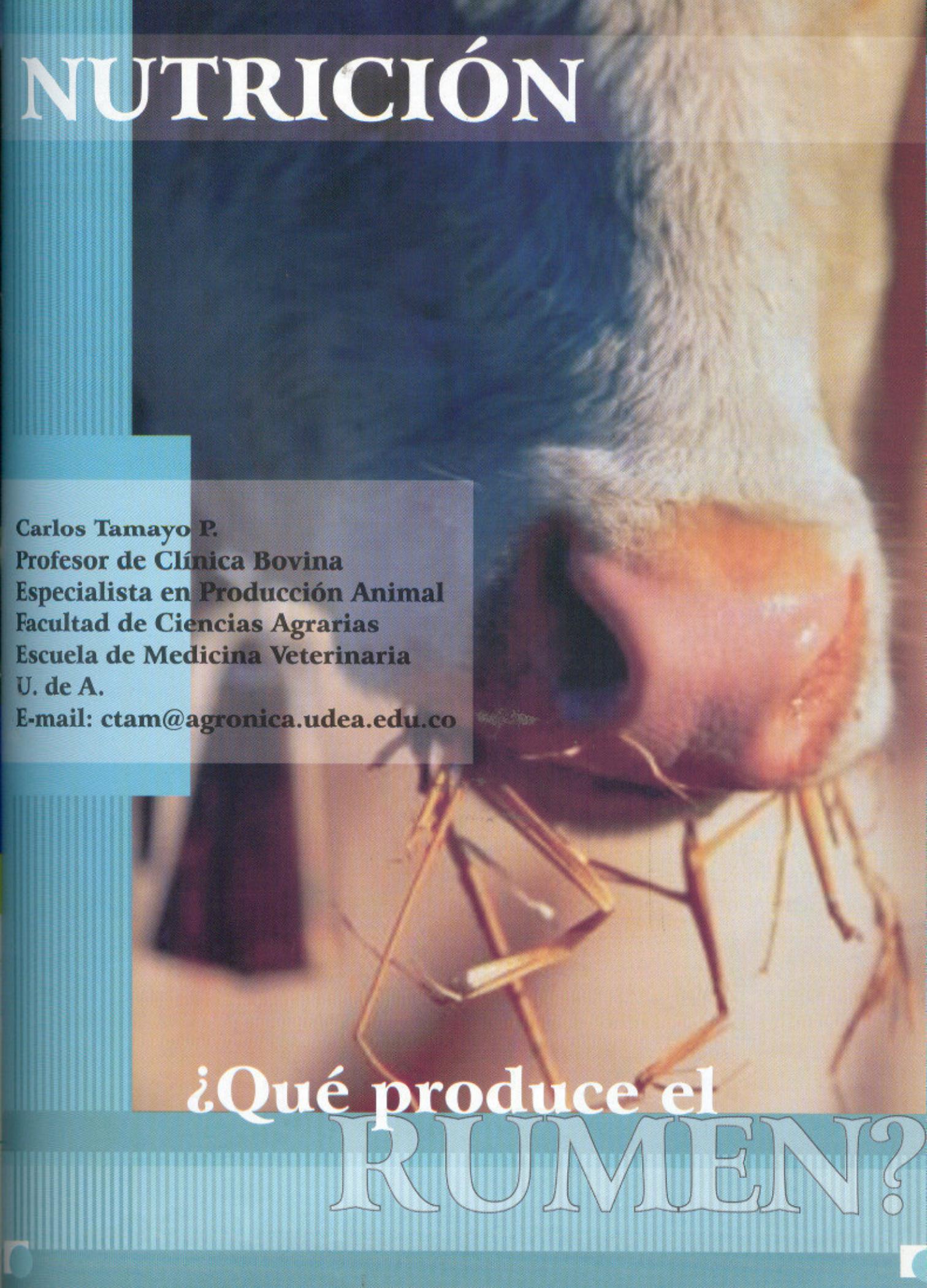


NUTRICIÓN

A close-up photograph of a cow's nose, which is pink and moist. A large, brown, segmented tick is attached to the side of the nose. The background is a blurred, warm-toned surface, possibly the cow's body or a wooden surface.

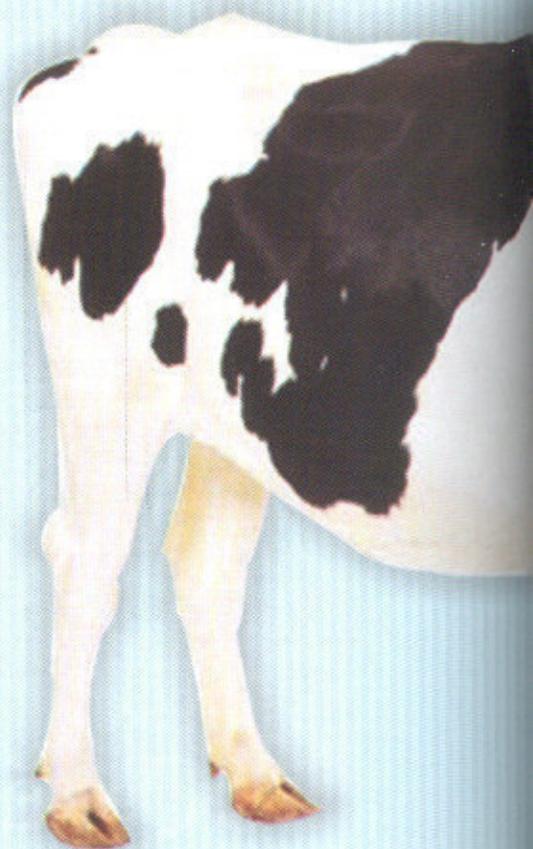
Carlos Tamayo P.
Profesor de Clínica Bovina
Especialista en Producción Animal
Facultad de Ciencias Agrarias
Escuela de Medicina Veterinaria
U. de A.
E-mail: ctam@agronica.udea.edu.co

¿Qué produce el
RUMIEN?

