

BACTERIAS RUMINALES

Ing. Zoot. María del Rosario Blanco. 1999.
Supervisión: Med. Vet. Oscar E Rivera.

INTRODUCCIÓN

Los herbívoros convierten los productos vegetales en alimentos, producen proteínas animales sin entrar en competencia con el hombre por el uso de los recursos. La eficiencia de conversión depende, en parte, de la eficiencia de digestión de las fibras vegetales en el rumen. La digestión de la pared celular vegetal en los rumiantes depende, a su vez, de la colonización y digestión de la misma dentro del complejo ecosistema microbiano del rumen.

El conocimiento y comprensión de la ecofisiología microbiana ruminal son imprescindibles para mejorar la utilización de los alimentos y como consecuencia de ello incrementar la eficiencia de producción.

La diversidad de microorganismos del rumen es importante porque la presencia de especies distintas aporta un conjunto mayor de genes y complemento de enzimas, así como reacciones bioquímicas precisas para una conversión máxima de productos alimenticios en células microbianas y productos de fermentación. Existen en el rumen especies que se superponen en su capacidad para utilizar un determinado sustrato aumentando así la eficacia con que es utilizado dicho sustrato. Una población diversa estabilizará la fermentación, al evitar grandes fluctuaciones en las cantidades y proporciones de productos finales formados.

El rumiante recién nacido queda expuesto a muchas poblaciones microbianas diferentes durante el parto y son estas las que posteriormente contribuyen al establecimiento de la población microbiana gastrointestinal. Estas poblaciones tienen su origen en; la vagina, la saliva de la madre, bolo alimenticio, estiércol, flora ambiental, otros animales, la ubre y la leche y otras fuentes alimenticias. Las más importantes son el contacto entre animales y los alimentos disponibles.

Hasta la 3ª semana de edad las bacterias que aparecen en el rumen de terneros son diferentes a las del vacuno adulto. Entre las semanas 9ª y 13ª la población bacteriana del rumen es prácticamente igual a la del rumiante adulto.

Al igual que en los terneros, en los corderos el cambio hacia las especies predominantes que se descubren en las ovejas adultas tiene lugar a la 6ª semana de edad.

La cantidad de bacterias puede variar por factores ambientales o dietarios, y cuando estos dos parámetros se mantienen, las variaciones derivan de factores específicos de cada animal, tales como: tiempo destinado a la rumia, cantidad de saliva segregada, consumo de agua y capacidad de avance de la digesta.

Desde el punto de vista de la fermentación, el rumen es un ente bastante independiente del animal per se. No obstante ambos interactúan y, tanto las bacterias como el animal se benefician mutuamente. El rumen posee una serie de características que intervienen en el crecimiento de los organismos .

Concentración de sustrato: continua, cuando el animal ingiere alimentos en forma frecuente, y discontinua (en animales en pastoreo) donde se producen dos grandes picos, por lo cual la concentración de sustrato varía marcadamente a lo largo del día. Lo anteriormente mencionado determina que la dinámica de la digestión y movimientos de las partículas en el rumen sea diferente en los animales en pastoreo que en los estabulados y alimentados en forma frecuente.

- a- Cambios de tamaño de partículas: a través de la rumia las partículas ingeridas disminuyen su tamaño hasta lograr pasar por el orificio retículo – omasal provocando el vaciado del rumen y el ingreso de alimentos a través del consumo. Esta disminución de tamaño genera una mayor superficie que es colonizada por las bacterias, afectando el proceso de fermentación.
- b- Control de temperatura: la temperatura del contenido ruminal oscila entre 38 y 40° C. Estas altas temperaturas están asociadas a la fermentación activa y a la producción de calor por el animal.
- c- Control del pH: el pH es uno de los factores más variables del ambiente ruminal, es afectado por la naturaleza del alimento, forma física del mismo, frecuencia de la ingesta, etc. En condiciones de pastoreo, los cambios de pH son muy marcados, y están asociados a la ingesta. Varias experiencias han demostrado que la efectividad del crecimiento de las bacterias predominantes en el rumen varía considerablemente con el pH. Las bacterias celulolíticas y las metanógenas son afectadas intensamente una vez que el pH del rumen desciende por debajo de 6,0. También son afectados los protozoos del rumen por el descenso de pH determinado por un consumo excesivo de concentrados en la dieta. Si se mantiene el pH en 5,5 puede aparecer en el rumen un elevado número de protozoos.

