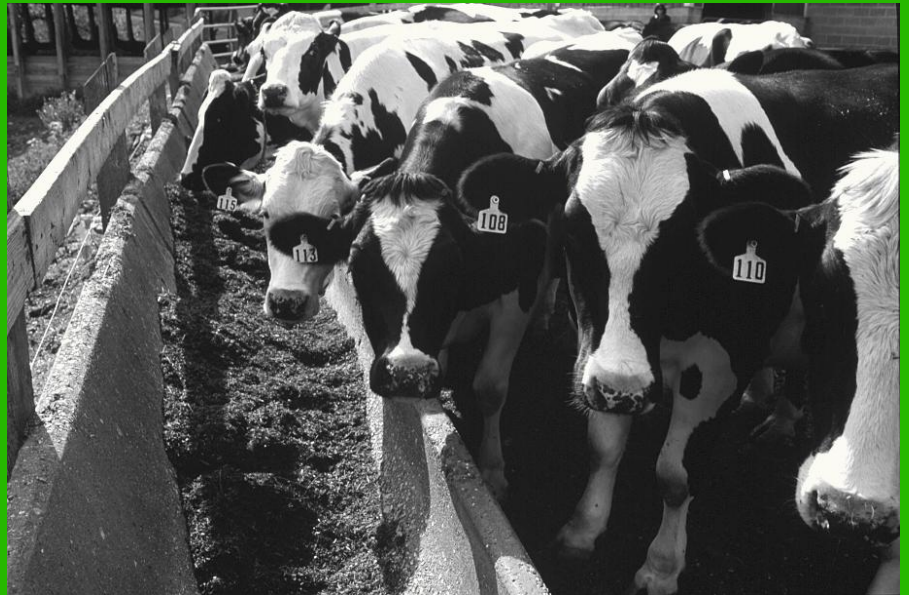


De La Alimentación a La Leche: Comprendiendo la Función del Rumen

PARTE 1



PENNSTATE



CONTENIDOS

Parte I: Antecedentes Básicos en Nutrición del Ganado Lechero	4
Fisiología del Rumen	4
Rumia y Producción de Saliva.....	7
Función del Rumen	8
Microbiología del Rumen	9
Digestión Microbiana en el Rumen	12
Carbohidratos	13
Proteínas.....	15
Lípidos.....	15
Vitaminas	16
Conceptos Nutricionales Básicos detrás de la Alimentación del Ganado Lechero	16
Ingesta de Materia Seca y su Efecto en la Vaca.....	19
Parte II: Alimentos y Nutrientes para el Ganado Lechero	22
Carbohidratos	23
Grasas	26
Proteínas.....	28
Energía	33
Minerales.....	35
Vitaminas	39
Agua	41
Lista de Figuras	
Figura 1. Resumen sobre la digestión y la absorción en el rumiante.....	6
Figura 2. Fermentación Ruminal como consecuencia de la adaptación a la regulación de pH.....	12
Figura 3. Alimento, Flujo de Nutrientes desde el Rumen, y Componentes de la Leche	12
Lista de Tablas	3

Preparado por Virginia Ishler, asistente de extensión el Departamento de Ciencia Animal y Lechera; Jud Heinrichs, Catedrático de Ciencia Animal y Lechera; y Gabriella Varga, Catedrática de Ciencia Animal.

Traducido por Emy Guzmán y Ricardo Ehrenfeld St., DVM, COOPRINSEM, con permiso de los autores.

Esta publicación fue posible gracias a un subsidio de Church & Dwight Co., Inc., fabricantes de ARM & HAMMER® ingredientes.