RESUMEN

Las modificaciones sufridas por el tracto gastro-intestinal bovino a través de la evolución, le han permitido desarrollar compartimientos digestivos que le son característicos a la especie. Dentro de estos cambios, el poseer dos estómagos para almacenar y digerir los alimentos por medio de la fermentación del sector rumino-reticular, hace que estas dos cámaras se consideren como un laboratorio microbiológico y bioquímico, por albergar bacterias, hongos y protozoarios, además, de las enzimas por ellos producidas. Por medio de las enzimas el bovino procesa el alimento que ingiere, bien sea pasto o suplementos, para producir ácidos grasos volátiles como fuente de energía y proteína bacteriana que aportan aminoácidos para el rumiante.

Además de estos efectos benéficos para el organismo animal, igualmente dependiendo de ciertos factores condicionantes se producen sustancias tóxicas, bien sea provenientes de la flora y fauna ruminal, como también del metabolismo de los alimentos por ellos ingeridos o de metabolitos de deshecho. Sea del origen que fuere, estas sustancias pueden reflejarse en la pérdida de la salud ruminal y la del organismo en general con signos y síntomas que van desde una indigestión, cuando se compromete el aparato digestivo, hasta los propios de cualquier sistema afectado.

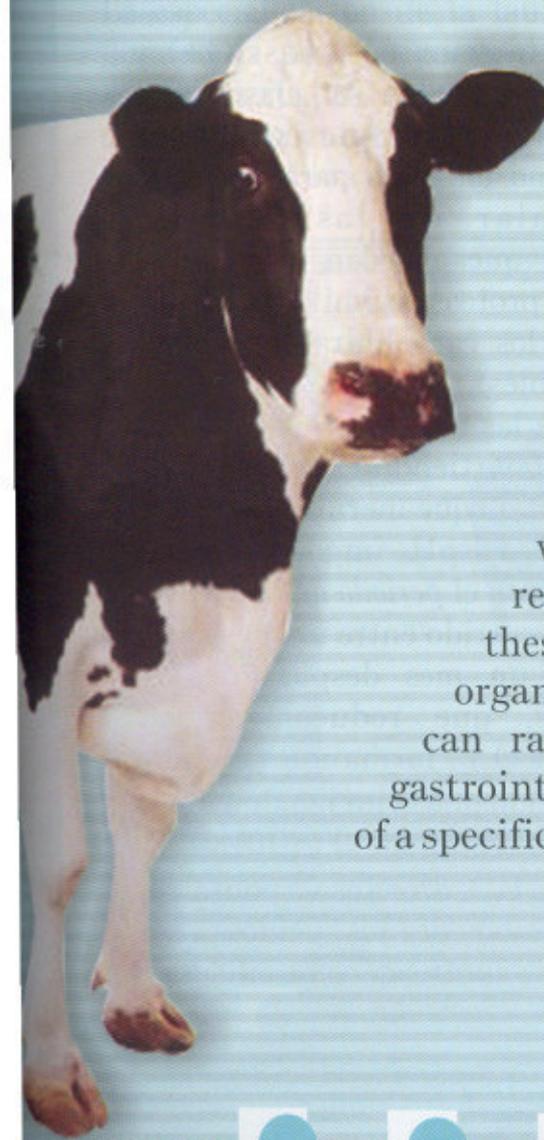




SUMMARY

Modifications undergone through the evolution by the bovine digestive tract, has allowed it to develop digestive compartments characteristic of the specie. Within these changes, having two stomachs to store and digest food by means of ruminal-reticular fermentation makes these two chambers be considered as a microbiologic and biochemical lab since they bear bacteria, fungi, protozoa and their enzymes. By means of the enzymes, the bovine processes ingested food, such as pasture or supplements, to produce volatile fatty acids as an energy source and bacterial protein as an aminoacid supply for the ruminants.

Along with these benefic effects for the animal's organism, and depending on certain conditional factors, toxic substances are also produced which come either from the ruminal flora and fauna as well as from ingested food metabolism or residual metabolites. No matter their source, these substances can give rise to ruminal or organic health loss, with signs and symptoms that can range from a simple indigestion, when the gastrointestinal tract is affected, to those characteristic of a specific affected system.



Los rumiantes, entre ellos los bovinos, son animales que a través de los años han consumido forrajes, pastos y malezas, como fuente de nutrientes para su mantenimiento y el sostenimiento de su descendencia.

Esta capacidad de transformar las plantas que ingieren los diferencia en parte de los monogástricos por el hecho de poseer un sistema digestivo capaz de realizar esta operación, condición que no poseen los animales de un solo estómago. Entre las características del digestivo bovino está el tener un estómago dividido en cuatro compartimientos, dos anteriores y dos posteriores, los primeros son el retículo (bonete) y el rumen (panza), los segundos incluyen el omaso (librillo) y el abomaso (cuajar) o estómago verdadero (6).

El sector anterior (rumen y retículo) es el que realiza los procesos de acumulación, estratificación y transformación del material alimenticio que los poligástricos ingieren para producir sustancias útiles y de deshecho para el rumiante.

El metabolismo y la absorción de nutrientes se realiza por medio de mecanismos que los rumiantes han desarrollado por millones de años, como albergar una flora (bacterias, hongos) y fauna (protozoos), que digiere los alimentos ingeridos por medio de enzimas; también han desarrollado propiedades de absorción en la mucosa

(revestimiento interno) por medio de papilas.

Como se puede ver, el sector anterior del estómago bovino se asemeja a un laboratorio tanto microbiológico como bioquímico, donde interactúan hongos, bacterias, protozoos y las enzimas producidas por todos ellos con el material alimenticio dispuesto en estratos (capas) dentro del rumen. El alimento se puede considerar entonces como un medio de cultivo para la población allí presente.

Las bacterias, gram positivas (G+) y negativas (G-), pueden ser clasificadas como celulolíticas que producen celulasas como enzimas para atacar la pared celular de las plantas; proteolíticas, que abordan la proteína por medio de proteasas; amilolíticas, que metabolizan los carbohidratos solubles (CHOS solubles), almidón y azúcares, por medio de las amilasas; utilizadoras de lactato, convirtiendo el ácido láctico en propionato, lo que merma el impacto sobre la caída del pH, importantísimas además, durante el *período de transición*, (tiempo transcurrido entre un mes antes del parto y un mes después de él); metanógenas, que reducen el gas carbónico (CO₂) formando metano (CH₄), condición que evita igualmente la caída del pH ruminal al utilizar los hidrogeniones (H⁺), directos responsables de la formación de los ácidos. Los protozoarios se clasifican como ciliados y flagelados.

