

INTRODUCCIÓN A LA DIGESTIÓN RUMINAL

Cuauhtémoc Nava Cuéllar y Antonio Díaz Cruz. 2001. Departamento de Nutrición Animal, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNAM.
www.produccion-animal.com.ar

Volver a: [Manejo del alimento y carga animal](#)

INTRODUCCIÓN

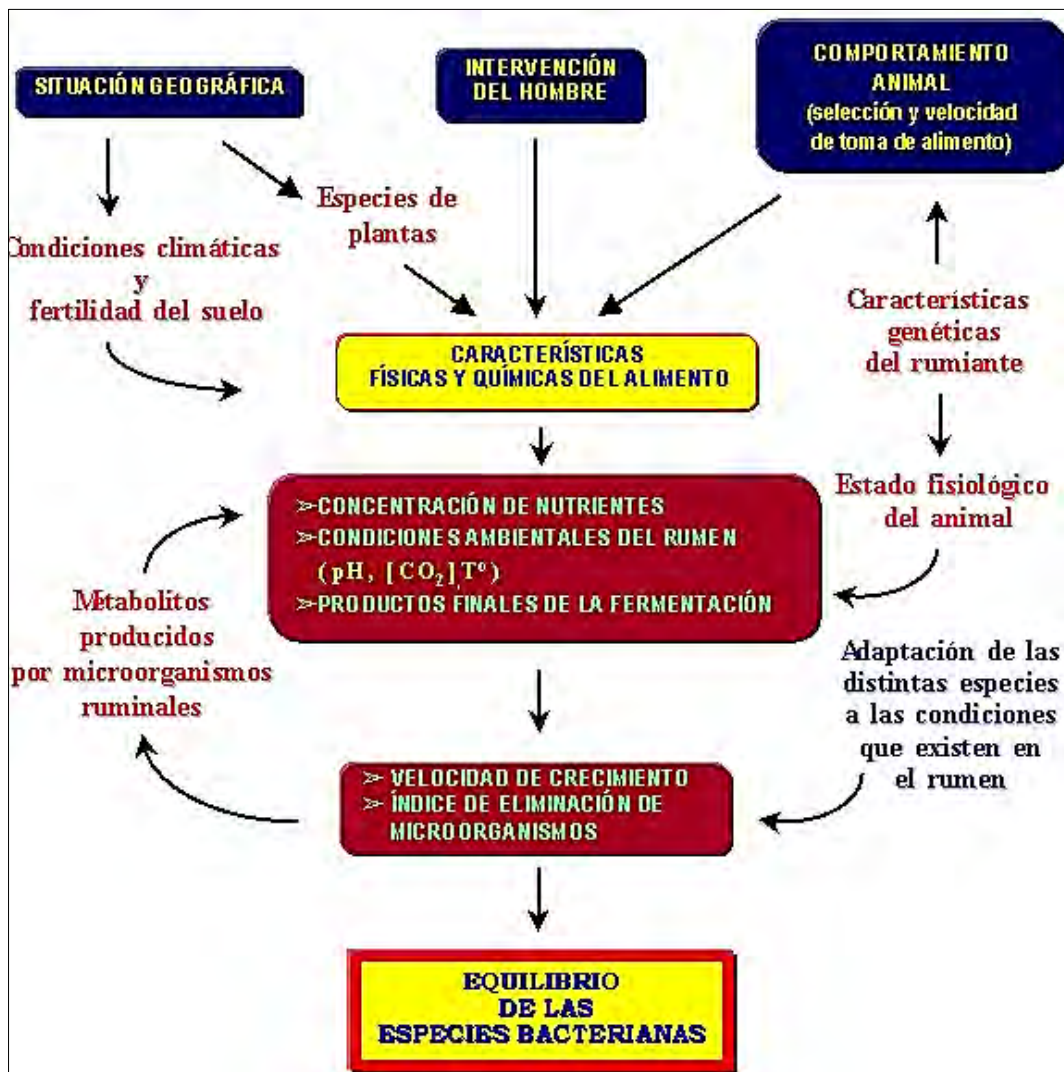
Los rumiantes son herbívoros cuyo principal alimento son las plantas que contienen carbohidratos fibrosos; sin embargo, estos animales no poseen enzimas que puedan digerirlos y son los microorganismos presentes en el rumen, tales como bacterias, protozoarios y hongos, los que al fermentar el alimento permiten al rumiante:

- ◆ Digerir polisacáridos complejos como la celulosa.
- ◆ Aprovechar además de proteínas, fuentes de nitrógeno no proteico (NNP), para su conversión en proteína microbiana.
- ◆ Sintetizar vitaminas hidrosolubles.

El rumiante aprovecha los productos finales de la fermentación, particularmente los ácidos grasos volátiles (AGV) y los nutrientes contenidos en los cuerpos celulares de los microorganismos, que son aprovechados al digerirse en el abomaso e intestino delgado.

La proporción de las especies de microorganismos es modificada por varios factores, entre los más importantes está el cambio de alimentación, por lo que es necesario dar un periodo de adaptación de aproximadamente dos semanas, para evitar trastornos en el patrón de fermentación.

FACTORES QUE INFLUYEN EN EL EQUILIBRIO DE LA MICROBIOTA RUMINAL



En resumen, a través de la fermentación ruminal, el rumiante obtiene los nutrientes necesarios para el mantenimiento de sus funciones biológicas vitales.

MICROORGANISMOS RUMINALES

BACTERIAS

Cada mililitro de contenido ruminal alberga alrededor de 10 000 a 50 000 millones de bacterias, siendo estos los microorganismos más abundantes.

Las bacterias se encuentran en una gran variedad de géneros y especies por lo menos 28 especies funcionalmente importantes, las cuales se agrupan de acuerdo a su actividad.

La mayoría de las bacterias son anaerobias estrictas, que no pueden sobrevivir en presencia de oxígeno, sin embargo también se encuentran presentes organismos facultativos.

Grupos de géneros microbianos

Celulolíticos	Hemicelulolíticos
Bacteriodes succinogenes	Butyrivibrio fibrisolvens
Ruminococcus flavefaciens	Bacteriodes ruminicola
Ruminococcus albus	Ruminococcus sp.
Butyrivibrio fibrisolvens	
Utilizadores de azúcar	Utilizadores de ácidos
Treponema bryantii	Megasphaera elsdenii
Lactobacillus vitulinus	Selenomonas ruminantium
Lactobacillus ruminus	
Pectinolíticos	Utilizadores de lípidos
Butyrivibrio fibrisolvens	Anaerovobrio lipolytica
Bacteriodes ruminicola	Butyrivibrio fibrisolvens
Lachnospira multiparus	Treponema bryantii
Succinivibrio dextrinosolvens	Eubacterium sp.
Treponema bryantii	Fusocillus sp.
Streptococcus bovis	Micrococcus sp.
Amilolíticos	Proteolíticos
Bacteriodes amylophilus	Bacteriodes amylophilus
Bacteriodes ruminicola	Bacteriodes ruminicola
Streptococcus bovis	Butyrivibrio fibrisolvens
Succinimonas amylolytica	Streptococcus bovis
Productores de amoníaco	Productores de metano
Bacteriodes ruminicola	Methanobrevibacter ruminantium
Selenomonas ruminantium	Methanobacterium formicum
Megasphaera elsdenii	Methanomicrobium mobile
Ureolíticos	
Succinivibrio dextrinosolvens	Ruminococcus bromii
Bacteriodes ruminicola	Butyrivibrio sp.
Selenomonas sp.	Treponema sp.
Church DcC(ed): The Ruminant Animal, Digestive Physiology and Nutrition. Englenwood Cliffs.Nj,Prentice hall,1988.	