TABLAS

Tabla 1. Tasa de paso de alimentación para vacas en lactancia y vacas secas.....	5
Tabla 2. Efecto de la ración en la tasa de ingesta y en la producción de saliva.....	7
Tabla 3. Composición química de la saliva en el ganado.....	8
Tabla 4. Composición típica de los gases del rumen.....	9
Tabla 5. Agrupación de especies de bacterias en el rumen de acuerdo al tipo de sustratos fermentados.....	10
Tabla 6. Efecto de la relación forraje a concentrado en las proporciones de ácidos grasos volátiles en la vaca lactante.....	13
Tabla 7. Características estimadas de la fermentación del rumen.....	14
Tabla 8. Fuentes de Alimentos que son utilizados por los Rumiantes.....	16
Tabla 9. Alimentación, Conducta de la Rumia, pH ruminal, Ácidos Grasos Volátiles (VFA's), Promedio de la Producción de Leche, y Composición de la Leche bajo la influencia del Tamaño de la Partícula en la Ración.....	17
Tabla 10. Diferencias en magnitud de la digestión ruminal de almidones afectados por la fuente y el procesamiento.....	18
Tabla 11. Calificación objetiva para las diversas etapas de la lactancia usando la escala de condición corporal de 5 puntos.....	20
Tabla 12. Clasificación de ingredientes de los concentrados.....	22
Tabla 13. Fracciones de Carbohidratos para algunos forrajes comunes e ingredientes de alimentos.....	23
Tabla 14. División de la Fibra en varios forrajes.....	24
Tabla 15. Resumen para el forraje de fibra de detergente neutral (NDF) e ingesta de forraje de materia seca.....	25
Tabla 16. Guía de la composición de carbohidratos en las raciones para vacas lecheras de alta producción.....	26
Tabla 17. Perfil de Ácidos Grasos de varias fuentes de grasas de materias primas y productos especializados.....	28
Tabla 18. Proteína Cruda y Fracciones de Proteína en varios forrajes e ingredientes de alimentos.....	29
Tabla 19. Distribución promedio de las fracciones de proteína y nitrógeno en algunos alimentos.....	30
Tabla 20. Lista de aminoácidos esenciales y no esenciales.....	31
Tabla 21. Los perfiles esenciales de aminoácidos de la leche, bacteria ruminal, y alimentos.....	32
Tabla 22. Guía a la composición proteica en las raciones para vacas lecheras de alta producción.....	32
Tabla 23. Ecuaciones de regresión para estimar los valores energéticos de varios alimentos.....	34
Tabla 24. Cálculo de los valores ENM y ENG en el ganado.....	35
Tabla 25. Resumen de minerales en la ración lechera.....	37
Tabla 26. Guía de la composición mineral en raciones para vacas de alta producción.....	38
Tabla 27. Resumen de vitaminas liposolubles en la ración de vacas lecheras.....	40
Tabla 28. Guía a la composición de vitaminas en la ración de vacas lecheras de alta producción.....	40
Tabla 29. Necesidades de ingesta de agua según las edades de los grupos de ganado lechero, agua potable solamente.....	42
Tabla 30. Interpretación de un reporte sobre un análisis de agua.....	43

PARTE I: Antecedentes Básicos en Nutrición del Ganado Lechero

Los costos de alimentación representan el 45 a 60 por ciento del costo total de producción de leche. La clave para maximizar la rentabilidad del predio lechero es mantener los niveles de nutrientes mientras que los costos de alimentación se administran cuidadosamente. Cuando se alcanza una nutrición óptima, las vacas producirán leche de mejor calidad y en grandes cantidades. La salud general debería mejorar, resultando en un ahorro de los costos por honorarios veterinarios, crianza y también tratamiento con fármacos.

Un entendimiento básico de la nutrición animal en lo que se refiere a ganado lechero es esencial para un buen manejo del rebaño.

La alimentación adecuada de la vaca es compleja y requiere de una combinación de conocimiento científico, creatividad, y destrezas de manejo para equilibrar las necesidades de los microorganismos ruminales y las necesidades del animal.

Fisiología del Rumen

Aquello que hace únicos a los animales rumiantes es su estómago de cuatro compartimentos: el retículo, el rumen, el Omaso, y el abomaso. El retículo y el rumen son a menudo tratados juntos dado que son compartimentos adyacentes. El retículo es de hecho la más grande de las distintas bolsas del rumen. La digestión de los alimentos por microorganismos ocurre en ambos compartimentos del estómago.

El retículo, a menudo llamado, “la bolsa ciega”, es el primer compartimiento del estómago. Si la vaca consume metal u otro artículo más grande no digerible, la estructura de nido de abeja de las paredes del estómago actúa como un tamiz y evita que cualquier artículo vaya más allá en el tracto digestivo. El alimento que entra en el retículo es más tarde regurgitado y re masticado como parte del bolo alimenticio. El retículo puede contener hasta 9.5 litros de alimento sin digerir y alimento que está en proceso de digestión (digesta).

El rumen es un órgano muscular hueco. El rumen se desarrolla anatómicamente en tamaño, estructura y actividad microbiana a medida que la dieta del ternero cambia de leche líquida o sustituto de leche a alimentos secos o ensilaje. En el rumiante adulto, el rumen casi cubre por completo la totalidad del lado izquierdo de la cavidad abdominal.