El trabajo de la flora y la fauna es conjunto: primero atacan los hongos rompiendo la pared celular, luego las bacterias penetran por donde se unen los anteriores y por último los protozoos que ingieren y metabolizan nutrientes cuando éstos están en exceso, además ingieren bacterias controlando el número de éstas cuando hay desbalances de nutrientes. Puede apreciarse entonces un nicho (medio) ecológico con características de simbiosis, cooperación, mutualismo, sinergismo y parasitismo, que además cumple con el proceso ecológico de entrada de sustratos, transformación de ellos y salida de productos finales.

La especialización de la fauna y de la flora se da por el tipo de dieta que el animal reciba, si el rumiante basa su dieta en alimentación rica en proteína, como son los pastos altamente

fertilizados y jugosos de nuestras zonas lecheras de Antioquia, además de suplementos concentrados altos en proteína, predominarán las bacterias proteolíticas; si son altos los CHOS solubles en la dieta será alta la flora amilolítica; por el contrario, si el predominio en la alimentación es de la fibra, principalmente la detergente neutra efectiva (FDN_e), se desarrollarán la flora celulolítica y los hongos, permitiendo también la multiplicación de los protozoos. Esto demuestra la importancia de la FDN_e en el funcionamiento del rumen, al hacer parte del estrato sólido llamado colchón del forraje o punto del forraje, necesario para la actividad física de la panza al estimular los movimientos de ella, además de proveer material para el proceso de la rumia y generar la producción de saliva.



¿ Qué Produce el Rumen ?

Lo ideal es balancear la dieta con alimentos y suplementos balanceados en fibra, proteína y CHOS solubles (1) para obtener una buena interacción de microorganismos. Con esto se logra:

- Que el 70% de la flora se encuentre en el estrato sólido del rumen, el 25% en la fase líquida y el 5% en la pared ruminal.
- Que condiciones físico-químicas sean adecuadas para el correcto funcionamiento del rumen, que según Theodorou y France, citados por Forbes y France (7), son: pH (normal entre 6-7), osmolaridad (240-300 mOsm), temperatura (38-42 °C), capacidad (100-300 litros) y un medio reductor por excelencia (potencial de óxido-reducción entre -300 y -350 mV). En el trabajo de metabolizar lo que aporta la dieta por medio de la

fermentación ruminal se nota la importancia de la microbiota y su especialización, donde unas bacterias atacan un sustrato para obtener la energía (E^o) por ellas requerida, liberando sustancias de desecho que son aprovechadas por otras y así en cadena van realizando un trabajo en comunidad para mutuo beneficio y generando los nutrientes que son aprovechados por el bovino en el abomaso, intestino delgado (ID) y en el hígado.

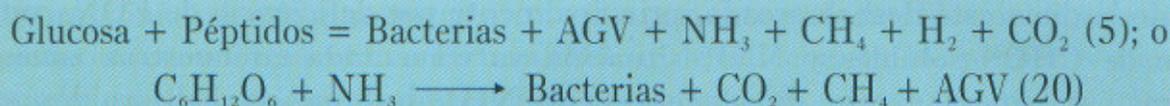
Cuando hay condiciones no deseadas en el medio ruminal, las bacterias no desaparecen totalmente, sino que se adaptan para sobrevivir. Esta adaptación la realizan atacando sustratos a los que no están acostumbradas. Cuando se normaliza la función del rumen las bacterias vuelven a desempeñar sus funciones naturales.

PRODUCTOS FORMADOS EN LA FERMENTACIÓN RUMINAL

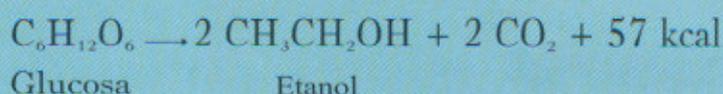
NUTRIENTES Y GASES

El proceso metabólico de *fermentación ruminal*, realizado por la fauna y flora del sector gástrico anterior del digestivo del bovino según Cunningham (5) y Van Soest (20) se representa como sigue:

¿ Qué Produce el Rumen ?



En las dos ecuaciones se puede observar que unos productos se reducen (toman H^+) y otros se oxidan (captan O_2). Perfectamente se puede notar cómo la fermentación es un proceso de oxidorreducción (redox). Se reporta que la glucosa se reduce y oxida formando etanol (forma reducida) y CO_2 (forma oxidada), con liberación de energía medida en kilocalorías (kcal), como se observa en la siguiente ecuación:



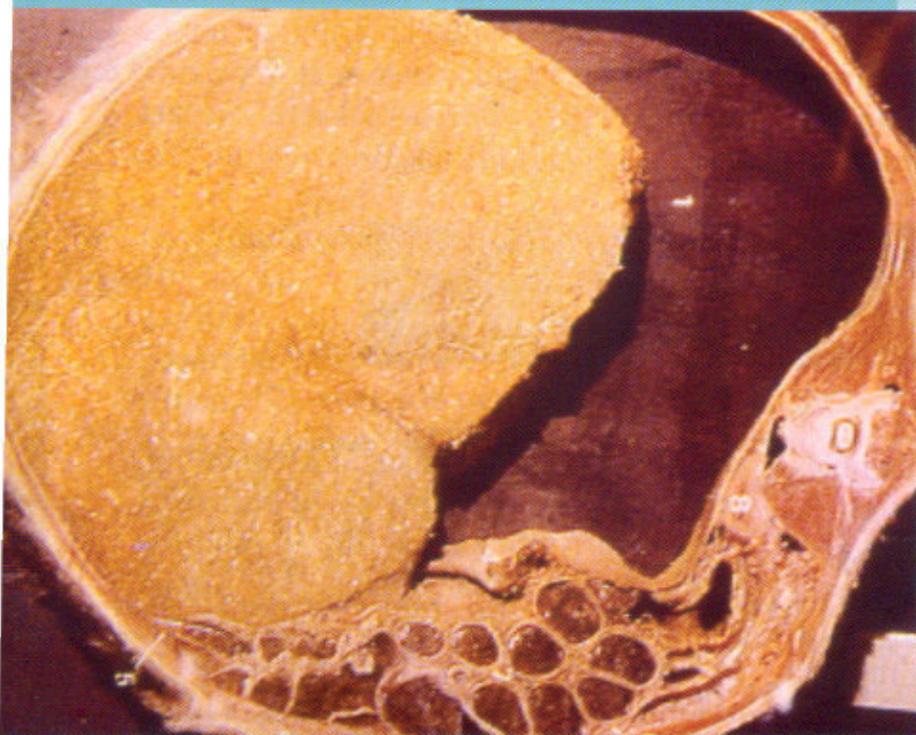
Estas ecuaciones nos dan idea también de lo producido para beneficio del hospedero: proteína bacteriana, ácidos grasos volátiles (AGV) y ciertos productos no aprovechables, entre los cuales se encuentran los gases metano (CH_4), carbónico (CO_2) y amoníaco (NH_3); además se generan otros productos no reportados en las ecuaciones que pueden ser tóxicos para el organismo animal. Para aprovechar la proteína bacteriana como fuente de aminoácidos (aas) y péptidos como proteína para el organismo, los AGV como fuente de energía y detoxificar los productos nocivos, se necesita que el hígado esté en buenas condiciones.

