorción de grandes cantidades de ácido láctico a través de la pared ruminal hacia la sangre produce acidosis sistémica y da como resultado que los animales pierdan el apetito, desarrollen laminitis y tengan un mal rendimiento general.

Proteína

Otra función importante de los microbios del rumen es la síntesis de la proteína microbiana. El valor biológico de la proteína microbiana es de 66 a 87 por ciento. La proteína de la dieta puede ser mejorada o reducida en su valor biológico por los microbios del rumen, dependiendo de la calidad de proteína que se está entregando.

La mayoría de las bacterias del rumen pueden utilizar nitrógeno amoniacal como una fuente de nitrógeno. Algunas especies de bacterias requieren compuestos adicionales de nitrógeno tales como proteína intacta o cadenas de carbono de ciertos aminoácidos para un crecimiento más eficaz o rápido.

El amoníaco es derivado en el rumen a través de la degradación microbiana de la proteína y el nitrógeno no proteico de la dieta, de la hidrólisis de la urea reciclada hacia el rumen y de la degradación de proteína cruda microbiana. El amoníaco del rumen desaparece de éste en diferentes formas, tales como la incorporación del nitrógeno por los microbios, su absorción a través de la pared del rumen y su salida hacia el omaso.

El amoníaco que no es capturado por los microbios es directamente absorbido a través de la pared del rumen. La tasa de absorción depende del pH del ambiente en el rumen y la concentración de amoníaco. La absorción es rápida a un pH de 6.5 ó superior. Disminuye casi a cero a un pH de 4.5. La absorción de amoníaco se incrementa a medida que aumenta a concentración ruminal. Indicios de toxicidad con amoníaco incluyen concentración ruminal de amoníaco por sobre los 100 mg/dl, pH ruminal sobre 8 y concentraciones plasmáticas de amoníaco sobre 2 mg/dl.

La sustitución proteína vegetal o de origen animal por fuentes de nitrógeno no proteico en la dieta, tales como urea, puede reducir los costos de la suplementación de proteínas. La urea es degradada por los microbios a amoníaco, el cual puede ser utilizado para la síntesis microbiana produciendo proteína microbiana. Los microbios también pueden utilizar nitrógeno no proteico en raciones ensiladas y otros alimentos. Durante el proceso de ensilaje la proteína se degrada, produciendo amoníaco, aminas, amidas y nitratos, que pueden ser utilizados como fuentes de nitrógeno por los microbios del rumen.

El animal rumiante depende de la proteína microbiana sintetizada en el rumen y de la proteína de la dieta que se salva de la digestión en el rumen para su abastecimiento de aminoácidos. La proteína microbiana es alta en calidad, compitiendo con la proteína animal y excediendo a muchas de las proteínas vegetales en el contenido de aminoácidos esenciales. Sin embargo, los microbios del rumen no pueden producir todos estos aminoácidos esenciales requeridos para el crecimiento de los animales y los elevados niveles de producción de leche.

Los aminoácidos son absorbidos y utilizados en el intestino delgado. La mayoría de los aminoácidos son utilizados en las síntesis de proteínas del cuerpo, tales como músculo y proteínas de la leche. Algunos aminoácidos, especialmente aquellos que provienen de las reservas de proteínas en el tejido corporal, pueden ser utilizados para conservar los niveles de glucosa en la sangre y satisfacer las necesidades de energía.

Lípidos

Los microbios del rumen modifican rápida y extensamente las dietas lipídicas. La hidrólisis en el rumen ocurre rápidamente después de la ingestión. El metabolismo microbiano de galacto-lípidos (encontrados en las hojas de

plantas) y los triglicéridos (encontrados en semillas) se inicia con su hidrólisis. Las porciones de glicerol y galactosa son fácilmente fermentadas en AGV. Los ácidos grasos liberados son neutralizados por el pH del rumen y se adhieren a las superficies de las bacterias y partículas de alimento. Los microbios del rumen no pueden utilizar los ácidos grasos como una fuente de energía y su uso está limitado a la incorporación de células y propósitos de síntesis. Tras la separación de los lípidos, los microbios son responsables de la biohidrogenación, o la adición de hidrogeno a los ácidos grasos con doble enlace. Ejemplo de ello sería la hidrogenación de ácido oleico y ácido esteárico.