- d- Provisión de nutrientes endógenos: a través de la saliva, de descamaciones epiteliales y pasaje a través de las paredes ruminales se aportan nutrientes para el crecimiento bacteriano, tales como: urea, fosfatos y otros. Estos son importantes sobre todo en animales que pastorean forrajes secos de baja calidad, y deficientes en varios nutrientes necesarios para un adecuado crecimiento bacteriano.
- e- Eliminación de los productos finales de la digestión: los AGV, el ácido láctico, el NH₃ son eliminados por absorción o pasaje, por lo tanto no se acumulan y no modifican la fermentación. Ya que una acumulación de los mismos provocaría una reducción del pH.
- f- Eliminación por pasaje de la fracción no digerida: todo material que no ha sido fermentado en el rumen y que por ende no aporta nutrientes a las bacterias ruminales, deja el rumen por pasaje al tracto digestivo posterior, permitiendo una nueva ingesta de alimento fresco, es decir nuevo sustrato para los microorganismos.
- g- Mantenimiento de la anaerobiosis: los microorganismos que habitan el rumen viven y se reproducen en condiciones de ausencia de oxígeno. El oxígeno que entra por el proceso de deglución y rumia es rápidamente eliminado por los gases dióxido de carbono y metano, que genera el proceso de fermentación en cantidades importantes. También existen bacterias encargadas de eliminar el oxígeno, permitiendo que el rumen este siempre en anaerobiosis.

Las bacterias del rumen presentan un amplio margen de sensibilidad al pH, potencial redox y osmolaridad. Estas diferencias pueden influir en como las bacterias del rumen compiten entre sí para influir sobre la disponibilidad y concentración de sustratos.

BACTERIAS CELULOLÍTICAS

Las bacterias ruminales pueden hidrolizar la celulosa y metabolizar los azúcares solubles producidos. Los productos finales del metabolismo microbiano, así como la síntesis de proteína microbiana son el resultado de varios factores: características físicas y químicas del alimento, fisiología del aparato digestivo del rumiante y composición de la flora microbiana del rumen.

Las especies de bacterias más importantes que degradan la celulosa son: *Ruminococcus flavefaciens*, *Ruminococcus albus*, *Bacteroides succinogenes* y *Butyrivibrio fibrisolvens*. Bajo determinadas condiciones especies tales como *Eubacterium cellulosolvens* puede constituir la bacteria celulolítica más importante en el rumen.

Cuando los animales consumen dietas ricas en forrajes se descubre un elevado número de estas bacterias celulolíticas, aunque también aparecen con algunas dietas ricas en cereales. Se reportó que *Bacteroides succinogenes* posee una celulasa extracelular que se libera de la célula y se difunde en el medio ambiente. Estudios con *R. albus* indican que posee un complejo de varias enzimas con funciones específicas en la degradación escalonada de la celulosa hasta glucosa (Church 1993) No se conoce aún el mecanismo de regulación de estas enzimas.

BACTERIAS HEMICELULOLÍTICAS Y PECTINOLÍTICAS

Las principales bacterias hemicelulolíticas del rumen son: *Butyrivibrio fibrisolvens*, *Bacteroides ruminicola* y *Ruminococcus* spp. La mayoría de las especies predominantes de *ruminococcus* celulolíticas degradan y utilizan con eficacia la hemicelulosa. Las principales bacterias que degradan la pectina son también *Butyrivibrio fibrisolvens*, *Bacteroides ruminicola* y *Lachnospira multiparus*. Otras bacterias pectinolíticas incluyen *Succinivibrio dextrinosolvens*, *Treponema* spp. y *Streptococcus bovis*.

B. fibrisolvens posee una enzima extracelular pectinolítica que es una exopectato liasa. Esta enzima divide la cadena de pectina en su extremo terminal. Otras bacterias pectinolíticas del rumen poseen endopectato liasa, que efectúa la rotura al azar a lo largo de la cadena de pectina. (Church, 1993)

BACTERIAS AMIOLÍTICAS

Las principales bacterias amilolíticas del rumen son: *Bacteroides amylophilus*, *Streptococcus bovis*, y *Bacteroides ruminicola* *Succinivibrio dextrinosolvens* usará también dextrina aunque no todos los almidones. Las bacterias amilolíticas suelen predominar en el rumen cuando se consumen dietas ricas en almidón, aunque algunas bacterias como *B. ruminicola*, parecen ser más prevalentes con dietas pobres en almidón. En la degradación - amilasa extracelular que parte al azar la cadena de almidón interviene la amilasa. (Hobson y Wallace 1982)

BACTERIAS QUE UTILIZAN AZÚCARES SIMPLES

Todas las bacterias del rumen que degradan carbohidratos complejos son capaces asimismo de fermentar algunos azúcares simples. *R. flavefaciens* puede fermentar la glucosa aunque pueden utilizar celobiosa de forma eficiente. Disponen de un enzima, celobiosa fosforilasa, que fermenta la celobiosa en lugar de la glucosa.