Tomando como punto de partida un medio ambiente ruminal en condiciones adecuadas, se detallan a continuación los productos formados, partiendo del trabajo bacteriano sobre los sustratos aportados con la ración.

Las bacterias proteolíticas atacan

aas, péptidos, proteína, nitrógeno no proteico (NNP) y urea de la saliva en casos de deficiencia de elementos nitrogenados, para obtener su propia energía, liberando como producto de deshecho NH_3 ; las bacterias G+ lo producen hasta 20 veces más rápido según Russell et al. y Chen y Russell (7). Las amilolíticas desdoblan los CHOS solubles obteniendo E° en forma de ATP para su multiplicación y crecimiento, liberando glucosa como producto final; por último las bacterias celulolíticas aprovechan el NH_3 y la glucosa para la multiplicación de nuevas generaciones bacteriales que pasan al abomaso y al intestino delgado (ID) como proteína bacteriana; allí es atacada por las enzimas acá producidas liberando aas y péptidos que son absorbidos, y por la circulación llegan al hígado donde se forma la proteína aprovechable por el animal hospedero; además, desde acá se reparte a los diferentes sistemas orgánicos, incluyendo la glándula mamaria, donde se forma la proteína láctea.

Cuando la dieta está desbalanceada, principalmente por deficiencia de FDN_e con exceso de CHOS solubles y NNP, situación ya comentada en nuestras zonas lecheras, se genera exceso de glucosa y de NH₃, los que son absorbidos y transportados al hígado.



La concentración normal de los AGV (7), está entre 70 y 130 mM y la proporción es 70% de ácido acético, 20% de ácido propiónico y 10% de ácido butírico; las condiciones ideales de la panza que se requieren para obtener estas cifras, se dan cuando la proporción de materia seca (MS) del forraje de buena digestibilidad es mayor que la del suplemento concentrado. Cuando la proporción se altera a favor de la MS del concentrado, el propiónico puede llegar hasta el 30% y el acético al 60%, a pesar de lo cual el ácido acético sigue predominando en la concentración total de AGV (5).

Para McCullough (15), la función de los AGV producidos en la fermentación ruminal es la siguiente:

Ácido acético, fuente de energía como grasa corporal y láctea.

Ácido propiónico, fuente de energía como glucosa - gluconeogénico por excelencia- y como grasa corporal.

Ácido butírico, fuente de energía en la pared ruminal; Aristizábal (1), lo reporta también como fuente de grasa butirosa en leche.

Según McCullough (14), el ácido acético es el responsable de la producción total de leche durante la lactancia completa, dejando para la interpretación que el

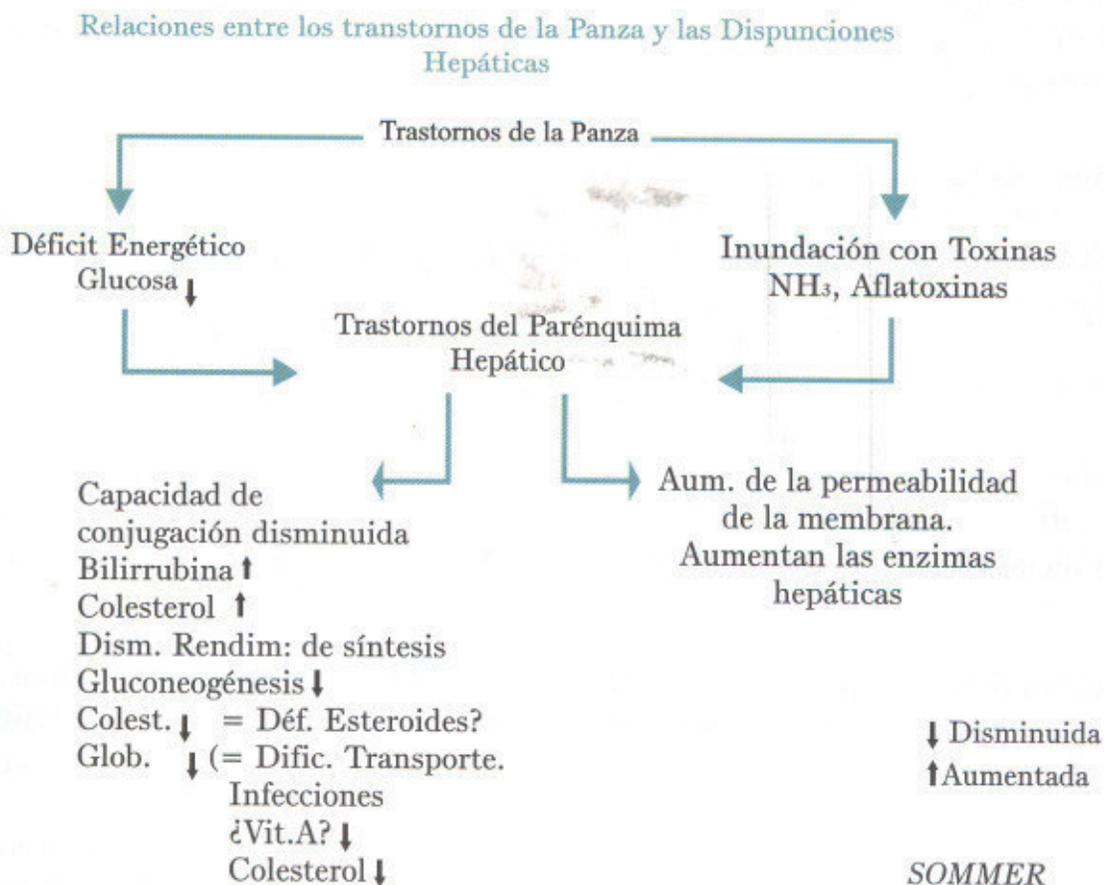
ácido propiónico siendo gluconeogénico, es importante en la producción de glucosa y su posterior transformación en lactosa (azúcar de la leche) en los primeros días de lactancia, particularmente durante el pico de producción.