El rumen es una cuba de fermentación que puede contener de 150 a 220 litros de material y es el centro de la actividad microbiana. Se estima que unos 150 mil millones de microorganismos por cucharilla están presentes en sus contenidos. Estos consisten en bacterias, protozoos y levaduras. Las bacterias requieren de un ambiente cálido, húmedo y sin oxígeno para su óptimo crecimiento. Este tipo de ambiente se mantiene naturalmente en el rumen con un rango de temperatura de 38 a 42° Celsius. Si las vacas son alimentadas con un adecuado balance de forrajes y granos, el pH debería oscilar entre 5.8 y 6.4, lo que permite el crecimiento de muchas especies de bacterias.

El omaso es denominado en ocasiones como “librillo” por los numerosos pliegues de tejido muscular. En el omaso, el tamaño de las partículas de la digesta es reducido, y cualquier exceso de agua es removido antes de

que la digesta entre en el abomaso. El omaso puede contener hasta 15 litros de digesta.

El cuarto compartimiento es el abomaso o “estómago verdadero”, en donde los ácidos y las enzimas digieren aún más la digesta de la vaca. Es la primera porción glandular verdadera del tracto gastrointestinal en donde las paredes del estómago secretan enzimas. Funciona en forma muy similar al estómago de muchos animales mono gástricos tales como el cerdo. Este compartimiento del estómago puede contener aproximadamente 19 litros de material. El tiempo en que esta digesta permanece en el abomaso es muy corto en comparación con el tiempo de retención de alimentos en el rumen. La tasa de rotación de alimentos en el rumen y el tiempo total de retención en el tracto digestivo, para vacas en lactancia y vacas secas, son mostrados en la Tabla 1.

La presencia de alimentos en el abomaso estimula la producción de ácido clorhídrico. El ácido clorhídrico convierte el pepsinogeno en pepsina, lo que descompone a la proteína en pequeños compuestos de la cadena molecular tales como péptidos y aminoácidos para una mayor digestión y absorción en el intestino delgado. El estómago verdadero tiene un bajo pH de 2 a 4, debido en gran medida a esta producción de ácido. También se produce algo de digestión de grasa en el estómago verdadero.

El flujo de la digesta desde el abomaso hasta los intestinos delgados está compuesto de pequeñas partículas suspendidas en digesta líquida. Existe una escasa separación de partículas, y el flujo de líquido y partículas es bastante similar. A medida que la digesta pasa a través del intestino delgado, el pH aumenta a una tasa relativamente pequeña. Esto tiene repercusiones importantes para la actividad enzimática en el intestino dado que las enzimas secretadas por el páncreas y la mucosa intestinal generalmente tienen un pH óptimo que va de neutro a ligeramente alcalino.

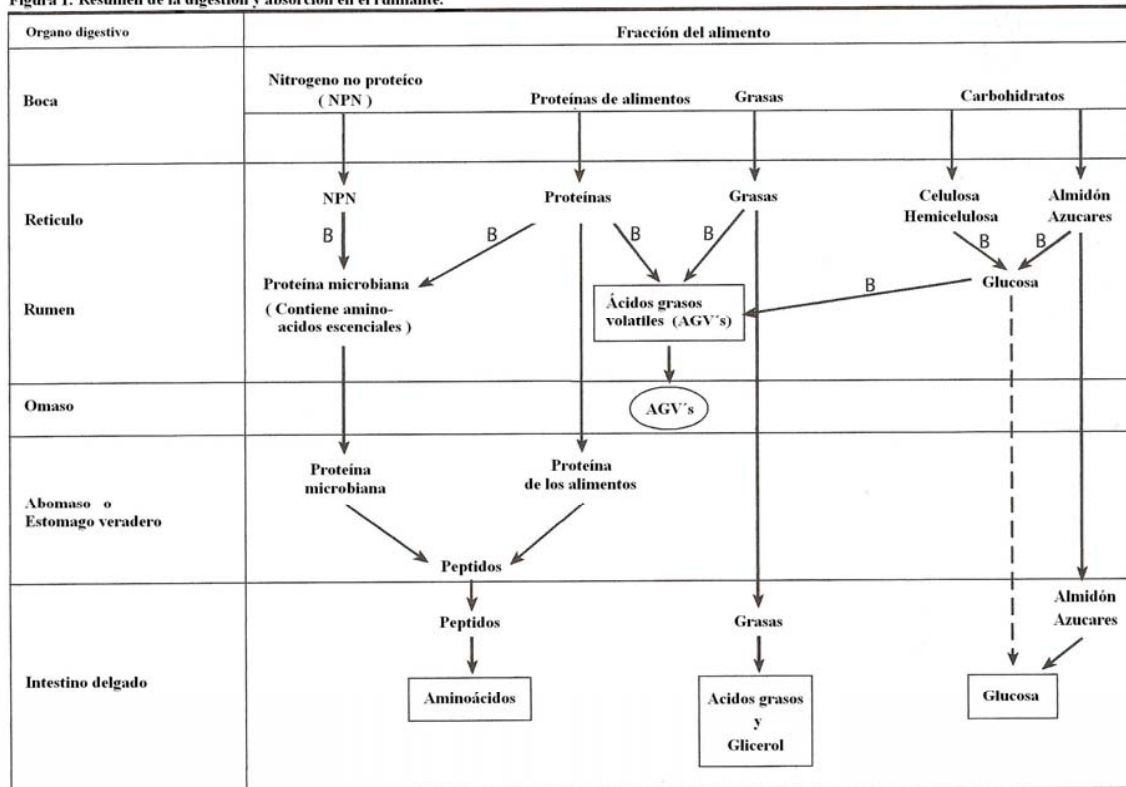
Tabla 1. Tasa de pasaje de alimento para		
Vacas Secas y Vacas en Lactancia		
ITEM	V. Secas	V. En Lact.
Peso Corporal, kilos	700	630
Ingesta de Materia Seca, kg/día	10.8	19,7
Producción Leche ,kg/día	-	24,4
Media de tiempo de Retención Ruminal, hrs		
Grano	25.6	19.4
Heno	30.0	30.3
Media de tiempo de Retención total en el tracto digestivo, hrs		
Grano	47.0	39.2
Heno	55.3	50.7
Source: Adapted from Hartnell, G. F. and L. D. Satter. 1979. Determination of rumen fill, retention time and ruminal turnover rates of ingesta at different stages of lactation in dairy cows. J. Anim. Sci. 48:381.		
a Las medias publicadas en estas tablas fueron obtenidas de cuatro vacas secas y cuatro vacas en lactancia.		

