FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DESARROLLO RUMINAL DE TERNEROS DE 0 A 6 MESES DE EDAD.

Ing. Alexey Díaz Reyes, Ing. Martha Laurencio Silva, Dr. C. Manuel Pérez Quintana

Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos. Facultad de Agronomía. Autopista a Varadero km 3 ½ Matanzas, C.P. 44740, Cuba

Resumen

Se informan los factores que influyen en el desarrollo ruminal del ternero de 0 a 6 meses de edad con énfasis en las características generales del sistema digestivo de los rumiantes y desarrollo ruminal en sus diferentes fases (lactante, transición y desarrollo anatómico). Se presentan los factores químicos que intervienen en el desarrollo papilar y muscular del rumen del ternero. Asimismo, se profundiza en la características de motilidad y los factores físicos relacionados con el desarrollo ruminal. Se demuestra el papel de los microorganismos en la colonización y su influencia en la fermentación en el rumen. Se señala la importancia de la gotera esofágica en el desarrollo ruminal.

Palabras claves: Rumen, ternero, microorganismos del rumen, fermentación ruminal.

Introducción

Actualmente uno de los principales retos que presenta la civilización es el de mantener sobre el planeta poblaciones humanas cada vez más crecientes, 6000 millones de habitantes, estimándose para el 2050 un incremento hasta llegar a 9400 millones de habitantes. La población del mundo está creciendo actualmente en 1.8 %; la proporción de crecimiento es de 1.7% en los países en vías de desarrollo y estancándose a menos de 0.1% en los países desarrollados. Estos incrementos se ubican fundamentalmente en los países del tercer mundo, y dentro de estos, los países tropicales que sufren la superpoblación con un aumento de la desnutrición, desigualdades sociales, y el deterioro del medio que los hace más vulnerables a los desafíos futuros.

Además de esto la ganadería utiliza el 60 por ciento de las tierras agrícolas del mundo para alimentar a unos 360 millones de cabezas de ganado, y más de 600 millones de ovejas y cabras. El pastoreo proporciona alrededor del 10 por ciento de la producción mundial de carne bovina y alrededor de 30 por ciento de la carne de ovino y de caprino.

Además constituye la única forma viable de ganarse la vida para unas 100 millones de personas de las zonas áridas, y es probable que para un número parecido de personas de otras regiones del planeta. La gran ventaja de pastorear al ganado es que convierte en productos útiles recursos que de otra forma se desperdiciarían.

Uno de los objetivos de la explotación del ganado vacuno es la producción de terneros, descendientes que tienen la misión de sustituir en el futuro a las vacas de hoy, crecer en el rebaño básico, proporcionar los machos que deben cebarse para la producción de carne y obtener los futuros sementales para el mejoramiento genético del rebano y para garantizar la reproducción.

La crianza del ternero resulta compleja por cuanto los animales jóvenes estarán sometidos a diversos cambios desfavorables a causa del ambiente físico y demás variaciones introducida por el hombre en su entorno.

Cualquiera que sea el propósito de la crianza del ternero, el productor desea que sus animales crezcan sanos y fuertes y por ello, dentro de cada modalidad o tecnología de