Treponema bryantii se asocia a especies celulolíticas del rumen y estas espiroquetas utilizan algunos de los azúcares y celulo-dextrinas que se liberan durante la degradación de la celulosa.

Lactobacillus vitulinus y *L.ruminus*, se han identificado como fermentadores de azúcar en el rumen. Estos fermentadores de azúcares aparecen cuando se consumen dietas ricas en cereales o forrajes jugosos que contienen elevadas concentraciones de azúcares.

BACTERIAS QUE UTILIZAN ÁCIDOS INTERMEDIOS

Las bacterias que utilizan ácidos intermedios en el rumen realizan la fermentación secundaria de los productos finales de otras bacterias del rumen. Entre estos ácidos se incluyen lactato, succinato y metanoato. El lactato puede ser fermentado hasta acetato, propionato o ácidos grasos de cadena más larga por bacterias tales como *Megasphaera elsdenii* y *Selenomonas ruminantium*. El intercambio del lactato aumenta con el consumo de cereales y se produce el correspondiente aumento de bacterias que utilizan lactato. El succinato es el principal producto final de muchas bacterias importantes del rumen incluyendo especies celulolíticas. Este es convertido en propionato y CO₂ por *S. Ruminantium*, *Veillonella alcalescens*, *Anaerovibrio lipolytica* y *Propionibacteria*.

El metanoato es usado como un precursor para la producción de metano por *Methanobrevibacter ruminantium*.

BACTERIAS PROTEOLÍTICAS

Las bacterias proteolíticas del rumen incluyen *Bacteroides amylophilus*, *B. ruminicola*, algunas cepas de *Butyrivibrio fibrisolvens* y *Streptococcus bovis*.

Estudios practicados con inhibidores específicos indican que en el rumen aparecen al menos tres tipos de proteinasas microbianas, específicamente: cisteína-proteinasas, serina-proteinasas y metalo-proteinasas. Muchas de estas especies bacterianas disponen también de exopeptidasas para una posterior descomposición de oligopéptidos hasta aminoácidos y péptidos de cadena más corta. *B. ruminicola* precisa oligopéptidos o amoníaco para crecer.

BACTERIAS PRODUCTORAS DE AMONIACO

La producción de amoníaco mediante la desaminación de aminoácidos es realizada por *Bacteroides ruminicola*, *Megasphaera elsdenii*, *Selenomonas ruminantium* y unas pocas especies de *Butyrivibrio*. En general, el amoníaco es más importante como fuente de N para aquellas bacterias del rumen que digieren carbohidratos complejos en lugar de azúcares sencillos.

El amoníaco se obtiene también de la hidrólisis de la urea.

BACTERIAS LIPOLÍTICAS

Los lípidos son metabolizados activamente por las bacterias del rumen. *Anaerovibrio lipolytica* hidroliza triglicéridos y fosfolípidos para liberar glicerina y tres ácidos grasos. La lipasa de esta bacteria es extracelular y va unida a la membrana. Galactolípidos, fosfolípidos y sulfolípidos, que se descubren en los forrajes, son hidrolizados por un *Butyrivibrio* spp. La hidrogenación de los ácidos grasos insaturados de cadena larga por las bacterias del rumen es responsable de la composición relativamente constante de la grasa de la grasa corporal de los rumiantes y de las concentraciones elevadas de ácidos grasos infrecuentes en la grasa de su leche.

BACTERIAS PRODUCTORAS DE METANO

Las bacterias productoras de metano constituyen una clase especial en la población del rumen por su papel en la regulación de la fermentación total al eliminar H₂ gaseoso. La reducción de CO₂ con H₂ gaseoso es el método primario por el cual se produce CH₄ en el rumen. Sin embargo, suele aparecer *Methanosarcina barkerii*, un germen metanógeno que utiliza metanol, metilamina y acetato para producir CH₄.

Al mantener baja la concentración de H₂ en el rumen mediante la formación de CH₄, las bacterias metanógenas promueven el crecimiento de otras especies bacterianas en el rumen y permiten una fermentación más eficaz. Las bacterias metanógenas incluyen: *Methanobrevibacter ruminantium*, *Methanobacterium formicicum* y *Methanomicrobium mobile* (Church, 1993).