Vitaminas

El rumen también funciona en la síntesis de vitaminas del complejo B y vitamina K. Esto hace que la vaca lechera sea menos dependiente de fuentes de alimentación. Si la ingesta de cobalto es adecuada, entonces por lo general es suficiente la vitamina B₁₂. Los complementos adicionales de niacina o vitamina B₁₂ pueden mostrar una respuesta en producción, aún cuando algunas veces sólo en vacas de alta producción que están bajo estrés.

Conceptos Nutricionales Básicos detrás de la Alimentación del Ganado Lechero

Los rumiantes son excelentes recicladores. Ellos consumen alimentos fibrosos y subproductos de deshecho que no son aptos para consumo humano y animales mono gástricos, y los convierten en alimentos nutritivos como la carne y la leche. La Tabla 8 muestra una lista de fuentes que son utilizadas por los rumiantes.

CULTIVOS FORRAJEROS	SUBPRODUCTOS DE CULTIVOS	SUBPRODUCTOS DE ALIMENTOS	SUBPRODUCTOS DEL PROC. DE FIBRAS	SUBSTITUTOS PROTÉICOS	SUBPRODUCTOS DE ORIGEN ANIMAL
Legumbres	Paja	Subp. Maíz	Corteza de madera	Urea	Harina de Sangre
Pastos	Tallos de Maíz	Bagazo de Manzana	Papel	Amoniaco anhydro	Harina de Carne
Ensilaje de Maíz	Vainas de porotos	Coseta	Cartón		Harina de Hueso
Granos pequeños	Vainas de guisantes	Orujo de cebada	Cascara de pepa de algodón		Harina de Plumas
Sorgo - Sudan		DDGS	Pelón de almendra		Harina de pescado
		Cascara de Soya			
		Subp. De molinería			
		Subp. De panadería			

El terreno que no es apto para el cultivo de alimentos para consumo humano puede ser utilizado para cultivar forraje para rumiantes. Los forrajes perennes y anuales, tales como la alfalfa y el ensilaje de maíz, son de bajo costo y fuentes eficaces de nutrientes.

Con el fin de que los rumiantes utilicen estas diversas fuentes de alimentación, se deben seguir determinadas reglas básicas de nutrición a fin de asegurar un rendimiento óptimo. Los principales conceptos tienen relación con el tamaño de las partículas de alimentación, las fracciones de hidratos de carbono estructurales y no estructurales, y las fracciones de proteínas proporcionadas por los distintos alimentos.

La fibra efectiva adecuada es necesaria para el correcto funcionamiento del rumen. Las raciones que se dan con partículas de forraje con insuficiente longitud llevan a que las vacas empleen menos tiempo rumiando, lo que disminuye el volumen de saliva producida y conduce a un tamponamiento insuficiente con un bajo pH en el rumen.

Cuando el pH del rumen cae por debajo de 6.0, el crecimiento de los organismos celulolíticos puede reducirse, lo que permite un aumento en la población de microorganismos que producen propionato. Esto puede causar una disminución en la tasa de acetato a propionato y resultar potencialmente en un porcentaje inferior de grasa de leche.

El tamaño de las partículas es importante, especialmente en la utilización del forraje y conservación de una buena estera de fibra en el rumen. Una estera de fibra es esencial para asegurar el crecimiento adecuado y la actividad de microbios, lo cual deriva en el incremento de los AFV, especialmente acetato, y la producción de proteína microbiana. La Tabla 9 ilustra la influencia que el tamaño de las partículas puede tener en la función ruminal y los parámetros de producción.

Tabla 9. Alimentación, conducta ruminal, pH del rumen, ácidos grasos volátiles, promedio producción leche, y composición de la leche influenciados por el tamaño de partículas de la ración			
ITEM	Ración		
	Fina	Media	Gruesa
Alimentación, min./24hr	195.3	204.4	204.7
Rumia, min./24hr	374.4 ^a	466.3 ^b	530.7 ^c
Tiempo total mascando, min./24hr	569.7 ^a	670.7 ^b	735.4 ^c
pH	5.3 ^a	5.9 ^b	6.0 ^b
AGV, molar %			
Acético	58.33 ^c	61.24 ^d	61.82 ^d
Propiónico	22.34 ^c	20.16 ^{c, d}	19.46 ^d
Leche actual, lb/día	69.3	70.6	68.4
% LCG, lb/día	60.5 ^a	66.6 ^{b, c}	64.9 ^{a, c}
Grasa en leche, %	3.0 ^a	3.6 ^{b, c}	3.8 ^c
Proteína en leche, %	3.0	3.0	3.1

Source: Grant et al. 1990. Milk fat depression in dairy cows: Role of silage particle size. J. Dairy Sci. 73:183442.