PROTOZOARIOS

La población de protozoarios en el rumen es menor a la de las bacterias, encontrándose en concentraciones de 1 millón por ml de contenido ruminal, aunque su número es menor en comparación con las bacterias, estos microorganismos tienen un mayor volumen individual, dando lugar a una masa celular de protozoarios semejante a la masa de las bacterias.



Protozooario ciliado en medio de pequeñas bacterias.

Si bien la mayoría de los protozoarios son ciliados, existen también protozoarios flagelados. Los protozoarios consumen y metabolizan azúcares solubles, hidrolizan bacterias para utilizarlas como sustrato logrando con esto limitar el crecimiento bacteriano.

Un papel particularmente importante de los protozoarios, es su capacidad para frenar la digestión de los sustratos que se fermentan con rapidez, como el almidón y algunas proteínas. Esto es posible ya que los protozoarios engloban al almidón y a las proteínas almacenándolos y protegiéndolos de la acción bacteriana.

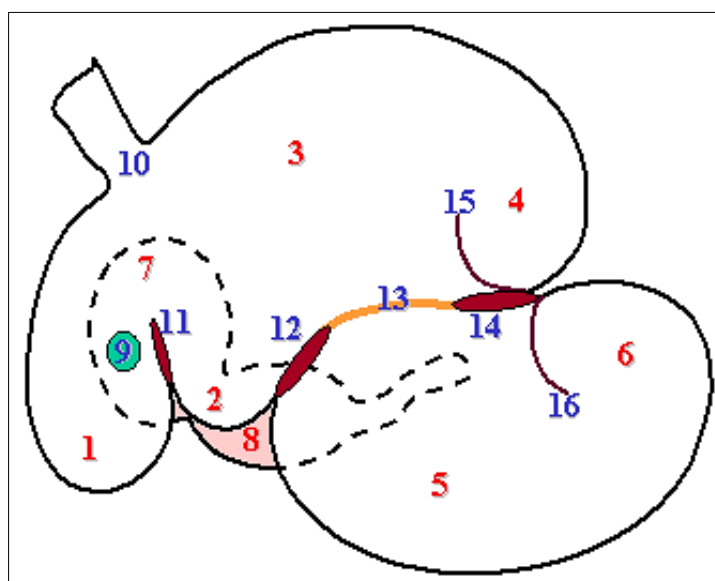
HONGOS

Los hongos que se encuentran en el rumen tienen la capacidad de fermentar polisacáridos (celulosa), calculándose que más del 8% de la biomasa microbiana del rumen está constituida por éstos.

ANATOMÍA Y FISIOLOGÍA DE LOS PREESTÓMAGOS

El rumen, retículo y omaso son órganos que anteceden al abomaso (estómago glandular), razón por la que se denominan preestómagos. La capacidad de los rumiantes para aprovechar los carbohidratos fibrosos de la dieta, está sustentada en la función de estas tres estructuras.

Estos órganos se ubican en el lado izquierdo de la cavidad abdominal ocupando casi las 3/4 partes. El rumen es el más grande de los preestómagos, se divide en sacos o compartimientos separados por pilares musculares. El retículo se ubica craneal al rumen y se le une mediante un pliegue. El retículo se conecta al omaso mediante el orificio retículo-omasal. El omaso se localiza al lado derecho del rumen. El siguiente diagrama muestra la relación anatómica de los preestómagos:



- 1 Retículo; 2 Rumen (saco craneal); 3 Rumen (saco dorsal); 4 Rumen (saco ciego dorsal); 5 Rumen (saco ventral); 6 Rumen (saco ciego ventral); 7 Omaso; 8 Abomaso; 9 Orificio retículo-omasal; 10 Cardias; 11 Pliegue retículo-omasal; 12 Pilar craneal; 13 Pilar longitudinal; 14 Pilar caudal; 15 Pilar coronario dorsal; 16 Pilar coronario ventral

MUCOSA

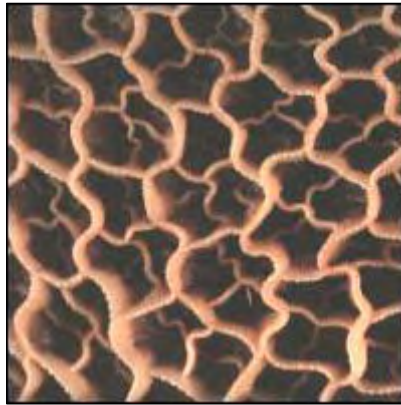
El interior del rumen, retículo y omaso están cubiertos exclusivamente con epitelio estratificado similar al que se observa en el esófago, pero cada uno posee una mucosa distinta que le facilita su función:

RUMEN



La superficie interior del rumen está formada por numerosas y pequeñas papilas.

RETÍCULO



El epitelio del retículo presenta pliegues que forman celdas poligonales. Una gran cantidad de pequeñas papilas están presentes en la superficie de celdas.

OMASO



El omaso presenta papilas longitudinales y anchas en forma de hojas, que atrapan las partículas pequeñas de la ingesta .

FUNCIÓN GENERAL

RUMEN Y RETÍCULO

El rumen junto con el retículo forman una cámara, que mantiene un ambiente favorable para la fermentación anaerobia. Un patrón adecuado de fermentación necesita algunas condiciones para desarrollarse en forma adecuada:

- ◆ Debe existir un aporte suficiente de sustratos.
- ◆ Se debe mantener un potencial de óxido-reducción.
- ◆ La temperatura debe estar en un rango de 39 - 40°C.
- ◆ Una osmolaridad cercana a los 300 mosm.
- ◆ Un pH de 6-7.
- ◆ Remoción de los desechos no digeribles.
- ◆ Remoción de microorganismos congruente con la regeneración de los mismos.
- ◆ Remoción de los ácidos grasos volátiles (AGV), producidos durante la fermentación.

