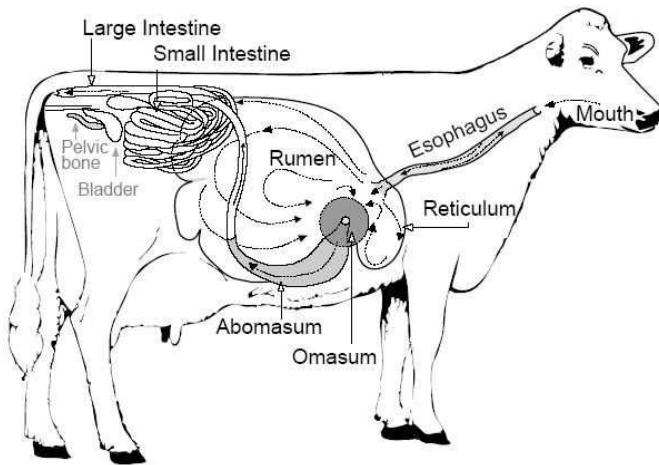


El rumen



El rumen es un gran saco anóxico. Los rumiantes se alimentan de hierba y de otros vegetales que contienen celulosa, almidón, pectina y hemicelulosa, , 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 la obtención del alimento. En el interior del rumen poblaciones de bacterias y de arqueas convierten estos complejos materiales vegetales en ácidos grasos de bajo peso molecular, dióxido de carbono y metano. Los ácidos orgánicos de bajo peso molecular, especialmente el acetato, satisfacen las necesidades nutritivas del animal. El dióxido de carbono y el metano se eliminan como productos residuales.

Digestión en el rumen

La digestión en el rumen es un caso específico de mutualismo entre animales y microorganismos intestinales. Los animales rumiantes consumen hierba, hojas y ramitas ricas en celulosa. Estos poseen una cámara especializada denominada rumen, que alberga grandes

poblaciones de protozoos y bacterias que contribuyen a la digestión. **E**l rumen proporciona un ambiente estable y relativamente uniforme, de características anaeróbicas, con una temperatura entre 30 y 40 °C y un pH de 5.5 a 7.0. Estas condiciones óptimas para los microorganismos asociados, y el continuo aporte de material vegetal ingerido permiten el desarrollo de comunidades muy densas (10^{10} - $10^{11}/ml$) de microorganismos.

Estos microorganismos convierten la celulosa, el almidón y otros nutrientes ingeridos en dióxido de carbono, hidrógeno gaseoso, metano y ácidos orgánicos de bajo peso molecular, como el ácido acético, el propiónico y el butírico. Estos ácidos orgánicos, tras ser absorbidos pasan al torrente circulatorio del animal, donde se oxidan aeróbicamente produciendo energía. Los rumiantes también pueden utilizar las proteínas producidas por las poblaciones microbianas que llevan asociadas. El dióxido de carbono y el metano producidos en el rumen por la fermentación de los metanógenos se expulsan al exterior, sin que contribuyan a la nutrición del animal.

El ambiente anóxico del rumen determina que un porcentaje relativamente bajo (sobre el 10%) de valor calórico se pierda durante la digestión microbiana; pero parte de dicha "pérdida" energética beneficia al animal, ya que le ayuda a mantener su temperatura corporal. Los rumiantes emplean de forma óptima alimentos con alto contenido en celulosa, pero son relativamente ineficaces para procesar piensos con un alto contenido proteínico. En dietas ricas en proteínas, éstas se complejan mediante tratamientos con formaldehido, dimetilolurea y otros agentes que bloquean su degradación por parte de los microorganismos del rumen, así se garantiza que la proteína de algo valor nutritivo sea digerida y absorbida en la Proción terminal del intestino, en vez de ser fermentada y producir metano.

El rumen contiene una gran diversidad de microorganismos. Las poblaciones de bacterias que allí viven comprenden microorganismos que digieren la celulosa, el almidón y la hemicelulosa; fermentadores de azúcar; otros que metabolizan los ácidos grasos; bacterias metanógenas; bacterias proteolíticas y bacterias lipolíticas.

Algunas especies de bacterias del rumen

Organismo	Morfología	Movilidad	Productos de fermentación	DNA (mol %C+G)	Sustrato
Fibrobacter succinogenes *	Bacilo	-	Succinato, acetato, formiato	45-51	Celulosa
Butyrivibrio fibrisolvens *	Bacilo curvado	+	Acetato, formiato, lactato, butirato,	41	Celulosa