Nota: Raciones formuladas en una relación 55:45 ensilaje:concentrado, conteniendo ensilaje de alfalfa, maíz grano humedo, minerales y vitamins. Las cuchillas de la cosechadora fueron ajustadas a largo de corte teórico de 3/8 pulgada y con una maya repicadora de 3 pulgadas para el ensilaje fino. El largo de corte teórico de 3/8 de pulgada produjo un ensilaje de partículas gruesas. La mezcla física de 1:1 (peso seco) de ambos ensilajes dio como resultado el largo intermedio de la partícula en la ración media.

a, b, c, d Las medias en la línea con sobrescritos difieren significativamente.

La alimentación con una ración de forraje de partículas reducidas aumentará la ingesta de materia seca, disminuirá la digestibilidad, y se traducirá en un menor tiempo de retención de sólidos en el rumen. Las raciones con partículas pequeñas de forraje inicial entrarán en el rumen a un tamaño aún menor después de masticarse y tragarse, por lo tanto, dejarán el rumen a mayor velocidad. El resultado es un aumento en la tasa de recambio del rumen lo que permite un aumento de la ingesta de materia seca, pero debido a que la tasa de pasaje es más rápida, hay menos tiempo disponible para que los microbios digieran el alimento.

Además de la longitud de las partículas de forraje, el contenido de fibra en la dieta es importante. La fibra es necesaria para proporcionar cantidades adecuadas de carbohidratos complejos para disminuir la digestibilidad y controlar la acidez en el rumen. La fibra detergente ácido y la fibra detergente neutro (FDA,FDN) son las principales fracciones de fibra que son utilizadas en la formulación de raciones. Para animales de alta producción, de lactancia temprana, las recomendaciones son de 18 a 20 por ciento de FDA y de 28 a 30 por ciento de FDN en la ración total de materia seca. El nivel de FDN del forraje y la longitud de la partícula de forraje en la dieta desempeñan un rol importante en la determinación de fibra efectiva en la dieta. Sin embargo, no toda la fibra es de igual valor en la ración. Ver Carbohidratos (p. 23) para información en profundidad sobre el FDN del forraje y sobre los hidratos de carbono no estructurales.

La digestibilidad de la fibra variará dependiendo de la fuente. Por ejemplo, la fibra contenida en los ingredientes de algunos subproductos puede ser más digerible y más rápidamente digerida que la de un forraje con el mismo contenido de fibra. La fibra de un forraje de baja calidad puede que no sea digerida adecuadamente. Sin embargo, los forrajes que son demasiado inmaduros pueden carecer de fibra adecuada y pueden ser digeridos con demasiada rapidez.

El modo en que los granos son preparados puede tener un efecto considerable tanto en el ambiente del rumen como en la vaca. El tamaño de las partículas de los granos, tales como grano molido, granos gruesos, laminados u hojuelados al vapor pueden afectar la digestibilidad del grano y de la ración total. Mientras más fina es la molienda de un grano de cereal, más se expone el endospermo del grano, lo que permite el fácil ataque de los microbios del rumen.

El tipo de procesamiento térmico influye en la disponibilidad del almidón (Tabla 10).

Tabla 10. Diferencias en la proporción de la digestión ruminal de almidones, afectados por las fuentes y el proceso.					
PROCESO	Porcentaje de digestión en el Rumen				
	AVENA	TRIGO	CEBADA	MAIZ	SORGO
Ensilado, alta humedad, (Molido fino)	99	99	98	85	-
Roleado al vapor (Hojuel delgada)	99	98	97	86	84
Ensilado, alta humedad (Molido grueso)	-	-	-	82	80
Seco, molido fino	94	93	91	78	72
Seco, molido medio	89	88	87	74	68
Seco, molido grueso	79	78	77	65	61
Seco, grano entero	-	-	-	60	-

Source: H. H. Van Horn and C. J. Wilcox, ed. 1992. Nonstructural and structural carbohydrates.
In: Large Dairy Herd Management. Management Services, American Dairy Science Association, Champaign, Ill., p 222.

Esto está asociado con la gelatinización y la ruptura de los gránulos de almidón como se ve, por ejemplo, en hojuelas al vapor. El método de procesamiento de grano, la cantidad de concentrado dado y el nivel de carbohidratos no estructurales (CNE) en la ración total en base materia seca, tienen una tremenda influencia en el rendimiento del animal.