El rumen y el retículo se encargan de realizar la remoción de desechos y microorganismos a través un patrón complejo de contracciones que se originan en el retículo; además el retículo colecta el alimento que ha sido suficientemente fermentado para transportarlo hacia el omaso; las contracciones del retículo y rumen también participan en el eructo. Debido a la fermentación ruminal, se producen diferentes gases , cerca de 30-50 litros/hora en un bovino adulto y 5 en un borrego; estos son eliminados a través del eructo; los principales gases son:

- ◆ Bióxido de carbono (60-70%).
- ◆ Metano (30-40%).
- ◆ Nitrógeno (7%).
- ◆ Oxígeno (0.6%).
- ◆ Hidrógeno (0.6%).
- ◆ Ácido sulfhídrico (0.01%).

Los AGV son principalmente retirados del líquido ruminal, al ser absorbidos en las paredes del rumen y retículo.

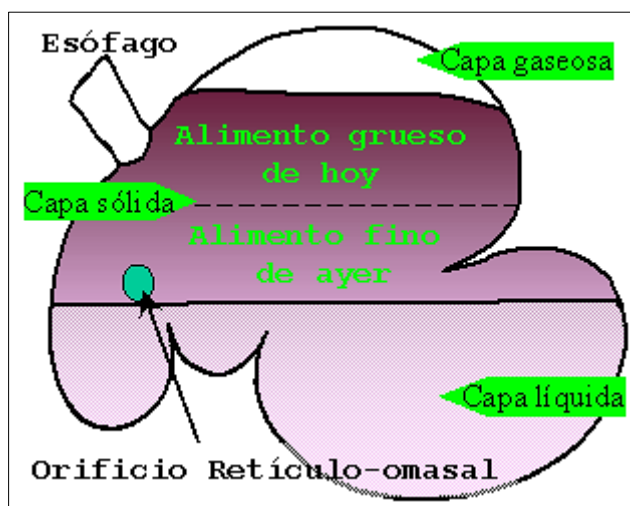
OMASO

El contenido ruminal atraviesa rápidamente el omaso. El papel del omaso es separar el material sólido del contenido ruminal que capta. Las partículas del alimento son retenidas entre sus papilas y después son impulsadas hacia el abomaso mediante sus contracciones. Por otro lado el omaso absorbe los residuos de AGV que hayan logrado pasar a su interior.

CONTENIDO RUMINAL

El contenido del rumen y retículo es de aproximadamente 4-6 Kg en los ovinos y de 30-60Kg en lo bovinos. El alimento y los productos de la fermentación se acomodan en tres capas dependiendo de su gravedad específica:

- ◆ **Capa gaseosa.** Se localiza en la parte superior y en ella se encuentran los gases producidos durante la fermentación de los alimentos.
- ◆ **Capa sólida.** Esta formada principalmente por alimento y microorganismos flotantes. El alimento consumido más recientemente, por ejemplo el día de hoy, se establece en la parte superior de esta capa, debido a que posee partículas de gran tamaño (1-2 cm), las cuales atrapan a los gases producidos. El alimento consumido con más anterioridad, por ejemplo ayer, se localiza al fondo de la capa sólida, debido a que ya fue fermentado suficiente y se redujo su tamaño (2-3 mm), en este momento puede ser captado por el retículo y salir a través del orificio retículo-omasal.
- ◆ **Capa líquida.** Se localiza ventralmente y contiene líquido con pequeñas partículas de alimento y microorganismos suspendidos.



El flujo de material sólido a través del rumen es bastante lento y depende de su tamaño y densidad. Los alimentos con una buena digestibilidad pueden tardar alrededor de 30 horas. Durante la fermentación, las partículas grandes de alimento se reducen constantemente a partículas más pequeñas y los microorganismos proliferan.

CONTRACCIONES RUMINALES

Las contracciones del retículo y rumen son muy importantes para la fermentación, sus principales objetivos son:

- ◆ Mezclar el alimento.
- ◆ Eliminar los gases producidos mediante el eructo.
- ◆ Propulsar el contenido ruminal.

Se identifican dos patrones diferentes de contracciones:

- ◆ **Contracciones primarias.** Que se originan en el retículo y se distribuyen caudalmente alrededor del rumen. Estas contracciones mezclan y propulsan el contenido ruminal.
- ◆ **Contracciones secundarias.** Que ocurren en sólo partes del rumen y son usualmente asociadas con el eructo.

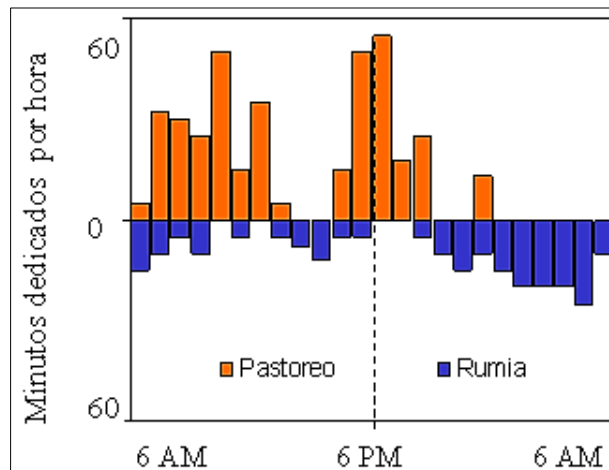
Al terminar una contracción primaria, inmediatamente después se inicia una secundaria, para formar un ciclo que se repite de una a tres veces por minuto, la mayor frecuencia ocurre durante la alimentación. Las contracciones están controladas por el sistema nervioso central a través del nervio vago; sin embargo, las condiciones dentro del rumen como el pH pueden afectar significativamente la motilidad.

A continuación se observa un ciclo completo de contracciones:



RUMIA

La rumia es la regurgitación de la ingesta seguida de una remasticación, reensalivación y una nueva deglución. Esto logra disminuir el tamaño de partícula del alimento y aumentar la superficie para la fermentación microbiana. La rumia ocurre principalmente cuando el animal descansa y no come.



La gráfica anterior muestra el tiempo utilizado para pastorear y para rumiar. Se puede observar que los animales pastorean principalmente durante la mañana y rumian en la noche.

SALIVA

Los rumiantes producen grandes cantidades de saliva en vacas adultas entre 100-150 litros/día y 8.5-12.5 litros/día en los ovinos; además de sus cualidades conocidas, la saliva del rumiante posee funciones importantes:

- ◆ Mantiene un pH constante. Debido a que es rica en fosfatos y bicarbonatos tiene la facultad de actuar como amortiguador, controlando el efecto de los ácidos que se producen durante la fermentación.
- ◆ Es una fuente de nitrógeno no proteico (NNP). La urea sintetizada en el hígado es secretada en la saliva para nutrir a la microbiota ruminal.