En el metabolismo ruminal también se forman ácidos grasos ramificados: isobutírico, isovalérico y el 2-metilbutírico, que son aprovechados como fuente de energía por la flora celulolítica (12), facilitando la digestión de la celulosa e importante para la formación de los AGV y de proteína.

TÓXICOS ENDÓGENOS

En condiciones normales el rumen produce sustancias tóxicas que son absorbidas y transportadas al hígado y al riñón, donde son detoxificadas. Cuando hay alteraciones del sector gástrico anterior, estas sustancias aumentan en su concentración, lo que pone en peligro la salud de la panza como la del organismo mismo, máxime si se acompaña de alteración hepática.

Para Sommer (19), hay estrecha relación entre el proceso ruminal y el funcionamiento hepático como lo muestra en la siguiente figura:



¿ Que Produce el Rumen ?

Es así como una alteración ruminal repercute en la función del hígado y viceversa, con secuelas renales; este hecho se observa más comúnmente durante el periodo de transición por falta de adaptación de la flora y de la mucosa ruminal a los regímenes alimenticios que el animal va a recibir después del parto, como se observa con frecuencia en las cuencas lecheras del departamento de Antioquia.

Durante la etapa alrededor del parto es común un signo clínico de alteración hepática, la *ictericia*, generalmente en el primer mes posparto, que es fácilmente confundido con otros orígenes o patologías.

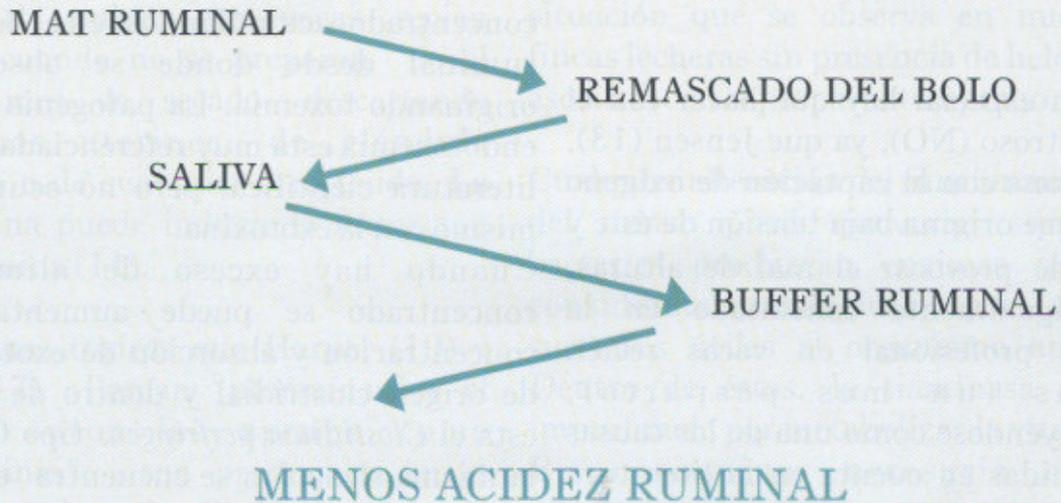
Cuando el hígado está en plena capacidad metabólica, las fallas alimenticias y los trastornos de la panza como resultado de las anteriores son pasajeros y poco espectaculares, pero si no se corrigen los problemas alimenticios, semanas más tarde se llega a una alta presencia de afecciones, ya que el hígado lesionado se recupera lentamente, más o menos en 8 semanas (19).

La literatura es muy extensa en reportar elementos nocivos como producto de la fermentación ruminal; acá se reportarán algunos de los más mencionados y se agruparán para una mejor comprensión en:

- Tóxicos nitrogenados: nitratos (NO_3) y nitritos (NO_2); amoníaco (NH_3); úrea; óxido nítrico (NO); nitrosamidas (NO_2 + un grupo amida) y otros nitrocompuestos como el B nitropropiónico.
- Toxinas bacterianas: endotoxinas y exotoxinas.
- Derivados de la descarboxilación de aas (17): histamina, serotonina, tiramina, cadaverina, triptamina y putrescina.
- Enzimas: tiaminasa.
- Alcoholes: etanol, metanol e isopropanol.
- Sustancias varias: metilglyoxal.

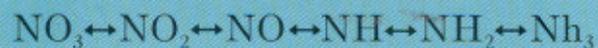
A continuación se comentarán ciertas generalidades de los diferentes grupos, pues es importante conocerlas para poder entender la acción en los tejidos y relacionarlas con ciertas enfermedades.

FIBRA DE 1.5* NECESARIA PARA EL MAT DEL RUMEN



* 1.5" Pulgadas.

Comenzando con los tóxicos nitrogenados, los NO_3 y NO_2 son sustancias tóxicas muy reconocidas en la medicina bovina, el primero de los compuestos entra con los pastos y se convierte en el segundo dentro de la panza para seguir hacia NH_3 , pasando por los siguientes compuestos siempre y cuando haya suficiente energía para las bacterias:



Con E° sólo para pasar de NO_3 a NO_2 se presenta la intoxicación por los últimos manifestándose en el glóbulo rojo como metahemoglobinemia, alteración de la hemoglobina. La presentación de la intoxicación sobreaguda y aguda en las zonas lecheras del departamento es de baja incidencia, en parte por el alto consumo de suplementos concentrados con una aceptable concentración de E° ; es más común encontrar las formas subclínica y crónica, principalmente con efectos reproductivos. Al tener deficiencia de energía se acumula el nitrato, lo que origina irritación de la mucosa ruminal.