crianza, se traza la meta de que a cada fase de su desarrollo llegue la cantidad prevista, con el peso y desarrollo fisiológico adecuado.
El ternero es el responsable del aumento cuantitativo y cualitativo de la masa vacuna, elemento principal del índice de natalidad y de la mortalidad en esta especie. Sería como arar en el mar, criar mal a los terneros, porque el futuro depende de ellos, nada bueno sale de un ternero flaco y desnutrido, además, los terneros que se enferman, los que están flacos y se atrasan en su desarrollo, tarde llegan a cumplir su propósito, y por tanto encarecen el proceso, reducen su vida útil y comprometen el progreso genético.
Es ampliamente conocido que los terneros que nacen con buen peso son más viables, crecen más rápido y resisten mejor las enfermedades, por lo tanto, las crías se hacen antes de nacer. Cuando ocurre el parto los cuidados a tener tanto con la vaca como con el ternero son decisivos para el logro de los objetivos posteriores, teniendo los terneros que consumen el calostro un mejor desarrollo.
Por tanto se puede afirmar que los animales jóvenes representan uno de los mayores problemas en las explotaciones comerciales, puesto que es en este momento cuando se deben sentar las bases para un correcto crecimiento y es, a su vez, cuando más delicados son todos los animales en general. A los problemas que tiene este primer periodo de crecimiento de los animales, en los rumiantes y específicamente en los terneros, se añade el desarrollo de las porciones anteriores del aparato digestivo hasta lograr las dimensiones y proporciones que tendrán en su vida adulta. Eso produce un gran número de cambios anatómicos y fisiológicos de todos los divertículos gástricos en los cuales influyen un amplio número de factores tanto internos como externos.

Desarrollo:

1.- Características generales del sistema digestivo de los rumiantes:

El éxito ecológico de los rumiantes se debe a los beneficios de la fermentación pregástrica. El término fermentación se refiere al metabolismo microbiano en ausencia de oxigeno que convierte a los carbohidratos en productos orgánicos como los ácidos grasos volátiles (AGV), ácido láctico y etanol. Estos productos retienen la mayor parte de la energía original en el sustrato, una consecuencia de la falta de oxígeno para su oxidación completa a dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O).

Se plantea que la fermentación ruminal le concede al rumiante una serie de ventajas que no poseen los animales monogástricos dentro de las cuales se encuentran:

a) Utilizar alimentos que son muy fibrosos para los no rumiantes
b) Le confiere la habilidad de degradar la celulosa liberando el contenido celular convirtiendo la celulosa en un nutrimento primordial.
c) Permite la síntesis de proteína microbiana de alto valor biológico a partir de proteína vegetal de bajo valor biológico, a partir de nitrógeno no proteico de la dieta y a partir del reciclaje de productos metabólicos de desecho (urea)
d) Provee todas las vitaminas del complejo B siempre y cuando exista la concentración adecuada de cobalto para la síntesis de vitamina B_{12}.

Las desventajas de la digestión ruminal son:

1) El rumiante necesita pasar una buena parte del día (aprox. 8 h) rumiando y debe tener acceso al alimento a intervalos regulares.
2) El rumiante necesita mecanismos complejos para mantener su cámara de fermentación trabajando eficientemente por ejemplo:

a) adición continua de grandes cantidades de saliva con naturaleza alcalina
b) movimientos de mezclado con tono marcado de los compartimentos gástricos
c) mecanismos para la eliminación de gases producto de la fermentación (eructo), para la regurgitación (rumia) y para la absorción de los productos finales de fermentación y para el paso de partículas no digeridas hacia el omaso

3) Las rutas metabólicas deben ser capaces de utilizar los particulares productos finales de la fermentación, los AGV´s, de los cuales sólo el ácido propiónico es el único que puede convertirse en glucosa, cuyo requerimiento es elevado en etapas como final de gestación y lactación. Por lo que se considera al proceso de fermentación como ineficiente desde el punto de vista energético, ya que las bacterias gastan energía para su mantenimiento lo cual se traduce como calor lo cual se considera una pérdida de energía para el rumiante.

Como se ha dicho el metabolismo del rumiante se encuentra enfocado a aprovechar los productos de la fermentación microbiana como los Ácidos Grasos Volátiles (AGV), sin embargo, no todos los productos de la fermentación microbiana son útiles para el rumiante, también los hay no útiles como el metano o incluso nocivos como el amoniaco y los nitratos. (Owens y Goetsch, 1986).
El sistema digestivo de los Rumiantes se encuentra formado por cuatro compartimentos los cuales son: Rumen, Retículo, Omaso y Abomaso.
El rumen, retículo y omaso son órganos que anteceden al abomaso (estómago glandular o estómago verdadero), razón por la que se denominan pre -estómagos.
Desde el punto de vista fisiológico el aparato digestivo de los rumiantes se encuentra dividido en dos sectores, el sector anterior donde se encuentra el retículo-rumen y el sector posterior donde encontramos el omaso y el abomaso.
A continuación se puede observar los compartimentos fundamentales del estomago de los rumiantes. Fig: 1.