DIGESTIÓN DE CARBOHIDRATOS

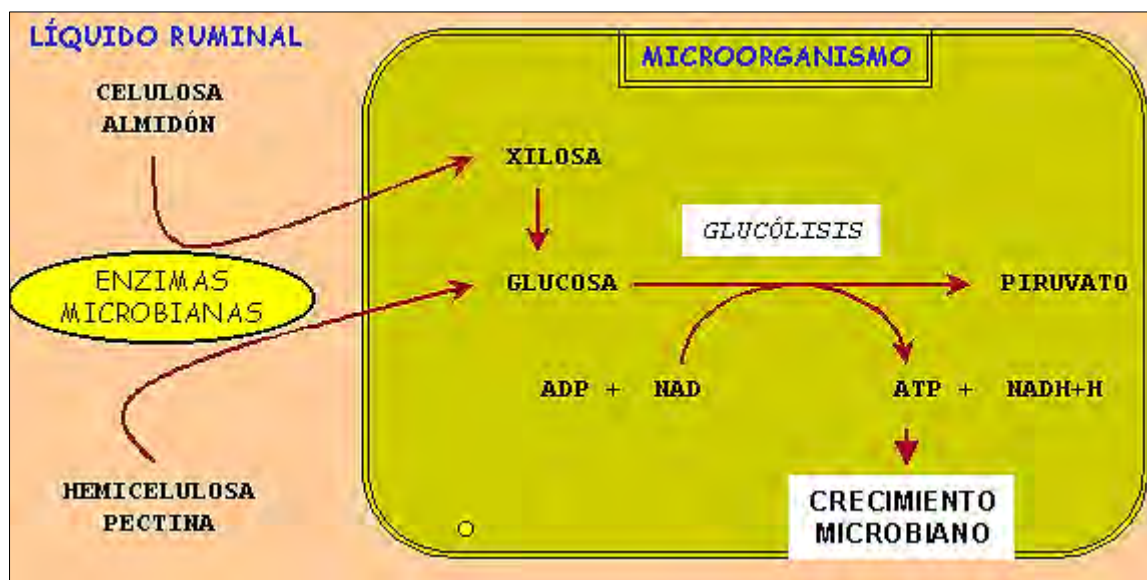
Gracias a la microbiota ruminal los carbohidratos fibrosos como la celulosa y hemicelulosa pueden representar la fuente más importante de energía para los rumiantes. Las raciones carentes de fibra pueden conducir a desórdenes de la digestión.

Estos carbohidratos fibrosos además son necesarios para:

- ◆ Estimular la rumia (la cual mejora la fermentación).
- ◆ Aumentar el flujo de saliva hacia el rumen.
- ◆ Estimular las contracciones ruminales.

Cuando los carbohidratos de la dieta entran al rumen son hidrolizados por enzimas extracelulares de origen microbiano. En el caso de los carbohidratos fibrosos, el ataque requiere de una unión física de las bacterias a la superficie de la partícula vegetal, la acción de las enzimas bacterianas libera principalmente glucosa y oligosacáridos hacia el líquido ruminal por fuera de los cuerpos celulares microbianos. Estos productos no son aprovechados por el rumiante, en su lugar, son rápidamente metabolizados por la microbiota ruminal.

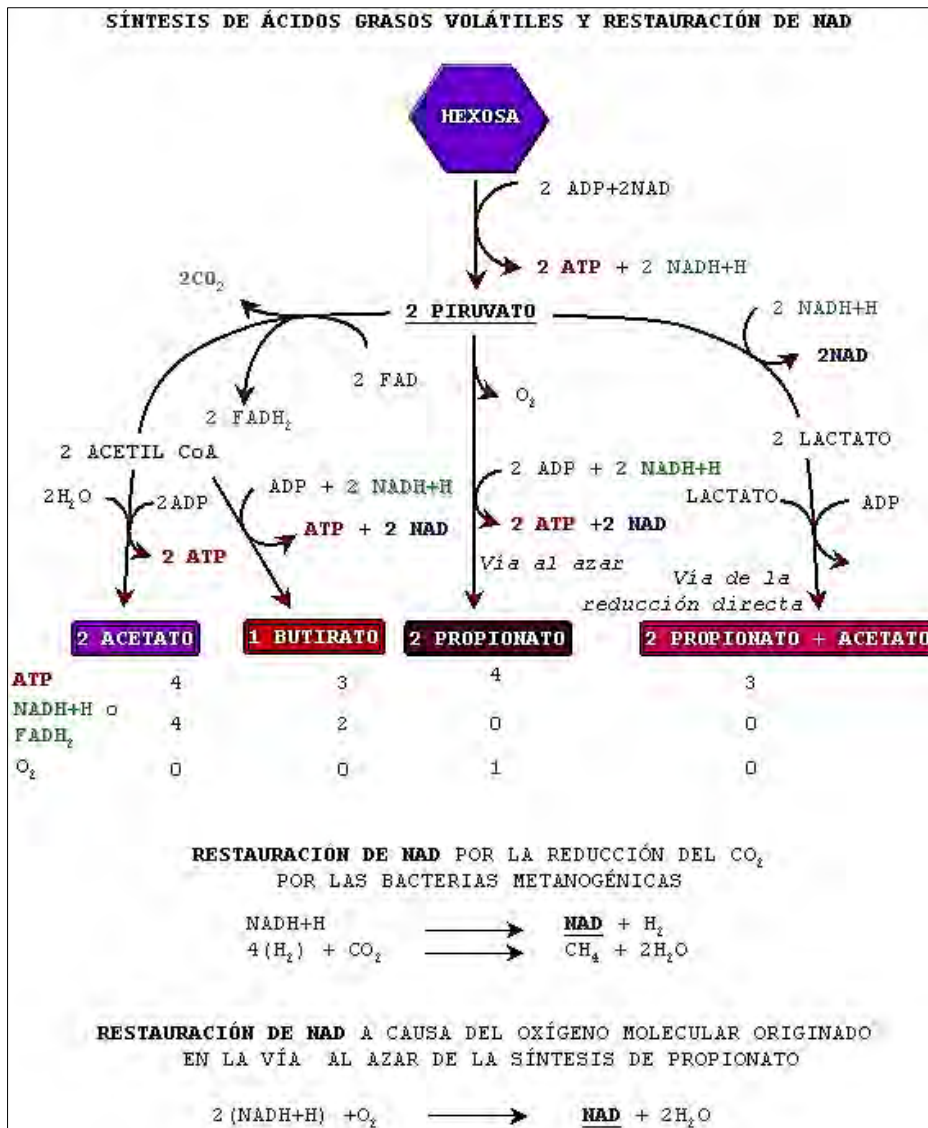
La glucosa y otros azúcares son absorbidos por los microorganismos y una vez en el citosol se incorporan a la vía de la glucólisis. Este proceso enzimático da lugar a la formación de **NADH+H** (reducido), **ATP** y **piruvato**. La energía potencial representada por el ATP en este momento no es directamente accesible para el hospedero, pero representa la principal fuente de energía para el mantenimiento y crecimiento de los microbios.