Los excesos de amonio, nitratos y nitritos, nitrosaminas y del B nitropropiónico, se asocian con tumores en vejiga urinaria (20), que pueden ser del tipo hemangioma, hemangiosarcoma y adenocarcinoma, lo que origina hematuria (orina con sangre); en

la práctica de campo se observa más frecuentemente durante el posparto temprano y en fincas sin presencia de helecho o que lo tuvieron mucho tiempo atrás. Estos mismos compuestos se relacionan con problemas reproductivos (3, 20).

Mención especial hay que hacer con el óxido nitroso (NO), ya que Jensen (13), lo relaciona con la captación de oxígeno (O₂) lo que origina baja tensión de éste y así puede provocar el mal de alturas, hecho igualmente constatado en la práctica profesional en vacas recién paridas (un mes posparto), constituyéndose como una de las causas poco tenidas en cuenta en la literatura internacional.

Las toxinas producidas dependen del tipo de bacterias que se alteren durante

los procesos de indigestiones bovinas; las G- producen endotoxinas y las G+ exotoxinas. Las dos clases de toxinas se favorecen por errores en el manejo alimenticio, principalmente cuando hay deficiencias de FDN_e y excesos de concentrado, acumulándose en el líquido ruminal desde donde se absorben originando toxemia. La patogenia de la endotoxemia esta muy referenciada en la literatura científica, pero no ocurre lo mismo con la exotoxina.

Cuando hay exceso de alimento concentrado se puede aumentar la concentración y absorción de exotoxina de origen clostridial y dentro de éstos esta el *Clostridium perfringens* tipo C (8); la misma situación se encuentra en los veranos intensos, con poca oferta de forraje y gran aporte de suplemento concentrado.



La acción de las toxinas se da en el endotelio de los vasos sanguíneos lo que produce vasodilatación, congestión y aumento de la permeabilidad (salida de suero sanguíneo) llegando incluso a edemas. Esta situación se puede presentar también en vacas recién paridas cuando no se preparan en el último mes de secado, descartando problemas uterinos, de glándula mamaria o de cualquier otro tejido. La endotoxina puede inducir la formación de histamina (11).

Las aminos tóxicas que Harper (10) y Seren (17) llaman "ptomaínas" y el último autor las agrupa como "patoaminas", son producidas en el rumen por descarboxilación bacterial de aas, que según el implicado será el producto final; por ejemplo la histidina forma histamina, la tirosina resulta en tiramina, la lisina origina cadaverina, la arginina produce putrescina, la indoetilamina resulta del triptófano y la colamina de la serina. Las principales sustancias que originan toxicopatías son la histamina y la tiramina (17).

Estos tóxicos cuando se acumulan ejercen efecto sobre el desempeño del organismo, lo que puede repercutir en la salud en general. Se sabe cómo la histamina desencadena alteraciones que se manifiestan con signos vasculares, de glándulas internas y alérgicos; la tiramina tiene una acción inmunosupresora sobre el organismo; del triptófano se genera un compuesto indol, el 3 metil-indol (3MI), con acción en la zona pulmonar lo que puede

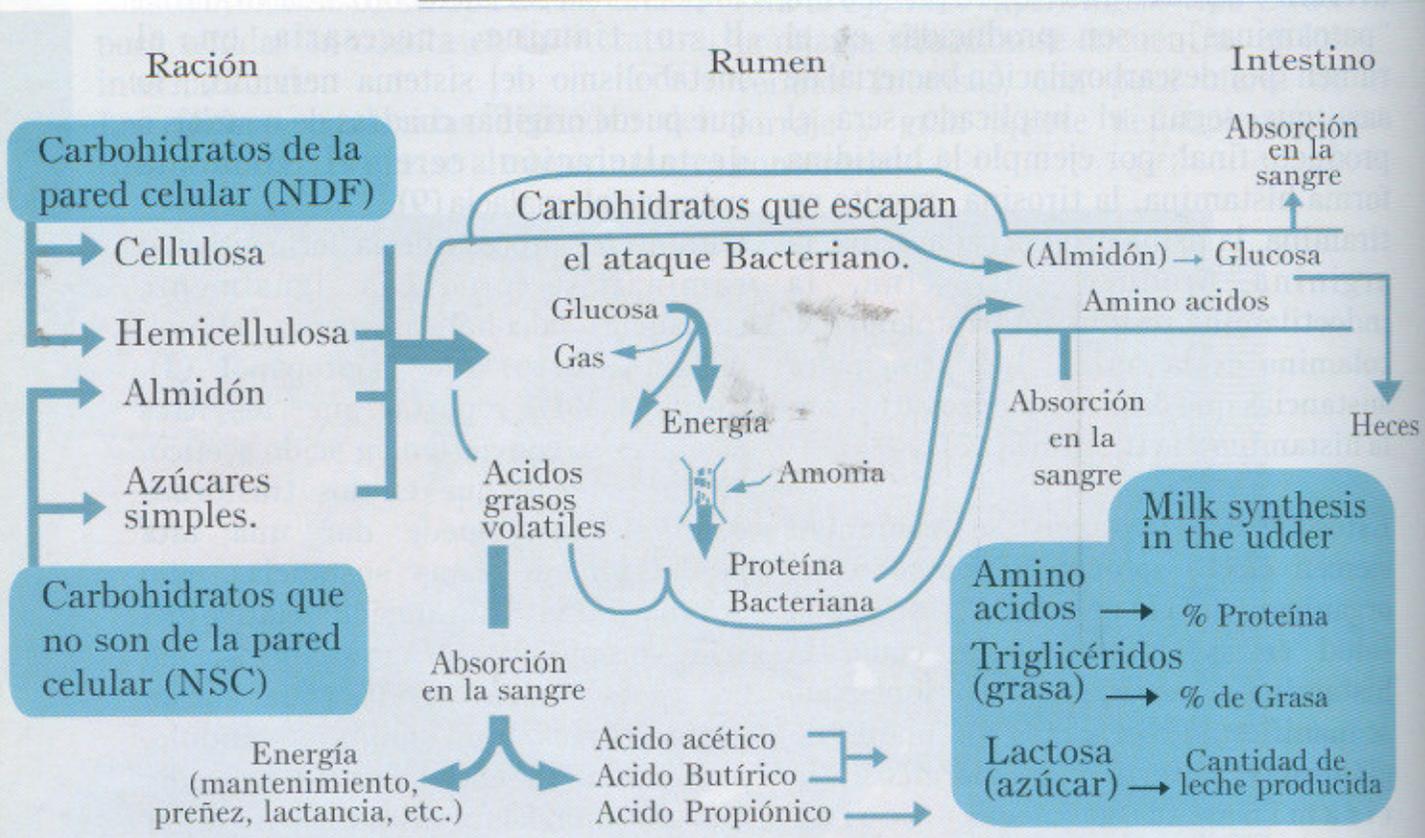
contribuir a la presentación de neumonías intersticiales de origen metabólico ó alérgico (18); este mismo tóxico llega por vía sanguínea a la vejiga urinaria y desencadena tumores con manifestaciones de hematuria (2), situación que se observa en nuestras fincas lecheras sin presencia de helechó y asociada con el posparto temprano.