Es necesario que exista un balance entre la pared celular (FDN) y los contenidos de la célula (CNE) para maximizar la producción, además de conservar la salud del animal.

La fibra efectiva es necesaria en la dieta para proporcionar una estera de fibra y la reducción de la disponibilidad de hidratos de carbono para evitar la baja del pH ruminal. Los CNE o azúcares y almidones son necesarios para proporcionar energía fácilmente disponible para los microbios del rumen y para el animal. Formular las raciones desviadas demasiado hacia una dirección o la otra puede ir en perjuicio de la vaca lechera.

El principal objetivo en equilibrar FDN y CNE es controlar el pH del rumen. El rango óptimo de pH es de 5.8 a 6.4 para la síntesis de proteína microbiana y vitaminas del complejo-B. Este rango de pH puede ser algo superior o inferior durante cortos períodos de tiempo a lo largo del día, especialmente en sistemas de alimentación convencionales. El pH ruminal normalmente fluctúa menos cuando las vacas son alimentadas con una ración mezclada total.

Existen varias formas de controlar el pH, tal como la entrega adecuada de fibra efectiva y la distribución equilibrada de nitrógeno proteico, concentrado, fibra y minerales en el rumen. Gran parte del resultado final del nivel diario de pH ruminal y la fluctuación está determinado por el sistema de alimentación y las prácticas de manejo de la alimentación. En sistemas de alimentación convencionales (aquellos en que el forraje y los granos son entregados separadamente), la implementación de una estrategia de alimentación es esencial para eliminar los puntos altos y los bajos en el pH ruminal. Algunas recomendaciones comunes son la alimentación con heno anterior a los concentrados, la alimentación con forrajes y concentrados con alto contenido de proteína cercanos a la alimentación con comida alta en energía y entregar los concentrados más de dos veces al día.

Los buffers pueden ayudar a controlar el pH del rumen. El bicarbonato de sodio es el buffer alimenticio más ampliamente utilizado. Las raciones que más se benefician con los buffers son aquellas que contienen un gran porcentaje de silo de maíz y/o maíz de alta humedad, y forrajes bajos en fibra.

Además de un buen equilibrio entre las fracciones de hidratos de carbono, es necesario que exista un equilibrio entre la proteína ruminal degradable y la proteína bypass para satisfacer las necesidades de aminoácidos de vacas de alta producción. La ingesta de proteína bypass o no degradable (PND) debería variar entre un 35 y un 40 por ciento para la lactancia temprana y para una alta producción de leche (sobre 36 litros de leche por día). Prestando mucha atención al perfil de los aminoácidos de las fuentes de proteína bypass, ayudará a proporcionar los aminoácidos esenciales en la dieta. Sin embargo, equilibrar las PND por sí solas no es recomendable. La adecuada proteína degradable es necesaria para que haya suficientes niveles de amoníaco en el rumen para satisfacer las necesidades de nitrógeno de los microbios.

A fin de que los rumiantes funcionen adecuadamente, el nutricionista debe conocer a qué sustratos son sensibles los microbios del rumen de modo que se puedan evitar al momento de formular las raciones. Los microbios del rumen son sensibles tanto a los niveles excesivos como a los niveles deficientes de proteínas, amoníaco, urea, y el tipo y nivel de grasa en la ración. Los niveles de minerales, especialmente calcio, fósforo, azufre, magnesio, cobre, zinc y cobalto, pueden causar problemas cuando son ya sea muy alto o muy bajo.

El material anormalmente fermentado puede alterar los AGV y el ácido láctico en el rumen. Esto está más propenso a ocurrir si el pH o los contenidos de humedad del material se encuentran fuera del rango óptimo. El uso de alimento echado a perder por moho, putrefacción y micotoxinas, puede menguar la producción e incrementar la incidencia de desplazamiento del abomaso.

El agua puede tener un efecto sobre los microorganismos ruminales especialmente cuando existe una fuerte contaminación bacteriana, con metales o altas concentraciones minerales tales como el cloruro. El agua que es extremadamente ácida o alcalina puede crear también problemas. Puede que sea necesario enviar muestras de agua para su análisis para comprobar la existencia de anomalías, especialmente cuando las raciones sobre el papel parecen estar equilibradas pero las vacas no están respondiendo adecuadamente.