Si la digestión fermentativa ocurriera bajo condiciones aeróbicas, lo cual no sucede, el piruvato sería transformado en la mitocondria para generar CO_2 , H_2O y ATP a través del ciclo de Krebs, cadena respiratoria y ATPaasa, proceso que en su conjunto involucra la restauración de NAD (oxidado).

Pero **la digestión fermentativa no es un sistema aeróbico; por el contrario es un sistema altamente anaeróbico y reductor**, por lo que se debe proveer de un mecanismo diferente para la restauración de NAD. Si no existiera este mecanismo, todos factores oxidados presentes podrían rápidamente reducirse y entonces el metabolismo bacteriano se detendría. Debido a que en el rumen no se encuentra oxígeno a la mano, otro compuesto es el que debe servir como el resumidero de electrones para la oxidación de los cofactores enzimáticos.

En la digestión fermentativa, el **piruvato** puede funcionar como el captador de electrones, sufriendo una reducción todavía mayor con el fin de proveer el material necesario para la regeneración del NAD y el retiro general del NADH+H, con una producción adicional de ATP. Además, el CO₂ puede reducirse para formar metano aceptando electrones para la regeneración del NAD y de FAD. Este proceso transformador del piruvato da lugar a los productos terminales de la digestión fermentativa de los carbohidratos, los llamados ácidos grasos volátiles (AGV); **Acético** (CH₃-COOH), **Propiónico** (CH₃-CH₂-COOH) y **Butírico** (CH₃-CH₂-CH₂-COOH).



Los AGV sintetizados en respuesta a un estricto control metabólico por parte de los microorganismos ruminales, son utilizados por éstos para la formación de aminoácidos y ácidos grasos que serán posteriormente incorporados al metabolismo bacteriano. Sin embargo, la mayor parte de los AGV es enviada hacia el líquido ruminal, en donde se difunden a través del epitelio del rumen y retículo, el resto se absorben en omaso, para posteriormente incorporarse a la circulación general pasando por la vena porta.

ABSORCIÓN Y UTILIZACIÓN DE ÁCIDOS GRASOS VOLÁTILES

Los AGV son de suma importancia ya que representan más del 70% del suministro de energía al rumiante. Virtualmente todo ácido acético, propiónico y el ácido butírico son absorbidos por el epitelio del rumen y transportados vía porta al hígado. La absorción de AGV no sólo es importante para mantener su distribución en las células animales, sino para prevenir cantidades excesivas que puedan alterar el pH ruminal.

El epitelio estratificado del rumen generalmente no se caracteriza por una eficaz absorción. No obstante es capaz de absorber eficientemente AGV, ácido láctico, electrolitos y agua. La superficie del epitelio es muy extendida debido a la formación de papilas bien vascularizadas.

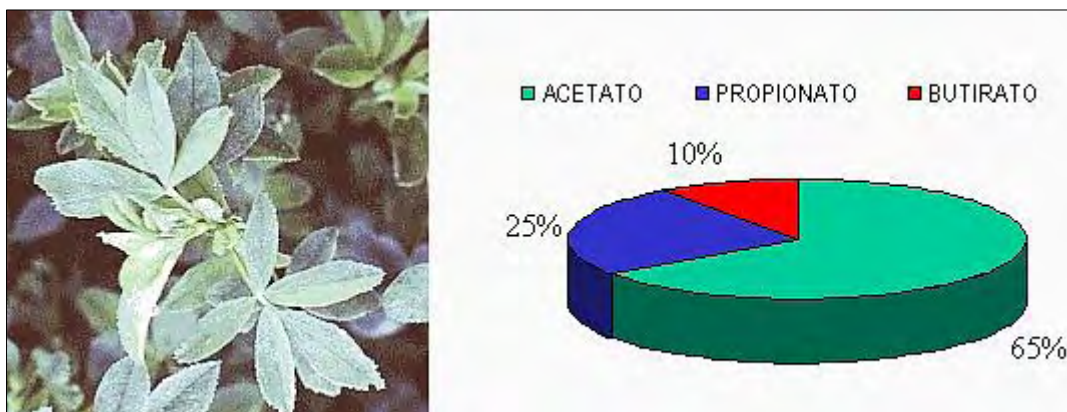


El tamaño y longitud de las papilas del rumen se modifican, dependiendo las concentraciones de los AGV en el rumen. Los animales con una buena alimentación y producción de AGV, presentan papilas largas y robustas para promover la absorción. En contraste, los animales con una deficiente alimentación, tienen papilas pequeñas y requieren de un largo tiempo de recuperación para restaurar el tamaño de sus papilas y su capacidad de absorción.

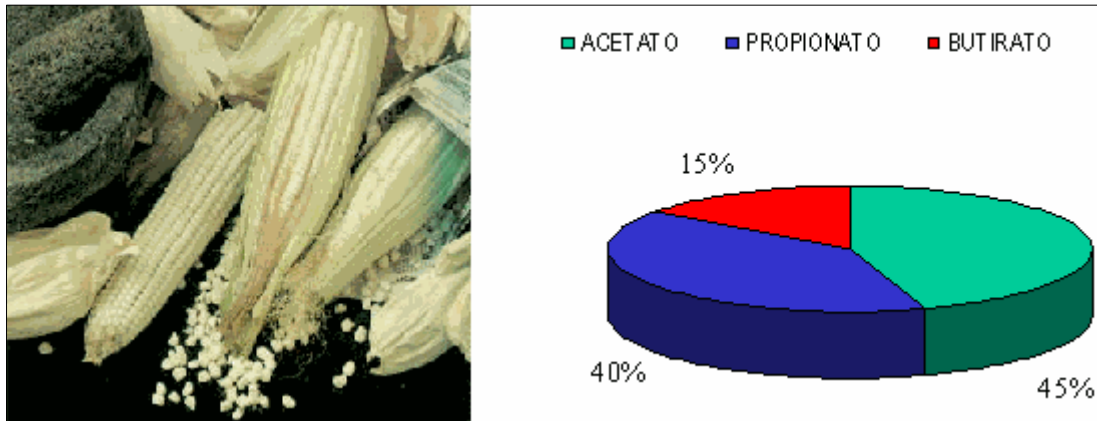
La absorción de los AGV es a través de un mecanismo de difusión a favor del gradiente de concentración. La velocidad de absorción aumenta a medida que desciende el pH del líquido ruminal. Cuando atraviesan el epitelio, los AGV sufren diferentes grados de transformación. El acetato y propionato son absorbidos casi sin alterarse, pero la mayor parte del ácido butírico se transforma en ácido β -hidroxibutírico el cual es un cuerpo cetónico. Los AGV absorbidos tienen diferentes destinos metabólicos :

- ◆ El ácido acético se oxida en los diferentes tejidos para generar ATP. También funciona como la principal fuente acetyl-CoA para la síntesis de lípidos.
- ◆ El propionato sirve principalmente como sustrato gluconeogénico, es de suma importancia para el rumiante debido a que en el intestino delgado casi no se absorbe glucosa.
- ◆ El ácido butírico absorbido en forma de ácido β -hidroxibutírico, es oxidado en muchos tejidos para la producción de energía.