Las sales biliares, que son sintetizadas en el hígado del colesterol, ayudan a mantener este pH alcalino en el intestino delgado. Estas también actúan como emulsionantes que separan glóbulos de grasa y entregan a las enzimas lipasa una mayor superficie sobre la que actuar. Ambas secreciones, la biliar y la pancreática neutralizan los ácidos gástricos y proporcionan a las enzimas para la hidrólisis de almidones, proteínas y lípidos. El intestino delgado es el principal sitio de absorción de estos productos de degradación (Figura 1).

En los adultos rumiantes alimentados con dietas altas en forraje, virtualmente todos los azúcares solubles al igual que la mayor parte del almidón en los alimentos son fermentados por la población microbiana del rumen. Sin embargo, los animales alimentados con dietas altas en granos a elevados niveles de ingesta pueden tener tanto como un 50 por ciento de la dieta de almidón que escapa a la fermentación ruminal y presentarse en el tracto inferior para la digestión. En estas circunstancias, importantes cantidades de glucosa pueden ser absorbidas desde el intestino delgado.

La proteína que llega al intestino delgado del rumiante se deriva de tres fuentes (a) proteína de la dieta que ha escapado de la degradación por parte de los microbios del rumen; (b) proteína contenida en células bacterianas y protozoarias que fluyen fuera del rumen; y (c) proteínas endógenas contenidas en células necróticas y secreciones en el abomaso y el intestino. Las proteasas pancreáticas e intestinal descomponen estas formas de proteína de modo que los aminoácidos y los péptidos puedan ser absorbidos en el intestino delgado.

Figura 1. Resumen de la digestión y absorción en el rumiante.



Claves: ○ = Alguna absorción □ = Sitio principal de absorción B = Acción microbiana

Los lípidos que llegan al intestino delgado son ante todo son ácidos grasos y fosfolípidos. Los triglicéridos que se salvan de la degradación ruminal y ácidos grasos esterificados de origen microbiano son fácilmente hidrolizados por la lipasa pancreática para liberar ácidos grasos libres. Estos son absorbidos por las células de la mucosa intestinal.

Cualquier componente que no ha sido utilizado en el tracto digestivo a este punto entra al intestino grueso. La absorción de agua, minerales, nitrógeno y ácidos grasos volátiles se produce en el intestino grueso. Las funciones hemostáticas del intestino grueso involucran el equilibrio de electrolitos, algo de fermentación microbiana y el almacenamiento temporal de los excrementos. Cualquier producto que no ha sido digerido se eliminará a través de las heces. La materia fecal contiene comida no digerida, nitrógeno metabólico fecal, y bacterias y grasa no digeridas.