Ingesta de Materia Seca y su Efecto en las Vacas

El principal objetivo en el manejo de la alimentación es que las vacas aumenten la ingesta de materia seca. Con este incremento debieran venir mayores niveles de producción de leche. A fin de que esto suceda, es necesario prestar gran atención a la energía, digestibilidad de la ración, capacidad ruminal, la palatabilidad, temperatura, peso corporal del animal, condiciones de alimentación, el medio ambiente, ventilación, frecuencia de la alimentación, ingesta y calidad del agua. El establecimiento de niveles óptimos en cada categoría debiera resultar en una óptima ingesta de materia seca.

La mayoría de las vacas en lactancia comerán para satisfacer sus necesidades de energía si se les entrega una ración equilibrada y sana. Sin embargo, las vacas que producen sobre 39 litros de leche a menudo no pueden comer lo suficiente como para satisfacer sus necesidades de energía. Estas pueden utilizar las reservas de energía corporal, en mayor parte grasa, para compensar al menos en parte la deficiencia de energía. Una libra de grasa corporal puede ser utilizada para producir eficazmente de 3 a 4 litros de leche, dependiendo de la prueba de grasa.

Las vacas de alta producción debieran estar en buena condición corporal antes de que sean secadas. La Tabla 11 proporciona el rango recomendado de puntajes de condición corporal para las distintas fases de la lactancia.

Tabla 11. Puntajes objetivo para distintos momentos en la lactancia utilizando la escala de condición corporal de 5 puntos.	
ESTADO DE LACTANCIA	PUNTAJE CON. CORPORAL
Vacas en parto	3+ a 4 -
Lactancia temprana	3 - a 3
Lactancia Mediana	3
Lactancia tardía	3 a 3+
Vaca preñada seca	3+ a 4 -
Source: Body-condition Scoring as a Tool for Dairy Herd Management. Penn State Extension Circular 363.	

Cada cambio de puntaje representa 55 a 70 kilos de ganancia o pérdida de peso corporal. Se debería evitar la obesidad porque las vacas estarán más susceptibles a perder el apetito, cetosis, dificultades en el parto, y a infecciones tales como la mastitis y metritis. Los animales con baja producción y de lactancia tardía consumirán en ocasiones más alimento del necesario para satisfacer sus necesidades de energía, por ello la condición corporal de estos animales debiera ser seguida detenidamente también. Las vacas secas pueden consumir el doble de sus necesidades si se les permite comer a voluntad.

Cuando la digestibilidad de la ración es muy baja, los animales normalmente no pueden comer lo suficiente para satisfacer sus necesidades de nutrientes. Si la densidad de energía en la dieta es inferior a .66 Mcal ENI, entonces puede resultar imposible que las vacas de alta producción puedan satisfacer sus requerimientos de energía.

Algunas raciones que son relativamente altas en digestibilidad pueden ser consumidas en menores cantidades dado que las necesidades de energía pueden ser logradas con una menor ingesta. Las raciones de alta calidad para el ganado lechero de alta producción debieran contener alrededor de .74 Mcal ENI. Las raciones que contienen demasiado concentrado y no suficiente forraje y fibra efectiva, pueden de hecho reducir la ingesta, la producción de leche, la prueba de grasa y pueden afectar la salud desfavorablemente. La digestibilidad de la ración también se puede ver disminuida por el incorrecto equilibrio de nutrientes. El forraje de baja calidad es la causa más frecuente de la reducción de la ingesta y el rendimiento, más que la carencia de energía en la porción de la ración de concentrado. La preparación inadecuada del forraje y el grano puede disminuir la digestibilidad, el rendimiento y, en ocasiones, la ración total de ingesta de materia seca.

Cuando se alimenta con raciones de baja digestibilidad, se llena rápidamente la capacidad del rumen. Estas raciones son digeridas lentamente y, en menor grado, salen del rumen lentamente. Cuando se completa la capacidad del rumen, se envía una señal al tronco cerebral para frenar la ingesta como parte del proceso general de regulación de la ingesta.

El uso de bicarbonato de sodio o sesquicarbonato a .80 por ciento en la ración total de materia seca puede aumentar la digestibilidad al elevar el pH ruminal. Esto puede llevar a una mayor ingesta de materia seca. Un aumento en la producción de leche y /o test de grasa se puede observar cuando se entregan estos aditivos.