Los cambios en la dieta pueden modificar el patrón de fermentación. Cuando la dieta del animal está basada en forrajes, la proporción molar en que se encuentran los AGV es:



Mientras que si la dieta es alta en granos o concentrados la proporción será de:



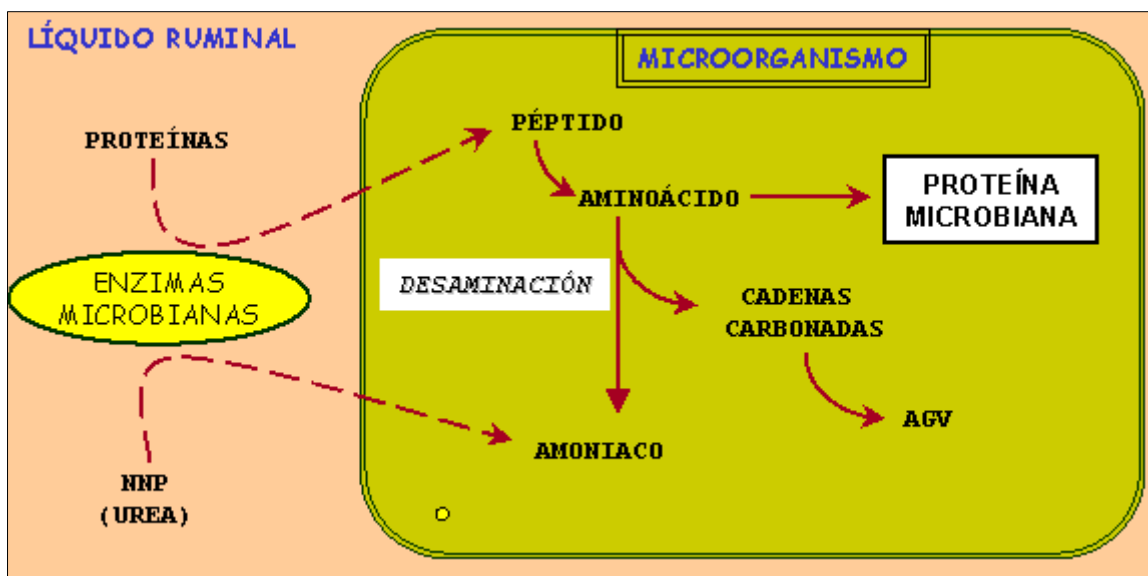
En el hígado el propionato y el acetato son incorporados al metabolismo energético, el ácido propiónico es el único de los AGV que el hepatocito puede transformar en glucosa, en la vía de la gluconeogénesis. Las moléculas de glucosa sintetizadas en este proceso, serán exportadas hacia los tejidos extrahepáticos, quienes serán los encargados de utilizarla como la primera fuente de energía altamente disponible para sostener las necesidades fisiológicas de mantenimiento y reproducción.

Los disacáridos y los almidones que escapan a la fermentación ruminal pasan al intestino delgado donde son digeridos por enzimas pancreáticas e intestinales, en la misma forma que en los animales monogástricos.

DIGESTIÓN DE PROTEÍNAS

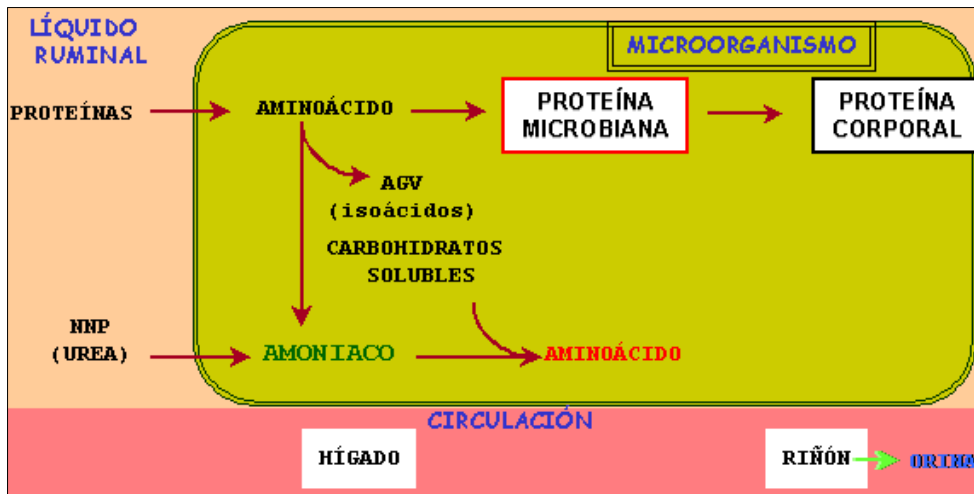
La proteína es particularmente vulnerable a la fermentación ruminal, debido a que está formada por carbonos, los cuales se pueden reducir todavía más que los carbohidratos para proveer energía a los microorganismos. Los microorganismos del rumen son capaces de sintetizar todos los aminoácidos, incluyendo los esenciales para el hospedero. Por lo tanto los rumiantes son casi totalmente independientes de la calidad de las proteínas ingeridas. Además los microorganismos pueden utilizar fuentes de nitrógeno no proteico (NNP) como sustrato para la síntesis de aminoácidos.

A medida que las proteínas y el NNP entran al rumen son atacados por enzimas microbianas extracelulares, la mayor parte de estas enzimas son endopeptidasas parecidas a la tripsina y forman péptidos de cadena corta como sustratos terminales. Estos péptidos se originan extracelularmente y son absorbidos hacia el interior de los microorganismos. En el citosol los péptidos son degradados a aminoácidos y éstos son utilizados para la formación de proteína microbiana o son degradados todavía más para la producción de energía a través de la vía de los AGV. Para que los aminoácidos entren a esta vía, primero son desaminados para dar lugar a amoniaco y a un esqueleto carbonado.



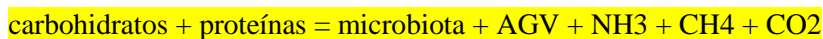
El amoníaco es el principal compuesto nitrogenado que utilizan los microorganismos para la síntesis de aminoácidos y proteínas, hay que considerar que para esto se requiere suficiente energía o carbohidratos; El amoníaco se utiliza además para la formación de diversos componentes nitrogenados de la pared celular y ácidos nucleicos. El amoníaco liberado en el rumen es absorbido a la sangre, conducido al hígado en donde se forma urea, la cual se puede reciclar en la saliva o eliminarse a través de la orina.