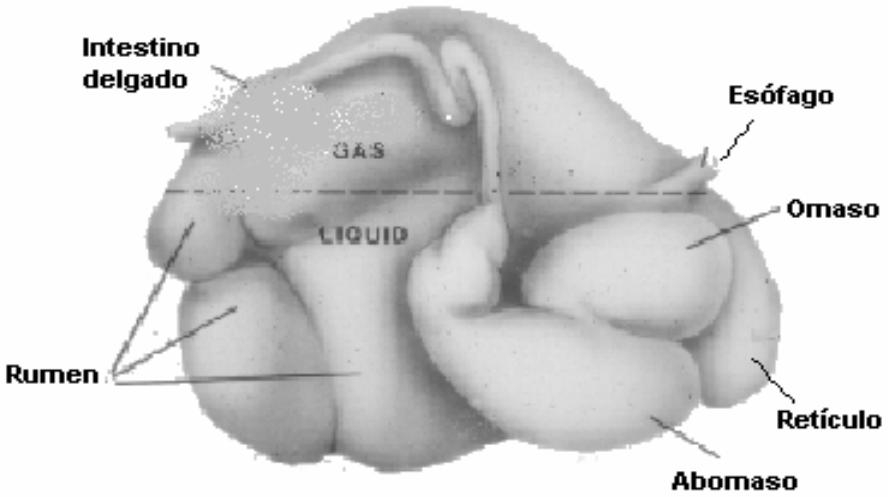
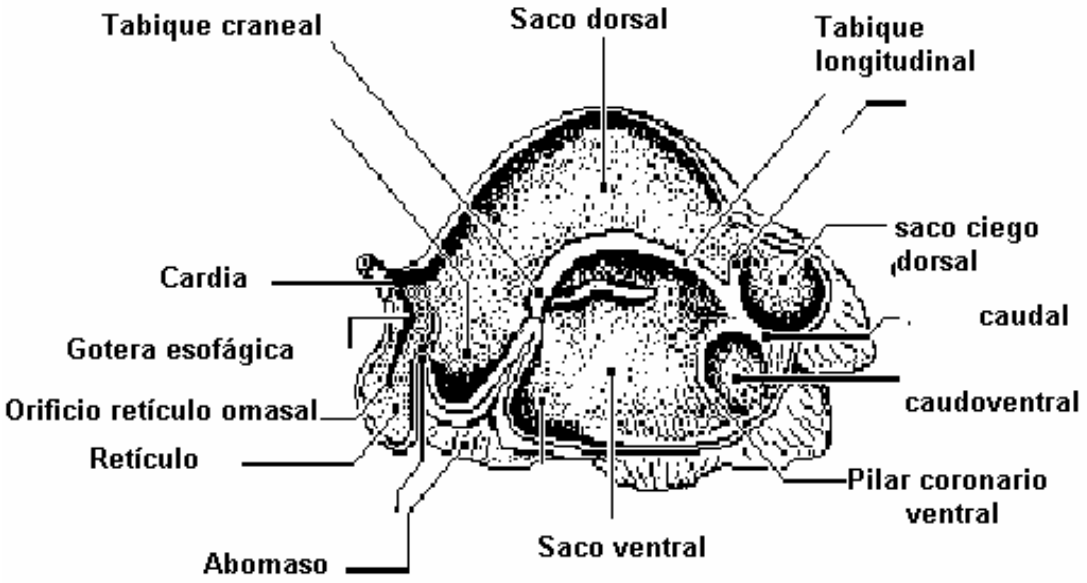