			H2 y CO2		
<i>Ruminococcus albus</i> *	Coco	-	Acetato, formiato, H2 y CO2	43-46	Celulosa
<i>Clostridium lochheadii</i>	Bacilo (espora)	+	Acetato, formiato, butirato H2 y CO2	-	Celulosa
<i>Ruminococcus Flavefaciens</i>	Coco		Acetato, succinato y H2	39-44	Celulosa
<i>Clostridium polysaccharolyticum</i>	Bacilo (espora)		Acetato, formiato, butirato y H2	-	Celulosa y almidón
<i>Bacteroides ruminicola</i>	Bacilo	-	Formiato, acetato y succinato	40-42	Almidón
<i>Ruminobacter amylophilus</i>	Bacilo	-	Formiato, acetato y succinato	49	Almidón
<i>Selenomonas ruminantium</i>	Bacilo curvado	+	Acetato, propionato y lactato	49	Almidón
<i>Succinomas amyloytica</i>	Ovalado	+	Acetato, propionato y succinato	-	Almidón
<i>Streptococcus bovis</i>	Coco	-	Lactato	37-39	Almidón
<i>Selenomonas lactilytica</i>	Bacilo curvado	+	Acetato y succinato	50	Lactato
<i>Megasphaera elsdenii</i>	Coco	-	Acetato, propionato, butirato, valerato, coproato, H2 y CO2	54	Lactato

<i>Viellonella párvala</i>	Coco		Acetato, propionato y H2	38-41	Lactato
<i>Lachnospira multiparus</i>	Bacilo curvado	+	Acetato, formiato, lactato, H2 y CO2	-	Pectina
<i>Anaerovibrio lipolytica</i>	Bacilo		Acetato, propionato y succinato	-	Lipolítico
<i>Eubacterium ruminantium</i>	Bacilo		Formiato, butirato, lactosa y CO2	-	Xilano
<i>Lactobacillus ruminis</i>	Bacilo		Lactosa	44-47	Azúcares
<i>Lactobacillus vitulinus</i>	Bacilo		Lactosa	34-37	Azúcares
<i>Methanobrevibacter ruminantium</i>	Bacilo	-	CH4 (de H2 + CO2 o formiato)	31	Metanógenos
<i>Methanomicrobium mobile</i>	Bacilo	+	CH4 (de H2 + CO2 o formiato)	49	Metanógenos
<i>Eubacterium oxidoreducens</i>	Bacilo		Lactosa y H2	36	Aromáticos

Gran parte de estas especies bacterianas producen acetato, el ácido predominante en el rumen. También producen propionato, el único ácido producto de la fermentación que los rumiantes pueden convertir en carbohidratos. Esta comunidad bacteriana tan diversa del rumen posee el conjunto de las enzimas necesarias para la digestión de los diferentes componentes vegetales ingeridos por los rumiantes.

El rumen contiene, además de bacterias, grandes poblaciones de protozoos; la mayoría ciliados, aunque también se encuentran flagelados, como *Eutodinium*, *Diplodiniu*, y *Sarcodina*. Los ciliados del rumen son un grupo altamente especializado que vive en condiciones

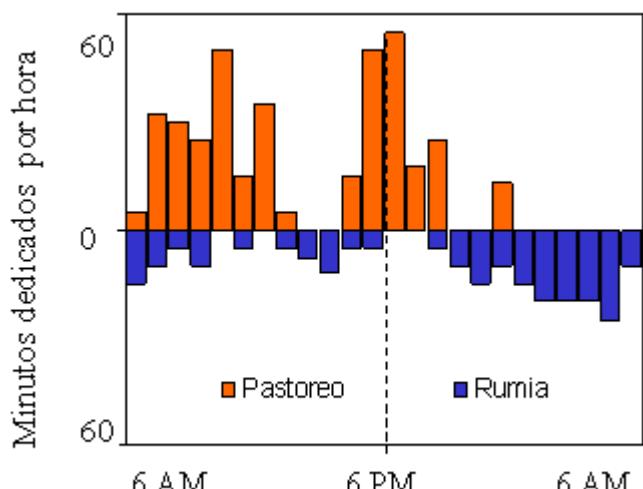
anaeróbicas; fermentan material vegetal para obtener energía y toleran la presencia de densas poblaciones bacterianas. Ciertas poblaciones de protozoos del rumen pueden digerir el almidón y la celulosa, otras fermentan carbohidratos disueltos y algunas son depredadoras de poblaciones bacterianas. Las proteínas de los protozoos son digeridas a su vez por las encimas de los rumiantes. Los protozoos del rumen almacenan gran cantidad de carbohidratos que el rumiante digiere junto con las proteínas de la biomasa de los protozoos. La digestión realizada por los protozoos se produce en el libro y en el cuajar, compartimentos del estómago de los rumiantes localizados en posición adyacente al rumen. Los protozoos son digeridos de forma más eficaz que las bacterias, ya que éstas tienen paredes celulares resistentes y un elevado contenido de ácidos nucleicos. Aunque los hongos tienen una escasa representación en la comunidad microbiana del rumen, algunos quitridios anaerobios intervienen en la despolimerización de celulosa.

La relación entre rumiantes y las poblaciones microbianas del rumen es de tipo mutualista, ambos miembros obtienen beneficios de esta relación. Algunas poblaciones microbianas solamente se han encontrado en el ambiente especializado del rumen; otras, aparecen también en otros ambientes. Los microorganismos del rumen digieren materiales vegetales, produciendo ácidos grasos de bajo peso molecular y proteínas microbianas que son aprovechadas por el rumiante. Mientras algunas poblaciones bacterianas del rumen requieren factores de crecimiento, otras producen las vitaminas necesarias para la comunidad del rumen y para el rumiante.