El esqueleto carbonado de muchos de estos aminoácidos se puede acomodar directamente en varios de los pasos de la vía de los AGV, dando lugar a la producción de los tres principales (acético, propiónico y butírico) y de AGV de cadena ramificada o isoácidos conocidos como ácido isobutírico, ácido isovalérico y ácido 2-metilbutirato; solo los tres aminoácidos de cadena corta ramificada (valina, leucina e isoleucina), permiten la producción de estos isoácidos. Los AGV de cadena ramificada son utilizados por las bacterias como factores de crecimiento.



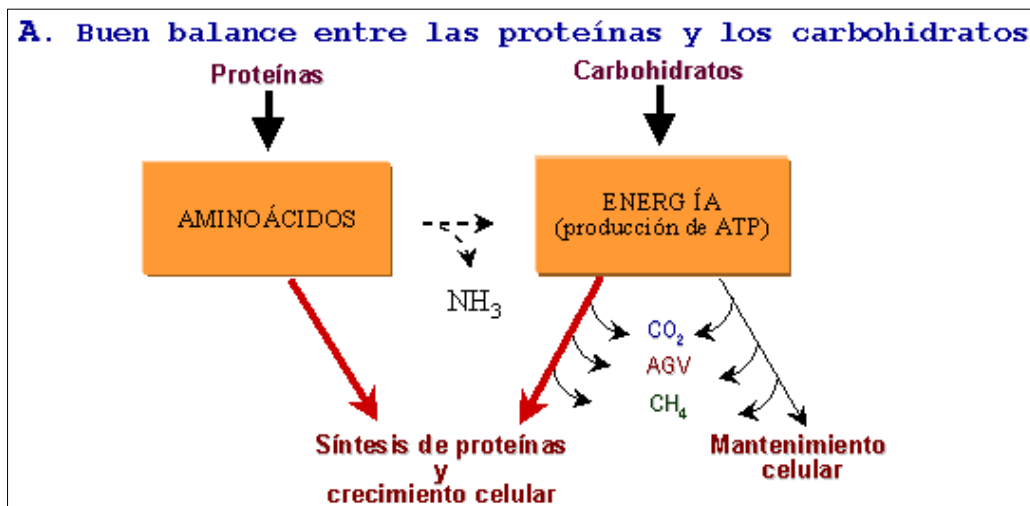
En el rumen, cierta cantidad de proteína dietaria puede escapar a la digestión ruminal y pasar al intestino sin modificarse en el rumen, a ésta se le denomina proteína sobrepasante. La proteína microbiana representada por los cuerpos celulares de los microorganismos, pasa con las proteínas de la ración que no fueron modificadas por la microbiota ruminal a través del omaso, abomaso, hasta el intestino en donde son digeridas por acción de las enzimas pepsina, tripsina, quimiotripsina, carboxipeptidasa y aminopeptidasa en forma similar a la digestión proteica en los monogástricos.

El crecimiento microbiano depende del aporte de nutrientes y de la velocidad a la cual los microorganismos del rumen se eliminan. Las proteínas o el nitrógeno no proteico (NNP) y los carbohidratos son utilizados para la producción ruminal de microbios, AGV, amoníaco, metano y bióxido de carbono de acuerdo a la siguiente ecuación:

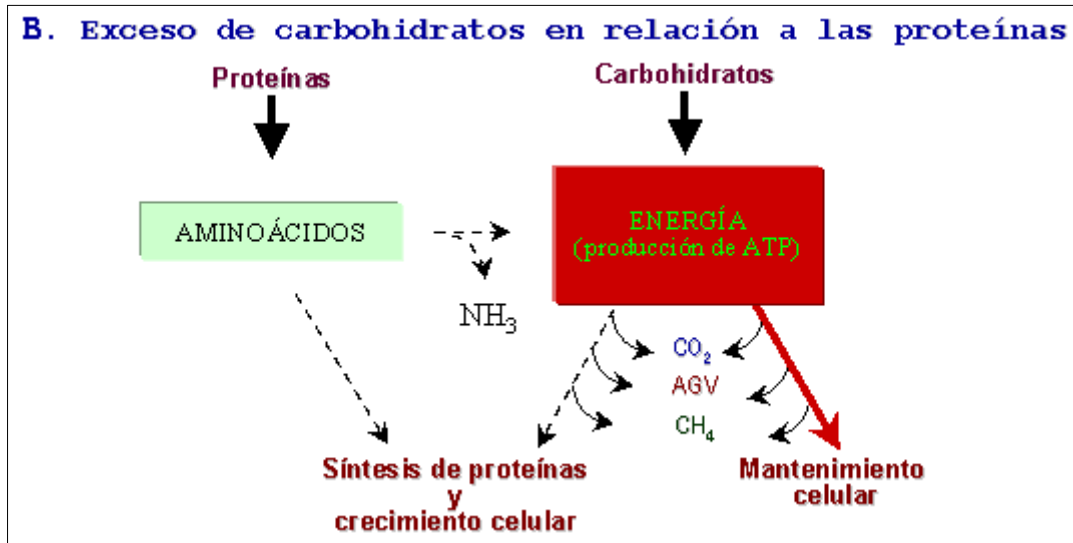


El equilibrio en los productos de la ecuación depende de la concentración y balance de los sustratos.