Figura 1.- *Diagrama esquemático del estómago de un rumiante.*

En estos compartimentos no hay glándulas ni se segrega mucus y la digestión ocurre gracias a las enzimas microbianas, ocurriendo la verdadera digestión ocurre en el abomaso que es el estómago glandular propiamente dicho.
El rumen está dividido por medio de pilares o tabiques en cuatro sacos. Los sacos mayores, el dorsal y el ventral, tienen comunicación entre sí y con el retículo, mientras que los sacos pequeños caudales no tienen comunicación con el exterior y se les denominan sacos ciegos dorsal y ventral (Fig.2).

Figura 2.- *Diagrama del retículo-rumen por su parte interna*



Rumen:

Compartimiento más voluminoso. Su volumen es aproximadamente el 75% de los cuatro compartimentos. Se encuentra situado en el flanco izquierdo de la cavidad abdominal, estando dividido en un saco dorsal y otro ventral por una serie de proyecciones musculares.
Según Church, (1979) el rumen se desarrolla anatómicamente a partir de la porción no secretora del estómago El aparato digestivo de los rumiantes al nacer funciona muy parecido al de los monogástricos, debido a que el rumen tiene un desarrollo muy rudimentario.
Sin embargo, su especial pauta de motilidad ya está perfectamente establecida desde el nacimiento. El desarrollo del rumen implica, por lo tanto, la implantación de la masa microbiana y la capacidad de absorción de nutrientes.
Según Preston y Leng, (1987) el tipo de alimento así como la cantidad consumida, el mezclaje periódico dado por las contracciones ruminales, la salivación, la rumia y la difusión secreción hacia el rumen son factores que controlan el ambiente ruminal, perturbándose este solo en condiciones anormales drásticas.

Por lo general a nivel ruminal se observa un ambiente anaeróbico con muy bajo potencial redox (250-450 MV), temperatura entre 39-41°C y una presión osmótica de 260-340 mosm.

El pH se mantiene casi constante entre 6-7, gracias a la alta capacidad buferante de la saliva y a la absorción de los productos finales de la fermentación a través de la pared celular. El rumen está densamente poblado por una gran variedad de bacterias, hongos y protozoos (Hungate, 1966; Van Soest, 1994 y Jonany *et al*, 1995)(Citados por Delgado 2006) que son responsables de los procesos digestivos que tienen lugar en el órgano.

En general podemos decir que el rumen es una cámara de fermentación anaeróbica, en la cual la población microbiana se mantiene al ingerir y masticar alimentos con regularidad, añadiendo tampones y eliminando los ácidos producidos, arrastrando los residuos alimenticios no digeribles y los productos microbianos y manteniendo unas condiciones apropiadas de pH, temperatura y humedad para el crecimiento de los microorganismos . Estos microorganismos dependen del rumiante para disponer de las condiciones óptimas para su crecimiento, y el rumiante depende de los productos de fermentación anaeróbica de los alimentos fibrosos que ingiere y de la actividad biosintética microbiana, para cubrir sus propias necesidades nutritivas. (Yokohama y Jonson, 1988) (Citados por Rotger, 2005)

Según Martínez, (2005) dentro de las principales funciones del Rumen y los microorganismos ruminales podemos citar:

1- Digestión de los carbohidratos de las plantas como la celulosa, hemicelulosa, almidón y azúcares a glucosa.
2- Conversión de glucosa a ácidos grasos volátiles (AGV), principalmente a acético, propiónico y butírico.
3- Digestión de la proteína de los alimentos.
4- Síntesis de proteína bacteriana.
5- Síntesis de vitaminas (hidrosolubles, principalmente vitaminas del complejo B y k)
6- Digestión de grasas.
7- Hidrogenación de grasas insaturadas.