PROTOZOOS DEL RUMEN

El número de protozoos en el rumen es de unos 10⁴ a 10⁶ células/ml de contenido ruminal. Todos los protozoos son anaerobios estrictos. La mayoría de las especies son ciliados y flagelados. Los ciliados pertenecen a la familia *Isotrichidae* (géneros *Isotricha* y *Dasytricha* son prevalentes) y a la familia *Ophryoscolecidae* (géneros *Entodinium*, *Diplodinium*, *Epidinium* y *Ophryoscolex* son prevalentes).

Los protozoos no pueden sintetizar proteínas a partir de N no proteico, tampoco pueden degradar la celulosa, pero en compensación están capacitados para almacenar hidratos de carbono en forma de polisacáridos somáticos,

los cuales pueden ser usados como fuente de energía durante los intervalos de ingesta de alimentos. El ingreso posterior de células protozoarias al abomaso y al intestino permite el aprovechamiento de sus proteínas somáticas por parte del rumiante. El valor biológico de estas proteínas es de 80-81 %, y su digestibilidad en 91 %.

El establecimiento de la población de protozoos ciliados depende de la presencia de otros animales que ya tengan protozoos en su rumen. La transferencia normal hasta los animales jóvenes se realiza mediante su transmisión con saliva, bolos alimenticios, o bien cuando se higienizan, o consumen alimentos, también a través del aire.

Se sabe que los protozoos son sumamente sensibles a un pH bajo. Con el consumo de alimentos con menor capacidad para fermentar (ej. forrajes) y el aumento de la secreción de saliva, el pH del rumen se torna más alcalino y entonces pueden establecerse los protozoos.

Los niveles correspondientes a animales adultos se alcanzan entre la 5 y 9 semanas de edad dependiendo de la dieta.

Varios estudios indican que el consumo de alimentos secos es un requisito previo para el desarrollo precoz de una población microbiana en el rumen, y que la cantidad consumida de cereales debe ser menor que la de forraje para asegurar que el pH del rumen sea suficientemente alto como para permitir el establecimiento de bacterias celulolíticas y protozoos.

PROTOZOOS CILIADOS

Son muy versátiles en su capacidad para degradar y fermentar una amplia gama de sustratos. Ingieren las partículas de los alimentos y atacan a la totalidad de los principales componentes de los vegetales, incluyendo celulosa, hemicelulosa, pectina, almidón, azúcares solubles y lípidos. No obstante hay diferencias entre los géneros por su especificidad a los sustratos.

Generalmente aparece más número de protozoos en el rumen cuando los animales reciben dietas muy digeribles.

Todos los protozoos almacenan grandes cantidades de polisacáridos tipo almidón de reserva, que utilizan cuando se agotan los suministros exógenos de energía.

Los protozoos del rumen son proteolíticos y parecen disponer de una cisteína proteinasa junto con elevada actividad aminopeptidasa y una actividad limitada desaminasa. Aminoácidos y amoníaco son excretados como productos finales de su digestión de proteína (Forsberg et al. 1984).

Los protozoos ingieren activamente bacterias como fuente de proteína y compiten eficazmente por sustratos. Excepto por tamaño, los protozoos no muestran preferencias por alguna determinada especie de bacterias del rumen, e ingieren también especies que no son propias del rumen.

Hay diferentes formas de ataque a las bacterias. Entodinium, engullirá las bacterias y las digerirá en su interior, mientras que Epidinium primero las lisa y después digiere los componentes celulares.

Los protozoos carecen de ureasa y el amoníaco es una mala fuente de N para su crecimiento.

Aunque forman parte de la población microbiana y tienen una influencia en la fermentación, los beneficios que producen a los rumiantes siguen siendo controvertidos. Estudios sobre el tema han demostrado que mejora la digestibilidad y las ganancias de peso son más rápidas cuando el rumen contiene protozoos. Las concentraciones de ácidos grasos volátiles son superiores cuando los protozoos están presentes.

Estudios realizados con animales desprovistos de protozoos mediante agentes químicos o por cambios de dieta (defaunado), demuestran que su carencia no afecta a los animales en forma adversa. Esto indicaría que los mismos no realizan funciones específicas que sean esenciales para el rumiante.

El efecto beneficioso podría ser que, al ingerir partículas nutritivas y almacenar polisacáridos de reserva, pueden controlar el nivel de sustratos disponibles y, en consecuencia, mantener una fermentación más uniforme durante los intervalos entre las tomas de alimento. La ingestión de bacterias por los protozoos, mantendría el control sobre la fermentación, sobre todo con dietas ricas en cereales.