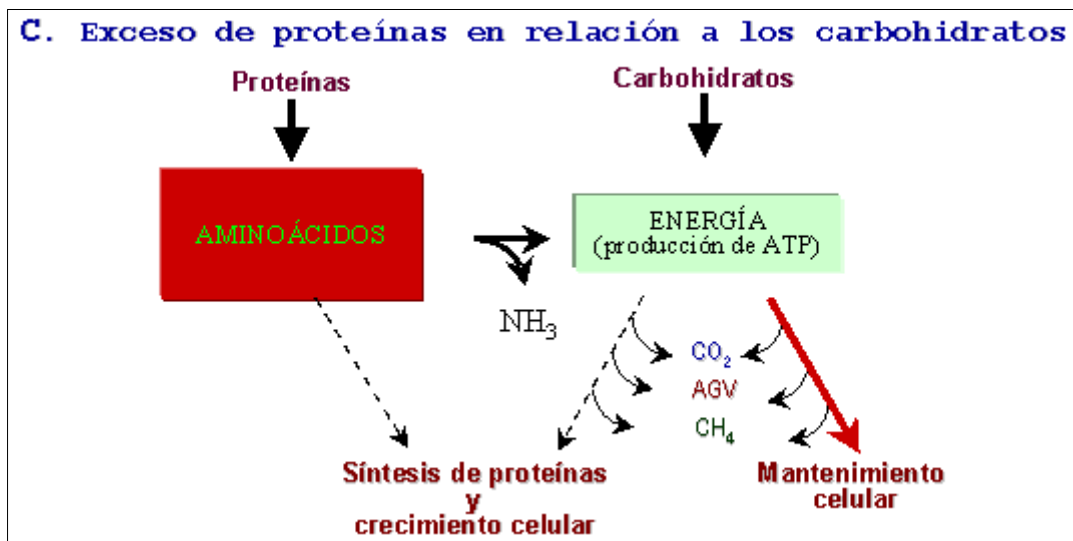
CONCENTRACIÓN Y BALANCE DE SUSTRATOS EN EL METABOLISMO RUMINAL



En estas condiciones se favorece la **producción proteica y por lo tanto el crecimiento microbiano**. La fermentación de la glucosa con la consecuente producción AGV se incrementa con el fin de llenar las fuertes demandas energéticas ligadas a un rápido crecimiento de la microbiota. La producción de amoníaco es baja, porque la mayor parte del nitrógeno se encuentra incorporada a la proteína microbiana.



Bajo este perfil existe una gran cantidad de energía pero insuficiente nitrógeno para sostener una adecuada síntesis proteica, por lo tanto el crecimiento microbiano no es el óptimo. La energía se vuelve ineficiente a medida que se utiliza para mantener a células que no se están replicando, en lugar de utilizarse para los procesos sintéticos de las células en crecimiento. La actividad de los microorganismos todavía da lugar a cierta fermentación de la glucosa con una formación moderada de AGV, pero el crecimiento microbiano y la producción de amoníaco se limita debido a la carencia de nitrógeno.



En esta situación existe mucho nitrógeno para sostener el crecimiento, pero se limita debido al insuficiente aporte de energía. Esto obliga a los microorganismos a utilizar aminoácidos para llenar sus requerimientos de energía, en vez de utilizarlos para la síntesis de proteínas. La velocidad de crecimiento de los microbios es baja y la producción de AGV es moderada. Gran cantidad de los AGV proviene de las cadenas carbonadas de los aminoácidos, mientras que los grupos amino son derivados hacia la producción de amoníaco.

La relación que existe entre la disponibilidad de carbohidratos y la de proteínas (o nitrógeno) ejerce un fuerte impacto sobre la producción de células microbianas y por lo tanto sobre la nutrición del huésped. La mayoría de los microorganismos ruminales pueden sintetizar proteína a partir de amoníaco proveniente de fuentes no proteicas tales como la urea. Desde un punto de vista nutricional y económico, esto se ha explotado utilizando fuentes nitrogenadas de bajo costo en lugar de proteínas costosas en las dietas de los rumiantes, permitiendo la síntesis microbiana de proteína para satisfacer las necesidades del hospedero.

DIGESTIÓN DE LÍPIDOS

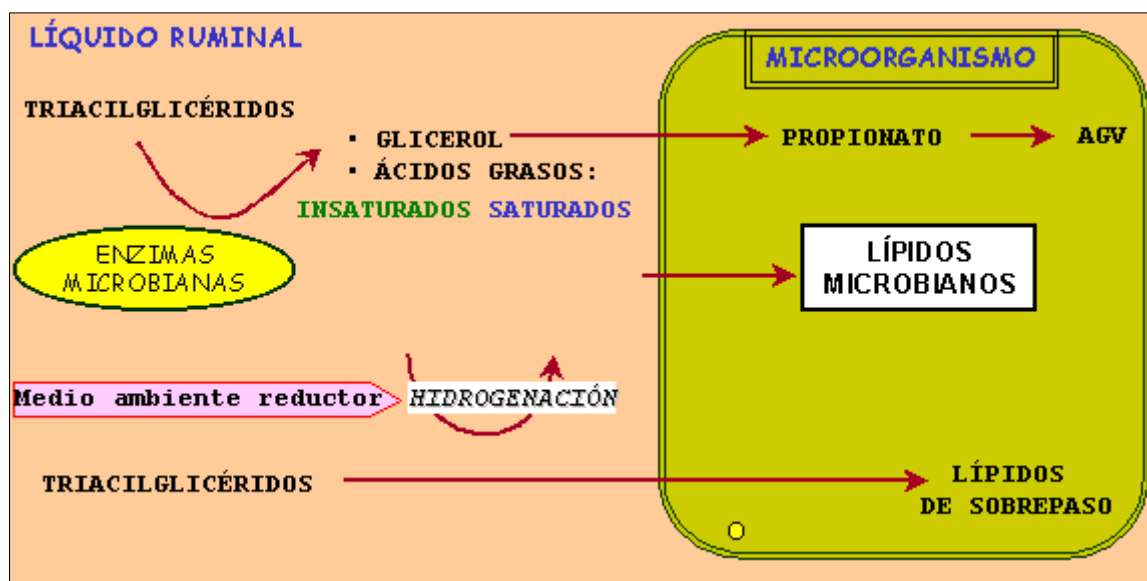
Cuando la dieta del rumiante consiste principalmente de forrajes, los lípidos que se encuentran en mayor proporción son los galactoglicéridos, pero si el nivel de granos o concentrados es elevado, los triacilglicéridos son más abundantes.

Se ha observado que la mayoría de los ácidos grasos presentes en la dieta de los rumiantes son insaturados. En el rumen tanto los galactoglicéridos como los triglicéridos y fosfolípidos son hidrolizados por las bacterias, el resultado son ácidos grasos libres y glicerol.

El glicerol derivado de la hidrólisis de los triglicéridos es fermentado hasta propionato y posteriormente absorbido junto con los otros AGV. Por otro lado se sabe que los lípidos que se encuentran en el tejido adiposo del animal y en la leche de las especies rumiantes son saturados sufriendo poca modificación, por cambios en el aporte de lípidos insaturados de la dieta. Este fenómeno se debe a que el medio ambiente reductor del rumen produce la hidrogenación de una gran cantidad de ácidos grasos insaturados previamente hidrolizados.

Posteriormente los lípidos microbianos son digeridos y adsorbidos en el intestino delgado.

Al igual que las proteínas, algunos lípidos pueden escapar a la digestión microbiana ruminal y llegar intactas al intestino (donde son digeridos). A estos lípidos se les denominan de sobrepaso.



Las ventajas que presenta la hidrogenación de ácidos grasos son:

- ◆ Aumenta el crecimiento bacteriano, ya que los ácidos grasos insaturados provocan cambios en la permeabilidad de las membranas microbianas (inhibiendo su desarrollo).
- ◆ Se reduce la producción de metano al haber menor cantidad de hidrógeno.
- ◆ Aumenta la energía disponible, ya que los ácidos grasos saturados liberan más energía al oxidarse que los ácidos grasos insaturados.

Volver a: [Manejo del alimento y carga animal](#)