Retículo:

Situado en la parte anterior de la cavidad abdominal, separado del rumen por el pliegue retículo-ruminal. Con comunicación interna por la parte superior. Se puede decir que el rumen y el retículo son considerados un solo órgano separados por el pliegue rumino-reticular lo que posibilita el Intercambio de digesta y un mayor sitio de fermentación y absorción de AGV

El retículo rumen se encarga de:

- Preparación del alimento para la digestión química en el abomaso e intestino delgado.
- Mezcla del alimento y degradación de la celulosa por bacterias y protozoos
- Regurgitación y remasticación del alimento en la boca.
- Distribución del alimento remasticado en el rumen-retículo y paso al omaso.
- Eliminación de los gases que se acumulan por la actividad bacteriana.

Por su parte interior, el retículo – rumen (RR) tiene apariencia rugosa por la presencia de las papilas. Estas papilas son mayores en los sacos dorsal y ventral lo que incrementa la superficie de absorción. Esto constituye una forma de adaptación a las necesidades absortivas del órgano que como se dijo anteriormente, no posee capacidad secretora (Van Soest, 1982).

El RR se puede considerar como un sistema de fermentación continua, cuya capacidad requiere que todas las sustancias que entren con los alimentos o se produzcan por la fermentación salgan del órgano y la entrada y la salida deben estar balanceadas. El rumen

en animales adultos puede contener hasta 100-120 Kg. de materia en digestión, las partículas de fibra permanecen en él de 20 a 48 horas debido a que la fermentación bacteriana es un proceso lento (Watiaux *et al,*. 2000). Con alimentos fibrosos de baja calidad este tiempo suele ser aún mayor.

El Omaso.

Situado en la parte derecha de la cavidad abdominal. Conectado con el retículo (orificio retículo-omasal) y con el abomaso.

El omaso tiene forma elipsoidal, presenta papilas longitudinales y anchas en forma de hojas o láminas que emergen de las paredes del órgano y se disponen en orden de tamaño en varias hileras. La función del omaso aún no se comprende totalmente, pero parece ser que atrapa las partículas pequeñas de la ingesta, comprime los alimentos y extrae líquido. Además en este órgano se absorbe agua y otras especies moleculares pequeñas (NH_3, AGV, electrolitos inorgánicos, etc).

El omaso, contrarresta, por absorción, el exceso de carga ácida, osmótica, acuosa o amoniacal de dicho contenido con lo que protege al abomaso y al duodeno de la llegada de un quimo anormal y asegura una buena digestión (Asocras, 2000).

El abomaso.

El abomaso es un saco alargado que se encuentra en su mayor parte en el suelo del abdomen. Constituye la región glandular del estómago de los rumiantes y es equivalente al estómago de los monogástricos. En esta región ocurre la verdadera digestión ante la presencia de ácido clorhídrico y enzimas.

Intestinos.

El abomaso y el intestino delgado (duodeno, yeyuno e íleon) parecen tener funciones similares en los rumiantes y en los monogástricos. Es en estos órganos donde los residuos no fermentados de los alimentos y los microorganismos ruminales se someten a la digestión enzimática y sus productos se absorben para ser utilizados en los diferentes procesos metabolicos en dependencia del fin productivo del animal. (Preston y Leng, 1987 y Forbes y Frences, 1993).

2.- Desarrollo ruminal en el ternero.

La capacidad fermentadora del rumen a la cual se ha hecho referencia con anterioridad no está presente en el rumiante recién nacido (ternero). Al nacer, el rumen no es un órgano funcional y el sistema digestivo y metabólico del rumiante no se diferencia de cualquier otro mamífero recién nacido.

El desarrollo ruminal se puede dividir en tres fases:

- Fase de lactante o no rumiante (0 – 3 semanas)
- Fase de transición (3 – 8 semanas) donde pasará de alimentarse a base de leche a alimentarse de productos vegetales.
- Fase de rumiante (a partir de las 8 semanas) donde ya se sustenta exclusivamente de alimentos vegetales. (Wardrop, 1961)(Citado por Rotger 2005). Esta fase está en dependencia del sistema de cría y que se practique el destete a los 60 días aproximadamente. Además la duración de cada fase es aproximada y se puede manipular.