El reciclado de proteína microbiana no sería una ventaja para los rumiantes que consumen una dieta rica en proteína, pero sí sería importante en aquellos que reciben dietas pobres en proteína, o en períodos cortos de falta de alimentos. Los rumiantes salvajes mantienen en su rumen poblaciones de protozoos más numerosas que los rumiantes domésticos.

MICROORGANISMOS DEL INTESTINO

La población de bacterias que aparece en el intestino grueso de los rumiantes se parece a la del rumen. En ambos lugares predominan las especies anaerobias.

En el intestino grueso los anaerobios obligados superan a los aerobios en 100 veces como mínimo. Las bacterias predominantes que se aíslan del ciego incluyen varios géneros encontrados en el rumen. También son predominantes los bacilos Gram negativos, como Bacteroides, butyrivibrio y Fusobacterium. También se encuentran cocos Gram positivos como Streptococcus bovis y S. faecalis y algunas especies de Selenomonas.

Las bacterias pueden descubrirse asociadas con partículas de alimentos, libres en la luz intestinal, o fijadas a la capa intestinal y a la capa mucosa. Se ha demostrado que en el intestino grueso de los rumiantes se produce la metanogénesis. En ovejas se comprobó que el 12% de la producción total de CH₄ tendría lugar en el intestino grueso.

Los estudios de concentraciones bacterianas en intestino grueso se han realizado midiendo las concentraciones de ácidos grasos volátiles en diversos segmentos del tracto intestinal.

En corderos hasta los 28 días de edad es el intestino el principal órgano donde se realiza la fermentación. A partir de esta edad el retículo – rumen es el principal lugar de producción de ácidos grasos volátiles.

Las bacterias predominantes aisladas del intestino delgado fueron estreptococos facultativos, Gram positivos y un aislado en forma de bacilo parecido a *Propionibacterium*. Ninguno utiliza almidón como fuente de energía.

El ciego proporciona un ambiente ideal para mantener una elevada población bacteriana, ya que dispone de un suministro relativamente constante de sustratos, temperatura y pH. Los sustratos disponibles incluyen alimentos no digeridos previamente, residuos de alimentos parcialmente digeridos, células provenientes de la descamación y secreciones intestinales tales como bilis, enzimas y mucinas.

En el ciego de ovejas han sido aislados cuatro tipos de microorganismos: cocos y bacilos corineformes, espiroquetas parecidas a *Treponema succinifaciens* y bacilos curvados similares a *Butyrivibrio*.

El consumo excesivo de cereales puede crear un estado de acidosis láctica en el intestino grueso similar a la que aparece en el rumen. La presencia de grandes cantidades de almidón produce una fermentación rápida que origina un descenso de pH y aumenta las cantidades de ácido láctico, provocando un cambio de la población bacteriana.

CONCLUSIONES

Durante los últimos 30 años se han llevado a cabo numerosos trabajos de investigación para caracterizar a la diversa población de microbios descubierta en el rumen. Actualmente ha sido identificada la importancia funcional de la mayoría de las especies bacterianas predominantes descubiertas en el rumen, basándose en su preferencia por diversos sustratos y en los productos finales de su fermentación.

Los estudios efectuados con cultivos puros y co-cultivos han permitido conocer interdependencias importantes y otras interacciones entre los microorganismos del rumen que influyen sobre sus tasas de crecimiento, rendimiento y metabolismo. Este conocimiento ha servido para comprender la mejor forma de manipular la fermentación en el rumen de forma que mejore la eficacia y la producción de los rumiantes.

BIBLIOGRAFÍA

- Church D. Fisiología digestiva y nutrición: Zaragoza. 1993
- Forsberg, C.W., Lovelock L.K., Krumholz L., and Buchanan-Smith. *Appl. Environ. Microbiol.* 47:101. 1984.
- Hobson P.N., and Wallace R.J.. *Microbial ecology and activities in the rumen: Part I and II. CRC Critical Rev. In microbiology.* 1982.
- Saluzzi, Liliana. : Aspectos sobre ecofisiología de las bacterias celulolíticas ruminales. III Jornadas Rioplatenses de Microbiología, 1977.
- Santini, F. J., Fisiología de la digestión ruminal. Aspectos conceptuales e implicancias practicas. Nutrición animal en rumiantes. INTA. Balcarce. 1994.
- Yu, I. And Hungate R.E.. *Ann. Rech. Vet.* 10: 251. 1979.

FUENTE

http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/69-bacterias_ruminales.pdf

http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/69-bacterias_ruminales.pdf