Rumia y Producción de Saliva

Un animal rumiante tiene la capacidad para ingerir el alimento rápidamente y de completar la masticación después de un tiempo. Este proceso es conocido como la rumia. Los pasos involucrados son la regurgitación del alimento, re masticación o trituración, re salivación, y reflujo de la digesta ruminal. El proceso de la rumia reduce el tamaño de las partículas de alimento, lo que aumenta la función microbiana y permite que una salida más fácil de los compartimientos del estómago.

El material regurgitado es conocido como “bolo” o “bolo alimenticio” y consiste principalmente de material masticado cubierto con saliva. La saliva es una secreción importante en el tracto digestivo, y su producción está relacionada directamente con la cantidad de tiempo que una vaca emplea en comer y rumiar (Tabla 2). La producción de saliva en un rumiante maduro puede exceder los 180 litros por día cuando la vaca mastica entre seis a ocho horas por día.

La saliva es rica en iones minerales, particularmente sodio, fosfatos, y bicarbonatos, los que sirven como agentes amortiguadores en el sistema digestivo (Tabla 3). La saliva neutraliza los ácidos producidos durante la fermentación y ayuda a mantener un ambiente ideal para el crecimiento de bacterias.

La producción de saliva puede ser alentada mediante el control de la dieta de los rumiantes. Cuanto más mastica una vaca, mayor es la producción de saliva. La cantidad de tiempo que una vaca emplea masticando está influenciada por las prácticas de manejo de la alimentación y la naturaleza de la dieta. El orden en el cual los ingredientes son entregados, el tamaño de las partículas de los alimentos, el número de veces durante el día en que las vacas son alimentadas, y el tipo de alimento consumido puede afectar directamente la producción de saliva.

El heno de fibra larga estimula la mayor cantidad de masticación, la rumia y la producción de saliva. La alimentación con forrajes altos en contenidos de la pared celular o fibra detergente ácido tenderían a aumentar el tiempo de rumia.

Tabla 2. Efecto de la ración en la tasa de ingesta y en la producción de saliva		
ALIMENTO	TASA	PROD. SALIVA
	INGESTA	
Concentrado peleteado	0.79	1.0
Pasto Fresco	0.62	1.5
Ensilaje	0.55	2.0
Pasto Seco	0.18	5.0
Heno	0.15	6.0

Fuente: Bailey, C. B. 1958. The role of secretion of mixed saliva in the cow. In: Proceedings of the Nutrition Society, p. xiii.

Tabla 3. Composición Química de la saliva del ganado	
ELEMENTO	mEq/l ^a
Sodio	126
Potasio	6
Fosfato	26
Cloro	7
Bicarbonato	126
Source: Bailey, C. B. and C. C. Balch, 1961. Saliva secretion and its relation to feeding in cattle. British Journal of Nutrition 15:371.	
a: mEq/l son miliequivalentes por litro.	

La Rumia se puede reducir significativamente, por ejemplo, alimentando con grandes cantidades de concentrado y forrajes finamente picados. Alimentos de alta humedad tales como ensilaje o pradera pueden reducir la saliva producida por libra de ingesta de materia seca en un 50%. Los alimentos de granos o concentrados peleteados pueden reducir el flujo de producción de saliva a un 20% en relación a una ración de heno de fibra larga. La producción de saliva puede caer drásticamente si la vaca no recibe fibra efectiva adecuada, la que se define como una combinación de tamaño de la partícula de los forrajes y la ingesta de fibra de detergente neutra.

Función del Rumen

El rumen, a través de su fuerte musculatura permite la mezcla y la agitación del contenido ruminal. El movimiento del rumen mezcla los contenidos, estimulando la agitación y accesibilidad de las partículas más gruesas del forraje para la regurgitación, masticación del bolo, la reducción del tamaño, y la digestión microbiana. Las partículas más finas del forraje, partículas de alta densidad, y materiales que se han hidratado tienden a congregarse cerca de la parte inferior. Las partículas tienden a salir del rumen a medida que reducen su tamaño a través de la masticación del bolo y la acción microbiana. Los microbios también pasan desde el rumen para la digestión en la parte inferior del tracto gastrointestinal.