2.1- Fase de lactante o no rumiante:

En está fase el animal obtiene toda su energía a través de la digestión de la leche por enzimas propias. Se considera como punto crítico de está etapa al nacimiento debido a que se pasa de la alimentación placentaria a la digestiva y gran parte del éxito de supervivencia durante los primeros días de vida, se deberá a la composición del calostro que aportará nutrientes, inmunidad pasiva y contribuirá al mantenimiento de la temperatura corporal. (Orskov y Ryle, 1998)

A continuación se muestra un cuadro comparativo con el funcionamiento enzimático de los terneros antes de los 30 días de vida y de los 30 a los 60 días. Durante el primer mes, las enzimas primordiales son la lactasa y la quimosina. El volumen y actividad del resto de las enzimas es muy bajo en un principio, incrementándose con la edad. Se estudia sólo hasta los 60 días ya que a esta edad el animal está enzimáticamente preparado para ser destetado y la implantación microbiana es posible que esté bien establecida, estando estos fenómenos modulados en gran medida por la dieta.

Cuadro 1. Actividad enzimática de los terneros antes de los 30 días y a los 30 - 60 días (Longenbach, 1998).

Pre-rumiantes Enzimas	**Edad (d)**	**Acción**	**Rumiantes Enzimas**	**Edad (d)**	**Acción**
Lactasa intestinal	1	Absorción de la lactosa en el intestino	Bacterias y protozoos ruminales	30	Digestión de todos los nutrientes
Quimosina	2	Unir la caseína y la grasa en el cuajo	Isomaltasa, maltasa, Sucrasa	60	Digestión de los carbohidratos
Estearasa pregástrica	nacimiento	Hidrólisis y digestión de los nutrientes de la leche	Amilasa intestinal	60	Digestión de los carbohidratos
Lipasa pancreática Somatostatina	nacimiento	Regulación de la motilidad del abomaso al duodeno	Somatostatina	no cambia	Motilidad gástrica
Pepsina	nacimiento	Digestión en general	Pepsina	no cambia	Digestión en general
La isomaltasa, maltasa y amilasa no se sintetizan durante los primeros 30 días de vida. La presencia de las bacterias y protozoos ruminales es casi nula.			La quimosina desaparece a los 30 días. La secreción de lactasa intestinal cae bruscamente después de 60 días.		

Aunque en el ternero en esta fase el estómago se comporte como el de un monogástrico y los pre – estómagos sean muy rudimentarios, como se ha mencionado con anterioridad su patrón de contracción ya esta establecido según lo planteado por Orskov, 1992. Roy en 1980 (Citado por Rotger 2005) plantea que a las dos semanas de edad los mecanismos nerviosos que estimulan la rumia ya son muy sensibles.

La leche se digiere en el abomaso que es el compartimiento más desarrollado al nacimiento y el único glandular, donde se secretarán las enzimas (renina, pepsina) y el ácido clorhídrico necesario para coagular y degradar la caseína de la leche; el suero lácteo pasará a duodeno con la lactosa disuelta que será absorbida a nivel intestinal. (Roy, 1980) (Citado por Rotger 2005). El paso directo de la leche al abomaso ocurre a través de la gotera esofágica que es un pliegue muscular que se forma en los compartimentos pre-gástricos y al cerrarse formará un conducto que permitirá que el fluido ingerido pase directamente desde el cardias hasta el abomaso (Orskov, 1992). El cierre de la gotera esofágica se desencadena ante el estimulo de algunos componentes de la leche que tienen receptores específicos a nivel del tracto gastro- intestinal superior (Wester, 1930; Watson, 1944) y como reflejo condicionado ante la visión de la ubre o del sistema de lactancia artificial utilizado (cubo, tetina) durante el denominado comportamiento de "excitación juvenil. (Orskov *et a*l 1970) El reflejo se va debilitando al reducirse el consumo de leche pero mediante entrenamiento se podría mantener durante toda la vida, lo que podría tener interés para evitar la degradación de determinadas proteínas en el rumen. Este tema será abordado con posterioridad.