El rumen proporciona un ambiente adecuado para los microorganismos y un aporte constante de sustratos para su actividad fermentadora. La

rumia (remasticación del alimento ingerido) consiste en el triturado del material vegetal, que así ofrece una mayor superficie para el ataque microbiano.

La gráfica muestra el tiempo utilizado para pastorear y para rumiar. Se puede observar que los animales pastorean

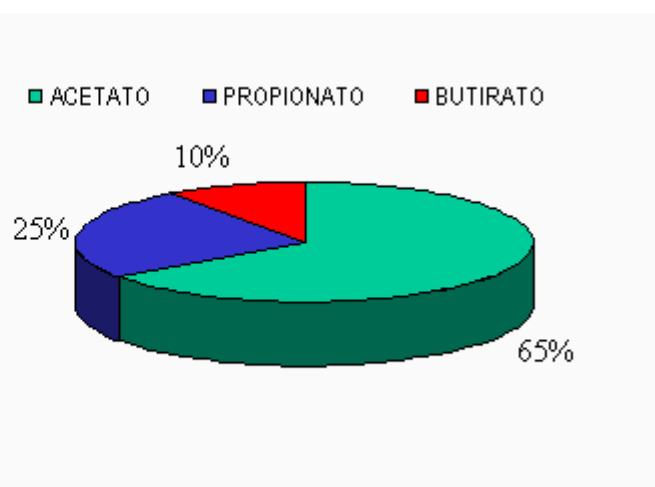
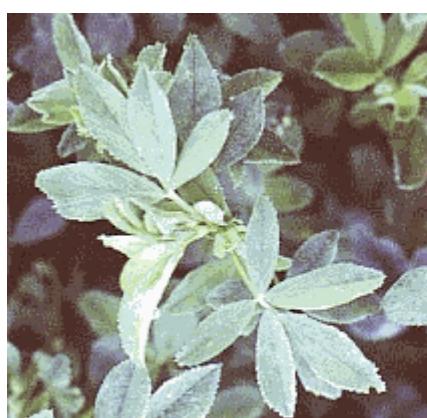


principalmente durante la mañana y rumian en la noche.

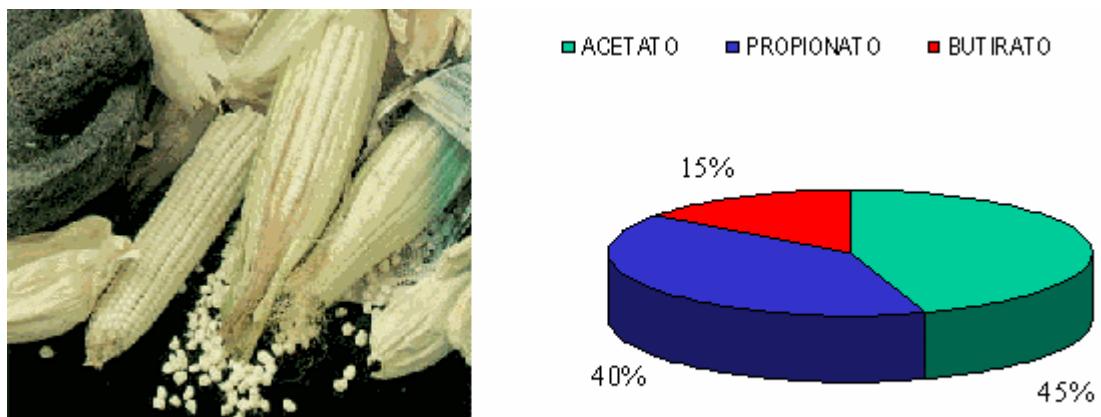
La saliva del animal también contribuye a preparar el material vegetal para el ataque microbiano. El movimiento del estómago de los rumiantes permite que los alimentos se mezclen adecuadamente para que el crecimiento microbiano y las actividades metabólicas sean óptimas. La eliminación de ácidos grasos de bajo peso molecular por absorción hacia el torrente circulatorio, permite la proliferación de las poblaciones de microorganismos. La acumulación de estos ácidos sería tóxica para los microorganismos.

La gran diversidad de las poblaciones microbianas del rumen permite una adaptación ante cambios en la dieta del animal. Algunos materiales vegetales ingeridos contienen grandes cantidades de celulosa; otros, importantes cantidades de hemicelulosas; e incluso otros, almidón. La proporción relativa de poblaciones microbianas del rumen cambia según sea la naturaleza del material ingerido. Los cambios bruscos en la dieta, pueden alterar el sistema de fermentación del rumen y causan una excesiva producción de metano capaz de distender el rumen. En ocasiones, esta distensión puede llegar a comprimir los pulmones y ahogar al animal, situación que se conoce como la hinchazón de las ovejas o del ganado. Cuando se produce, únicamente se puede salvar al animal mediante una punción del rumen que permita la salida del exceso de metano.

Cuando la dieta del animal está basada en forrajes, la proporción molar es:



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



Un cambio brusco de una dieta a otra podrá causar los efectos antes mencionados.

<http://www.ugr.es/~cjl/rumen.pdf>