La estructuración y la composición del contenido ruminal están influenciadas por la dieta. Dado que la vaca lechera consume tan variada selección de alimentos y tamaños de partículas de alimento, los contenidos ruminales no poseen una composición uniforme, y como resultado existe una estratificación de las partículas de alimento. La dieta con heno de fibra larga produce una gran capa flotante menos densa bajo una cúpula de gas, con algo de contenidos líquidos y fibra en suspensión por debajo. El material más denso se hunde hasta el fondo del rumen. El material flotante se compone de forraje digerido más recientemente. En dietas en donde el tamaño de las partículas de forraje es pequeño y la fibra de detergente neutro del forraje es baja, el material flotante se ve disminuido, pero esto ocurre a gran escala cuando altos niveles de granos peleteados o concentrados son entregados. Los contenidos ruminales con estos tipos de dieta son generalmente más viscosos.

La función del rumen como una cuba de fermentación y la presencia de ciertas bacterias estimulan el desarrollo de gases. Estos gases se encuentran en la parte superior del rumen, con dióxido de carbono y metano formando la mayor porción (Tabla 4). La proporción de estos gases depende de la ecología ruminal y el equilibrio de la fermentación. Normalmente, la proporción de dióxido de carbono es de dos a tres veces mayor que la del metano, aún cuando una gran cantidad de dióxido de carbono es reducida a metano. Aproximadamente 500 a 1000 litros de gas producido por la fermentación son eructados cada día. La evacuación de gases por medio del eructo es importante en la prevención de la meteorización.

COMPONENTE	% PROMEDIO
Hidrógeno	0.2
Oxígeno	0.5
Nitrógeno	7.0
Metano	26.8
Dióxido de Carbono	65.5

Source: Sniffen, C. J. and H. H. Herdt. The Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice, Vol 7, No 2. Philadelphia, Pa.: W. B. Saunders Company, 1991.

La superficie de la mucosa del rumen se caracteriza por papilas ruminales, los órganos de absorción. La distribución de papilas, tamaño, y número están estrechamente relacionadas con el forraje y la tasa de concentrado, hábitos de alimentación, disponibilidad de forraje y digestibilidad.

Si la dieta de un rumiante es alterada significativamente, como en el caso del cambio de una dieta alta en forraje a una dieta alta en grano o de una ración para vaca seca a una ración para vaca en lactancia, este cambio debiera ser implementado gradualmente con el fin de permitir que las papilas ruminales se adapten a los cambios nutricionales. Un período de adaptación de dos a tres semanas suele ser necesario.

El desarrollo de las papilas ruminales tiene relación con la producción de ciertos ácidos en la fermentación de los alimentos. El incremento de las proporciones de ácido butírico y ácido propiónico, como es el caso de raciones altas en grano, aumenta el flujo sanguíneo al epitelio ruminal, lo que estimula la formación de nuevos vasos sanguíneos y la proliferación de células epiteliales. Las papilas o bien crecen en número y tamaño o reducen su tamaño, dependiendo de la dieta y la producción de ácidos de la fermentación.

Microbiología del Rumen

El objetivo de alimentar al ganado lechero con dietas nutricionalmente balanceadas es proporcionar un ambiente ruminal que maximiza la producción y el crecimiento microbiano. Al diseñar las raciones para rumiantes, se deben considerar tanto las necesidades del animal como la de los microorganismos ruminales. A fin de optimizar el rendimiento animal, se puede poner en riesgo la alimentación de los microbios o la vaca.

La población microbiana en el rumen consiste de bacterias, protozoos, y levaduras. La mayor parte de la concentración está en forma de bacterias, las cuales pueden contar 10^{10} a 10^{11} células / gramo de contenido ruminal. Las bacterias pueden ser agrupadas de acuerdo a sus tres principales formas (cocos, bacilos y espiral), de acuerdo a su tamaño (generalmente de 0,3 a 50 μ m), y de acuerdo a sus diferentes estructuras. También pueden ser agrupadas de acuerdo al tipo de sustrato fermentado y son clasificadas en ocho grupos diferentes de bacterias del rumen (Tabla 5). Estas especies de bacterias degradan o utilizan productos tales como celulosa, hemicelulosa, almidón, azúcares, ácidos intermedios, proteína, lípidos y producen metano. Una clasificación más amplia podría incluir bacterias que usan pectina y productoras de amoníaco. La mayoría de estas bacterias son capaces de fermentar más de un sustrato.

Las bacterias que producen el metano son una clase especial de microorganismos responsables de regular la fermentación global en el rumen. Estas remueven el gas de hidrógeno a través de la reducción del dióxido de carbono con gas de hidrógeno para formar metano. La producción de metano mantiene baja la concentración de hidrógeno en el rumen, lo que permite que las bacterias metanogénicas estimulen el crecimiento de otras especies bacterianas y asegure una fermentación más eficiente. La extracción de hidrógeno por parte de estas

especies metanogénicas anima a las especies productoras de hidrógeno a producir más hidrógeno y, de este modo, alterar su metabolismo hacia las rutas de mayor rendimiento. Estas rutas de mayor rendimiento resultan en la síntesis de más células microbianas, lo que aumenta la disponibilidad de proteína para el rumiante.