La palatabilidad es también una preocupación, especialmente en los sistemas de alimentación convencionales. Ciertos alimentos y aditivos pueden bajar las ingestas de concentrados cuando son entregados convencionalmente en comparación con una ración mezclada total (RMT). Por ejemplo, las mezclas de proteína de origen animal pueden tener que ser limitadas en la mezcla de granos utilizados en una ración convencional en comparación con los altos niveles que pueden ser entregados en una RMT. Algunas especies y variedades de forraje son menos palatables que otros y puede que deban ser restringidos.

Tanto las condiciones de alimentación como las condiciones ambientales pueden limitar la ingesta. Cuando el clima supera los 18° C y tiene un 5% de humedad, la ingesta de materia seca y a menudo la producción de leche y el test de la grasa pueden disminuir. Una baja considerable en el consumo total de materia seca puede ocurrir a 26° C y 80% de humedad. Por consiguiente, existe un efecto estacional en la ingesta de materia seca en que el mayor consumo ocurre usualmente durante el tiempo frío y el menor consumo ocurre durante el tiempo de calor y humedad. La calidad del forraje y el contenido energético de los concentrados así como los niveles de densidad de la proteína, minerales y fibra efectiva necesitan generalmente ser incrementados durante los meses de verano. Las áreas de alimentación o de alojamiento que están escasamente ventiladas pueden incrementar la humedad y el calor posibilitando los malos olores, tales como el amoníaco, el que al concentrarse, puede ocasionar una disminución en el consumo dado que los animales emplean menos tiempo en esas áreas.

La ingesta de materia seca se puede reducir cuando el aumento de temperatura, la putrefacción y el moho se presentan en alimentos ensilados o RMT. Esto puede minimizarse si se remueven los alimentos ensilados desde el silo con demasiada anticipación al momento de la alimentación. Las comidas ensiladas que han experimentado una fermentación anómala pueden reducir las ingestas. La presencia de ciertas toxinas, tales como micotoxinas, alcaloides y taninos, pueden causar problemas. A fin de minimizar sus efectos sobre el rendimiento, alimente con mayor frecuencia a lo largo del día, especialmente durante el verano, para mantener la comida fresca y fuera del calor. Evite la utilización de alimentos perjudiciales en las vacas lecheras, especialmente de lactancia temprana o vacas de alta producción.

El incremento de la frecuencia de alimentación puede no ser necesario cuando se alimenta con una ración balanceada que es manejada adecuadamente. Sin embargo, la alimentación con una frecuencia mayor de una a tres veces por día puede ser necesaria en muchas situaciones para alcanzar la ingesta de materia seca esperada de la ración total, utilización de la comida y producción.

El consumo de agua y la calidad son a menudo pasados por alto como factores importantes que afectan la ingesta de materia seca. A fin de que los animales reciban una provisión de agua limpia y abundante, los bebederos deberían funcionar adecuadamente para permitir un consumo adecuado. La calidad química y bacteriana debería ser revisada de ocasionalmente en caso de posibles contaminantes.

Una ración equilibrada posibilitará una adecuada digestibilidad, buena ingesta de materia seca y utilización satisfactoria del alimento. Una ración debería ser desarrollada teniendo en mente los niveles rentables de producción de leche. Además de equilibrar los distintos nutrientes, no se deben desconocer los aspectos físicos de la ración, tales como el forraje mínimo requerido, máximos niveles de concentrado a alimentar, fibra efectiva y palatabilidad.

PARTE II: Alimentos y Nutrientes para el Ganado Lechero

Muchos alimentos diferentes o combinaciones de alimentos se pueden utilizar exitosamente en raciones para el ganado lechero. Los ingredientes de los alimentos proporcionar fuentes de nutrientes, fibra y el tamaño de partículas necesario para una normal digestión, metabolismo y rendimiento. Dado que los alimentos varían en costo y contenido de nutrientes, se debe utilizar un buen criterio en el proceso de selección. El tipo, fuente y nivel de forrajes, forraje tosco, concentrados, minerales, vitaminas y otros aditivos en la dieta deben ser considerados cuando se trata de satisfacer los requerimientos de nutrientes de la vaca.

Los forrajes son cultivos perennes y anuales plantados para su uso como pradera, para corte directo, henilaje, ensilado o heno que ha sido cosechado en la longitud adecuada. Estos contienen importantes niveles de proteína, fibra, energía y vitaminas A y E. Si los cultivos han sido secados al sol, el alimento puede también contener importantes niveles de vitamina D.