Cualquier alteración del funcionamiento del rumen puede provocar que las bacterias produzcan enzimas que se consideran patológicas, por atacar sustratos útiles al organismo animal. Dentro de éstas, la tiaminasa es de importancia por metabolizar la vitamina B₁ o tiamina, necesaria en el metabolismo del sistema nervioso, lo que puede originar cuadros de neuritis o de alteración cerebral como la poliencefalomalacia (9).

Durante el proceso de la fermentación ruminal se producen igualmente sustancias alcohólicas como etanol, metanol (4,16) e isopropanol (4). Córdoba (4) reporta que los tres alcoholes se convierten en ácido acético, lo que sugiere que en los trastornos ruminales se puede dar una alta producción de estas sustancias, ello originará una disminución relativa del ácido propiónico, primordialmente en las vacas recién paridas que sufran indigestiones de cualquier índole, pudiéndose desencadenar entonces una hipoglicemia, factor primario para llegar a la cetosis. El metanol puede convertirse en metano, gas considerado generador de gran pérdida energética durante el proceso de su formación.

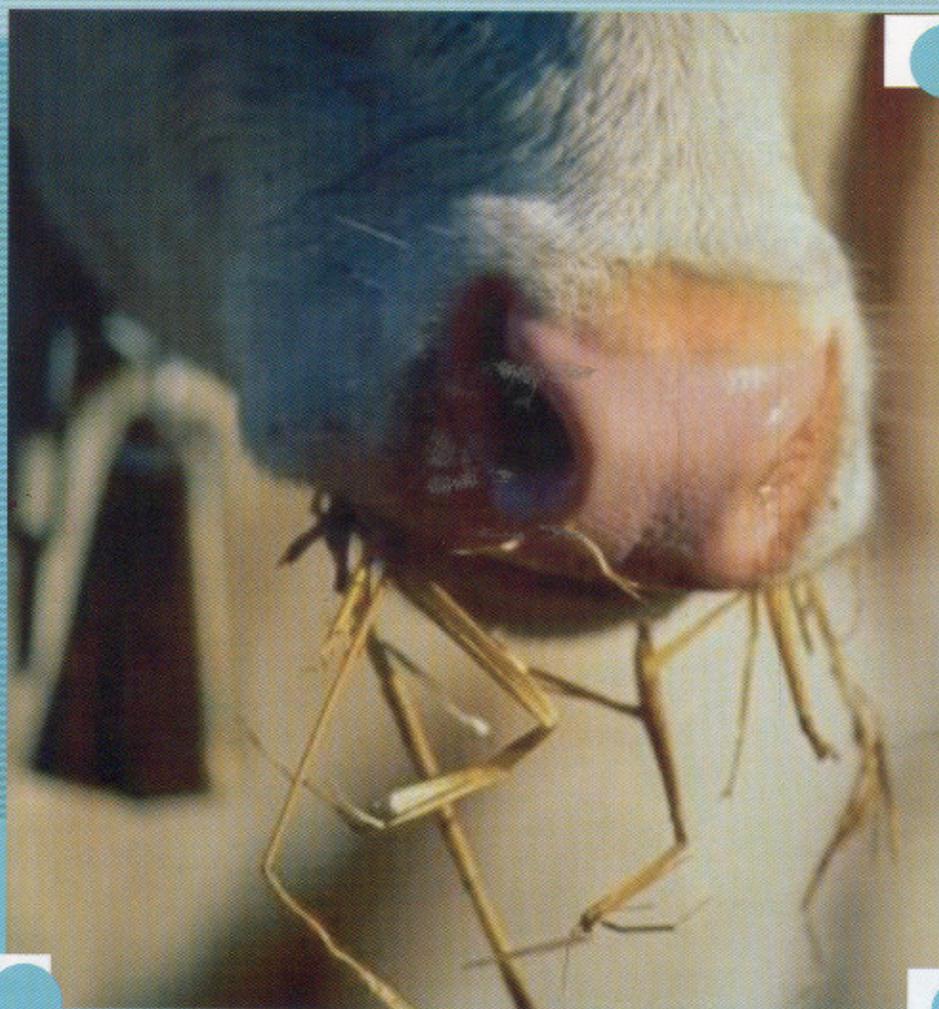
¿Qué Produce el Rumen ?

Dentro de las sustancias varias producidas en forma normal durante el metabolismo ruminal, se encuentra metilglyoxal que, según Russell citado por Owens y cols (16), se aumenta en situaciones de trastornos alimenticios, como dietas ricas en CHOS solubles y bajas en nitrógeno (proteína), generando gran producción de glucosa que se puede convertir en sustancia tóxica para las mismas bacterias al inducir la formación de grandes cantidades de metilglyoxal. Esta última merma la viabilidad de las bacterias e induce indirectamente el aumento de las endotoxinas en la panza. Para el autor, esta misma situación se puede dar en casos de deficiencia de FDN, alto consumo de azúcares y almidones y con alta concentración de proteína, principalmente en forma de NNP, característica común en los sistemas de producción en los altiplanos lecheros del departamento de Antioquia. La propuesta se basa en el hecho de la falta de colchón de forraje, pudiendo entonces afectar la presencia de flora celulolítica gran consumidora de glucosa y NH₃.