Los protozoos en el rumen son cerca de unas 10^5 a 10^6 células / gramo de contenido ruminal y están influenciados por las prácticas de alimentación. Cantidades mayores de protozoos se encuentran en el rumen cuando se dan dietas de alta digestibilidad. Diferentes tipos de dietas parecen estimular diferentes géneros de protozoos. Los números de algunos protozoos son superiores cuando las dietas contienen grandes cantidades de azúcares solubles y otros tipos predominan con dietas altas en almidón.

Los protozoos ingieren bacterias activamente como una fuente de proteína. Asimismo, parece ser que actúan como un factor de estabilización para la fermentación de los productos finales. Los protozoos, como las bacterias y las levaduras, contribuyen a la digestión de fibra. Aunque los protozoos son una parte integral de la población microbiana y tienen un efecto marcado en la fermentación, su beneficio para los rumiantes es todavía controversial.

Tabla 5. Agrupación de especies bacterianas en el rumen de acuerdo al tipo principal de sustratos fermentados.	
Especies celulolíticas	Especies utilizadoras de lípidos
Bacteroides succinogenes	Anaerovibrio lipolytica
Ruminococcus flavefaciens	Butyrivibrio fibrisolvens
Ruminococcus albus	Treponema bryantii
Butyrivibrio fibrisolvens	Eubacterium sp.
	Fusocillus sp.
	Micrococcus sp.
Especies pectinolíticas	Especies hemicelulolíticas
Butyrivibrio fibrisolvens	Butyrivibrio fibrisolvens
Bacteroides ruminicola	Bacteroides ruminicola
Lachnospira multiparus	Ruminococcus sp.
Succinivibrio dextrinosolvens	
Treponema bryantii	Especies amilolíticas
Streptococcus bovis	Bacteroides amylophilus
	Streptococcus bovis
Especies ureolíticas	Succinimonas amylolytica
Succinivibrio dextrinosolvens	Bacteroides ruminicola
Selenomonas sp.	
Bacteroides ruminicola	Especies productoras de metano
Ruminococcus bromii	Methanobrevibacter ruminantium
Butyrivibrio sp.	Methanobacterium formicicum
Treponema sp.	Methanomicrobium mobile
Especies utilizadoras de azúcares	Especies utilizadoras de ácidos
Treponema bryantii	Megasphaera elsdenii
Lactobacillus vitulinus	Selenomonas ruminantium
Lactobacillus ruminus	
	Especies productoras de urea
Especies proteolíticas	Bacteroides ruminicola
Bacteroides amylophilus	Megasphaera elsdenii
Bacteroides ruminicola	Selenomonas ruminantium
Butyrivibrio fibrisolvens	
Streptococcus bovis	

Source: Church, D. C., ed. The Ruminant Animal: Digestive Physiology and Nutrition. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, 1988.

El grupo de las levaduras anaeróbicas es el grupo más recientemente reconocido de los microorganismos del rumen. Cuando los animales son alimentados con una dieta alta en forraje, las levaduras del rumen pueden contribuir hasta con un 8 por ciento de la masa microbiana. Aún cuando todavía no está claro si estas levaduras son funcionalmente importantes, ha sido posible probar que degradan la celulosa y los xylanos, lo que indica algún papel en la digestión de fibra.

Existen tres entornos de interconexión en el que los microbios se encuentran en el rumen. La primera es la *fase líquida*, en donde grupos microbianos libres en el fluido ruminal se alimentan de carbohidratos solubles y proteínas. Esta porción constituye el 25 por ciento de la masa microbiana. Enseguida viene la *fase sólida* donde los grupos microbianos asociados o sujetos a partículas de alimento digieren polisacáridos insolubles, tales como almidón y fibra, así como las proteínas menos solubles. Esto puede constituir hasta un 70 por ciento de la masa microbiana. En la última fase, 5 por ciento de los microbios se sujetan a las células del epitelio del rumen o a los protozoos.