Los forrajes toscos son cultivos o excedentes de proceso de partículas de tamaño adecuado que son altos en fibra, relativamente bajos en contenido energético y carecen de vitaminas liposolubles A, D y E. Los cereales de paja, tallos de maíz, cáscaras de semilla de algodón, mazorcas de maíz y orujos de manzana son forrajes toscos comunes.

Los concentrados son granos de cereales y subproductos de alimentos que contienen relativamente altos niveles de energía. Generalmente, el tamaño de las partículas de los concentrados es más fino que aquellas en los forrajes cosechados adecuadamente. La Tabla 12 muestra la clasificación de ingrediente de alimentos de uso común.

Tabla 12. Clasificación de ingredientes para concentrados		
PC	PND	PS
> 40%	> 45% DE PC	> 30% DE PC
Gluten de Maiz	Harina de Sangre	Gluten de Maiz
Urea	Gluten de Maiz	Pep de algodón
Poroto de soya crudo	Harina de pescado	Afrechos de trigo
Afrecho de Canola	Mezcla de proteínas animales	Poroto de soya crudo
Afrecho de pepa de algodón	Orujo de cebada	Urea
Poroto de soya tratado term.	DDGS	
Afrecho de soya (44% o 48%)	Poroto de soya tratado term.	
CNE	GRASA	FDN
>55%	>18%	>35%
Subproductos de molinería	Chocolate	Coseta
Cebada	Subproductos de molinería	Gluten de Maiz
Sorgo	Poroto de soya crudo	DDGS
Cebada	Pepa de algodón	Afrechos de trigo
Maiz	Subproductos de dulces	Orujo de cebada
Avena	Sebo	Pepa de algodón
Trigo	Poroto de soya tratado term.	Cascara de soya
Semola de maiz		
Source: Concentrates for Dairy Cattle. Penn State Dairy and Animal Science Extension Fact Sheet 94-06.		
PC = proteína cruda; PND = Proteína no degradable; PS = Proteína soluble; CNE = carbohidratos no estructurales; FDN = Fibra detergente neutra. Todos los valores están en base a materia seca.		

La dieta de una vaca lechera está usualmente compuesta de varios ingredientes de alimentos que pueden ayudar a satisfacer sus requerimientos de nutrientes. Sin embargo, ningún nutriente es más importante que el otro y un exceso o deficiencia de uno o más nutrientes puede limitar el rendimiento. Saber qué nutrientes forman parte de la provisión de ingredientes para una ración ayudará a optimizar la utilización de alimento. Las principales categorías de nutrientes importantes para las raciones de ganado lechero son carbohidratos, grasas, proteínas, minerales, vitaminas y agua. Aún cuando la fibra no es un nutriente por definición, desempeña un papel importante en la digestión y debe ser considerada al momento de formular las raciones.

Carbohidratos

Los carbohidratos son la principal fuente de energía para los rumiantes y pueden ser divididos en dos partes, estructurales y no estructurales. La parte estructural de la planta es el material de la pared celular y es analíticamente definida como la fibra de detergente neutro (FDN). La FDN se compone de celulosa, hemicelulosa, lignina y una porción de la pectina. La ingesta de forraje se puede estimar usando FDN al momento de formular las raciones. La fibra de detergente ácido (FDA) es otro valor de fibra informado que solamente contiene celulosa y lignina. Los rumiantes son incapaces de digerir la lignina, de esta manera mientras que el contenido de lignina de un alimento es mayor, su digestibilidad será inferior. Estos carbohidratos complejos son digeridos más lentamente y a menudo digeridos en forma menos completa que los carbohidratos no estructurales. Los carbohidratos simples o no estructurales (CNE) se componen de los contenidos de las células, incluyendo azúcares, almidones, pectinas, cadenas cortas de sustancias similares a la celulosa (β -glucanos), y en productos ensilados, los ácidos producto de la fermentación. El CNE no es un valor que se puede lograr químicamente pero que se puede estimar por diferencia como [100- (CP + FDN + extracto etéreo + ceniza)]. Este tipo de carbohidratos es altamente digerible en comparación con el FDN. Aún cuando las pectinas y β -glucanos son parte de la pared celular, están incluidos en la porción de CNE dado que son fermentados rápidamente y fáciles de digerir (Tabla 13).