¿ Que Produce el Rumen ?

Se mencionan otras sustancias como el indol y el escatol, que según Eadie y Oxford citados por Seren (17), ejercen acciones nocivas sobre los protozoarios cuando se presentan en altas concentraciones al alterarse la fermentación ruminal. Igualmente se pueden encontrar sustancias que pueden neutralizar la formación de vitaminas del complejo B y Vitamina K, esta última producida por las bacterias G-, principalmente la *E. Coli*. Cuando hay deficiencia de vitamina K por alteración de la flora digestiva, como es el caso de las indigestiones, o por las sustancias que la neutralizan, se puede originar hematuria que responde bien cuando se aplica dicha vitamina por vía parenteral y además, cuando se corrige la causa de la indigestión.



ARISTIZÁBAL V., Jaime. La Proteína: parte 1. *Despertar Lechero*. N° 16 (1998). p. 720.

BLOOD, D. C.; HENDERSON, J. A.; RADOSTITS, O. M. *Medicina Veterinaria*. 6 ed. México: Interamericana, 1988. 1441 p.

BUTLER, W. R. Review: Effect of Protein Nutrition on Ovarian and Uterine Physiology in Dairy Cattle. *In: Journal of Dairy Science*. Vol. 81, N° 9 (1998). p. 2533-2539.

CÓRDOBA P., Darío. *Toxicología*. 1 ed. Medellín: L. Vieco, 1994. 645 p.

CUNNINGHAM, J. C. *Fisiología Veterinaria*. México: Interamericana, 1997. 763 p.

DYCE, K. M.; SACK, W. O.; WENSING, J. G. *Anatomía Veterinaria*. 2 ed. México: McGraw-Hill, 1999. 952 p.

FORBES, J. M.; FRANCE, J. Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism. Cambridge: University Press, 1993. 515 p.

GLEN SONGER, J. Clostridial enterotoxemia. *In: Current Veterinary Therapy 4-Food Animal Practice*. Philadelphia: W. B. Saunders Company, 1999. p. 389-390.

GOULD, DANIEL H. Polioencephalomalacia. *In: Journal of Animal Science*. N° 1 (1998); p. 309-314.

HARPER, Harold A. *Manual de química fisiológica*. 5 ed. México: Manual Moderno, 1976. 653 p.

HENRY, M. M.; MOORE, J. N. Equine endotoxemia. *In: Smith Bradford P. Animal Internal Medicine*. St Louis: Mosby, 1990; p. 668-674.

HOOVER, William H.; MILLER, Tammy K. Rumen digestive physiology and microbial ecology. *In: The Veterinary Clinics of North America- Food Animal Practice*. Vol. 7, N° 2 (1991); p. 311-325.

ENSEN, Rue; DONALD R., Mackey Disease of feedlot cattle. 2 ed. Philadelphia: LEA and Febiger, 1974. p. 377.

MCCULLOUGH, Marshall E. Alimentación Práctica de la vaca lechera. 1 ed. Barcelona: Aedos, 1971. 208 p.

-----, Feeding dairy cows - the how and why of feed programming. En: Hoard's Dairyman. (1986); p. 3-74.

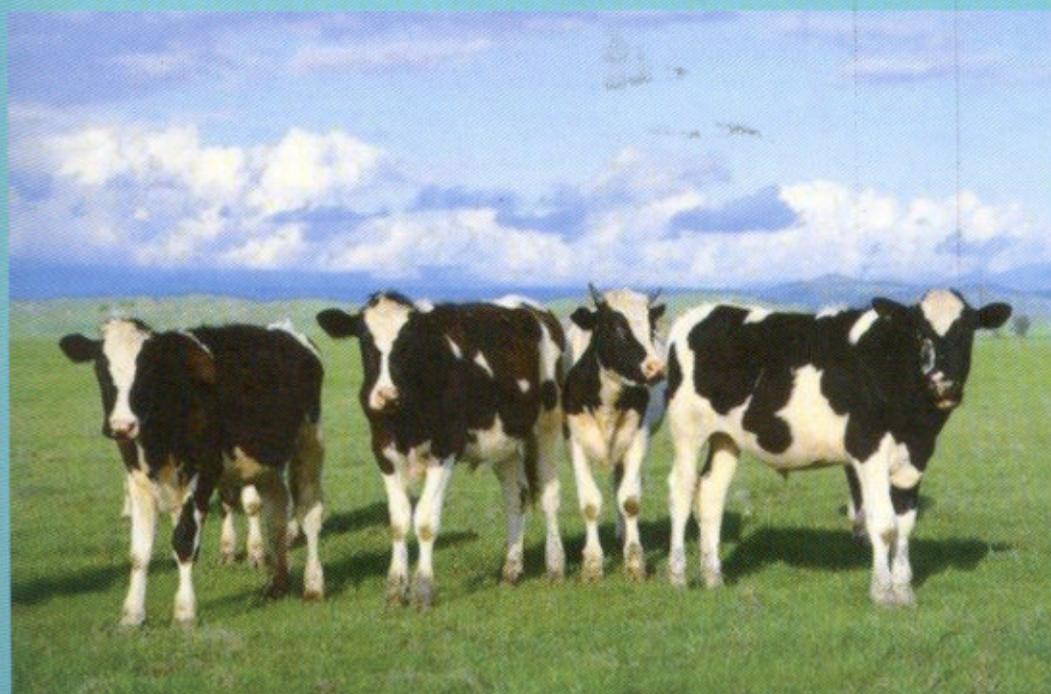
OWENS, F. N. et al. Acidosis in cattle: A review. In: Journal of Animal Science. N° 1 (1998); p. 275-286.

SEREN, E. Enfermedades de los estómagos de los bóvidos: Patología y Tratamiento. Zaragoza: Acribia, 1975. Vol. 2; 473 p.

SMITH, ROBERT A. Impact of disease on feedlot performance: A review. In: Journal of Animal Science. N° 1 (1998); p. 272-274 .

SOMMER, H. Medicina preventiva en vacas lecheras. En: Noticias Medico Veterinarias. N° ½, (1975); p. 42-63 .

VAN SOEST, PETER J. Nutritional ecology of the ruminant. 2 ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. p. 476.



¿ Que Produce el Rumen ?