El acoplamiento microbiano en el rumen tiene numerosas repercusiones en el rumiante. A fin de que las bacterias mantengan su número en el rumen, es necesario que su tiempo de reproducción sea inferior a la tasa de actividad del contenido ruminal. Dado que la tasa de pasaje de la fase particulada es mucho más lenta que la de la fase líquida en el rumen, especies de lento crecimiento se sujetan a la materia particulada y así evitan ser lavadas fuera del rumen. La dieta con que se alimenta a las vacas lecheras influencia el número y proporciones relativas de las diferentes especies microbianas en el rumen.

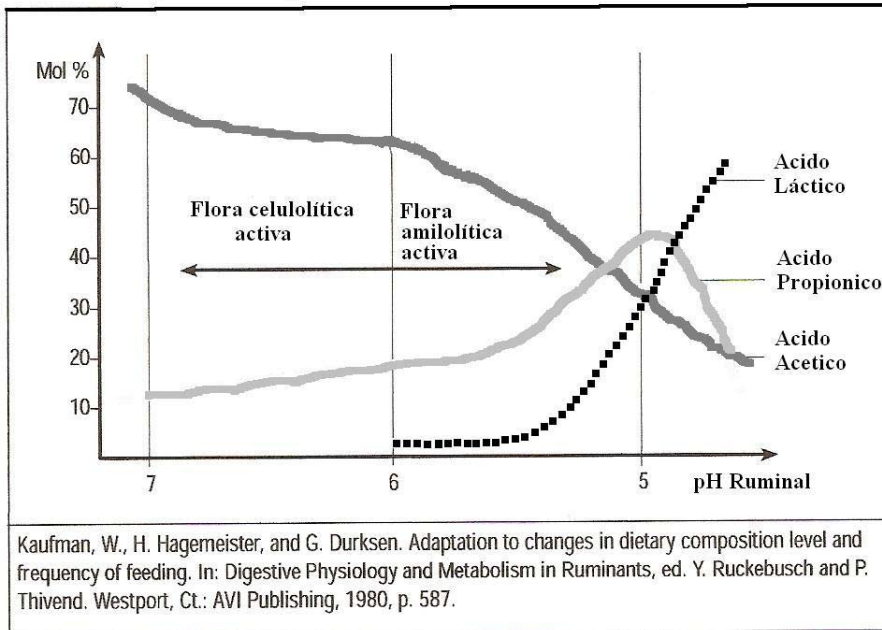
Se debe tener en cuenta la tasa de reproducción microbiana, pues es esencial cuando se hacen cambios en la dieta de cualquier rumiante. Grandes cambios en la dieta requieren un período de transición para permitir cambios en las poblaciones de diferentes especies microbianas. Esta adaptación puede llevar varios días. Uno de los problemas más comunes encontrados en el manejo de la alimentación es el cambio repentino en la dieta del rumiante para incluir grandes cantidades de hidratos de carbono fácilmente fermentables. La alimentación con dietas de este tipo resulta en una sucesión de cambios en la población microbiana del rumen durante el período de adaptación, específicamente en aquellas bacterias que producen y utilizan lactato.

Desde esta perspectiva, bacterias ácido láctico sensibles son reemplazadas por bacterias ácido láctico tolerantes. La acidosis láctica surge de este abrupto cambio a una dieta alta en concentrado y evita que las especies que utilizan el lactato eficazmente incrementen en número para evitar la acumulación de lactato. Esto se traduce en la disminución del pH ruminal a un nivel muy ácido, menos de 5.5.

El pH del rumen es uno de los factores más variables que pueden influir en la población microbiana y los niveles de ácidos grasos volátiles producidos (Figura 2). El pH ruminal en el que ciertas funciones son optimizadas puede ser distinto. Existen dos grupos básicos de bacterias que funcionan en diversos pH. Los digestores de fibra son más activos a un pH de 6.2 a 6.8. Las bacterias celulolíticas y metanogénicas pueden reducirse cuando el pH comienza a caer por debajo de 6.0.

Los digestores de almidón prefieren un ambiente más ácido, un pH de 5.2 a 6.0. Algunas especies de protozoos pueden verse muy reducidas con un pH bajo 5.5. Para tener en cuenta todas estas necesidades, las prácticas normales de alimentación deberían mantener un pH en un rango de 5.8 a 6.4.

Figura 2. Fermentación ruminal como consecuencia de la adaptación a la regulación del pH.



Digestión Microbiana

El rumen proporciona un lugar donde los microorganismos del rumen pueden digerir los carbohidratos, proteínas y fibra. A través de este proceso de digestión se producen, la energía o los ácidos grasos volátiles (VFA) y la proteína microbiana que puede ser utilizada por el animal (Figura 3).

Figura 3. Alimentos, flujo de nutrientes en el rumen y componentes de la leche.