Tabla 13. Fracciones de Carbohidrato para algunos forrajes comunes e ingredientes de alimentos					
INGREDIENTE	BASE MS%	% de Carbohidratos No estructurales			
		AZUCAR	ALMIDON	PECTINAS Y GLUCANOS	ÁCIDOS GR. VOL.
Henilaje de alfalfa	23.0	0.0	40.9	33.0	26.1
Ensilaje de pradera	17.2	35.4	15.2	49.4	0.0
Ensilaje de maíz	4.3	0.0	71.3	0.0	28.7
Cebada	61.8	9.1	81.7	9.2	0.0
Maiz grano	71.4	20.0	90.0	0.0	0.0
Semola de maíz	59.9	8.9	80.4	10.7	0.0
Avena	42.4	4.4	9.6	0.0	0.0
Trigo	73.8	8.9	80.2	10.9	5.2
Maiz grano humedo, mazorca	70.8	0.0	94.8	0.0	0.8
Maiz grano humedo, grano	75.9	0.0	97.2	0.0	0.0
Canola	25.8	11.4	45.6	43.0	0.0
Destilados	10.3	0.0	100.0	0.0	0.0
Gluten feed	24.7	3.7	71.2	25.1	0.0
Gluten de maíz	17.3	0.0	69.4	30.6	0.0
Cascara de Soya	14.1	18.8	18.8	62.4	0.0
Afrecho de soya, 44%	34.4	25.0	25.0	50.0	0.0
Afrechos de trigo	31.2	10.0	90.0	0.0	0.0

Source: Adapted from T. Miller, J. Grimmett, and W. Hoover, West Virginia University, 1993.

La cantidad de carbohidratos estructurales y no estructurales en una ración puede tener un alto impacto en la producción y la salud si no es adecuadamente balanceada en la ración. La división de las fracciones de carbohidratos entre las especies de plantas, especialmente leguminosas y gramíneas, es diferente y puede afectar el alcance y la tasa de digestión.

Al comparar las leguminosas y las gramíneas de similar madurez, las leguminosas son generalmente superiores en lignina e inferiores en FDN. Las gramíneas tienden a ser superiores en hemicelulosa y FDN. El rango para la celulosa es bastante similar entre los dos tipos de forraje (Tabla 14).

Tabla 14. Partición de la fibra en varios forrajes						
FORRAJE	% MS	% Base Materia Seca, %				
		FDA	FDN	HEMICELULOSA	CELULOSA	LIGNINA
Henilaje de leguminosa	56a	34	44	10	27	7.4
	51-62	30-38	36-51	5--14	23-30	5.7-9.0
Ensilaje de leguminosa	37	39	47	8.9	31	7.7
	30-43	33-44	40-55	4.1-13.6	22-34	5.3-10.0
Henilaje mezclado mayormente leguminosas	55	37	48	11.5	29	7.8
	51-60	31-42	40-56	5.7-17.3	25-33	4.3-11.4
Ensilaje mezclado mayormente leguminosas	35	39	52	13.4	32	6.8
	27-42	35-42	45-59	7.8-18.9	29-35	5.4-8.3
Henilaje mezclado mayormente gramíneas	59	38	54	15.7	31	7.7
	52-65	34-43	46-62	10.8-21	27-34	5.5-9.9
Ensilaje mezclado mayormente gramíneas	36	39	56	17.0	33	6.9
	28-45	35-44	50-63	44896	29-36	4.7-9.0
Ensilaje de gramíneas	31	41	62	21	24	6.4
	21-41	37-44	55-68	15-27	31-37	4.0-7.8
Ensilaje de Maíz	33	26	45	19	23	2.8
	25-40	22-30	38-51	1523	19-27	2.2-3.5

Nota: Muestras del NEDHIC Forage Testing Lab, Ithaca, N.Y. Analisis realizado por J. B. Robertson, Department of Animal Science, Cornell University.
 a Media, una desviación estándar (rango indicado por el sobreado oscuro representa un 67% de las muestras recibidas) caerá entre estos valores.

Dado que las leguminosas tienden a tener un mayor contenido de lignina si se le compara con las gramíneas, existe menos FDN disponible para la digestión. Las leguminosas poseen una mayor tasa de digestión que las gramíneas y por consiguiente las ingestas son superiores con leguminosas forrajeras. La tasa de digestión es inferior para las gramíneas porque permanecen más tiempo en el rumen. Por consiguiente, la cantidad total de digestión es mayor en las gramíneas. La ingesta de materia seca del forraje, principalmente las gramíneas forrajeras puede ser restringida mientras se mantiene la adecuada ingesta de FDN del forraje (Tabla 15).