Si el reflejo no es completo entrará leche en el rumen inmaduro y su fermentación puede estimular el desarrollo epitelial de unas papilas más cortas y agrupadas. (Tamate *et al* 1962)(Citados por Rotger 2005). Sin embargo, otros autores consideran que los AGV producidos no son suficientes para estimular el desarrollo papilar (Lane *et al.,* 2000), o bien que la fermentación láctica es tan intensa que causa grandes descensos en el pH ruminal que destroza las papilas ruminales y selecciona unas poblaciones microbianas muy específicas (Orskov, 1992).

2.2- Fase de transición:

Está constituye la fase más crítica ya que el rumiante pasa de depender de las enzimas gástricas propias, a la simbiosis con los microorganismos ruminales, y el retículo - rumen debe pasar de ser un órgano no funcional a ser una cámara de fermentación que aporte los productos de la fermentación necesarios para el crecimiento y mantenimiento del animal. Durante esta fase se producen una serie de cambios hacia el rumen maduro que le permitirán mantenerse a base de de forraje y / o concentrados, como son aumentar el tamaño y adquirir las proporciones relativas adultas (Desarrollo anatómico), establecer una población microbiana estable (Desarrollo microbiológico) y una diferenciación papilar y metabólica para poder absorber y utilizar los productos de la fermentación. (Warner, 1991). Estos cambios se producen paulatinamente a medida que se comienza a consumir alimentos sólidos, estando todos interrelacionados entre si para asegurar el éxito del destete sin que se afecte el crecimiento y la salud del animal. (Klein *et al.,* 1987)

2.2.1- Desarrollo anatómico:

Al nacer el ternero el abomaso es la parte más desarrollada, representando el 50% del peso y tamaño del estomago (Lyford, 1993). Durante la fase de lactancia las pautas de crecimiento de los distintos compartimentos son similares y al iniciarse el consumo de alimentos sólidos comienza un rápido crecimiento del retículo – rumen. A las 8 semanas de edad, el rumen experimenta su máximo crecimiento, alcanzando proporciones próximas a las del adulto con respectos a los otros órganos digestivos y al peso corporal. Posteriormente la totalidad del estomago aumentará en capacidad y en peso, proporcionalmente al peso corporal. Cabe señalar que en el rumiante adulto el rumen llega

a representar el 80% de la capacidad gástrica. El omaso y abomaso no sufren estos rápidos crecimientos, sino que crecen lentamente durante todo el desarrollo.

Cuadro 2. Desarrollo postnatal del rumen y abomaso en litros totales y en porcentaje respecto de los cuatro divertículos gástricos

Edad en semanas	Capacidad del Rumen en litros	Capacidad del abomaso en litros.	Proporción rumen - abomaso
0	0.5 – 0.6 (38%)	1-3 (49%)	1:2 – 5
6	4-6 (52%)	Aprox. 5 (36%)	1:1
12	10 -15 (60%)	Aprox. 5 (36%)	3:1
16	30 (67%)	Aprox. 5 (15%)	6:1

Como se puede observar el rumen crece a una velocidad mayor que el abomaso durante el desarrollo ruminal de la semana 1 a la 16 después del nacimiento coincidiendo con lo planteado por Quigley, (2006).

El tamaño, forma y capacidad de los distintos compartimentos gástricos de los rumiantes dependen de la alimentación, la edad y la talla de los animales. Al año o año y medio de vida el estómago debe alcanzar un desarrollo adecuado. En este momento el retículo rumen representará entre el 62-80 % de la capacidad total del complejo gástrico y al omaso y el abomaso corresponden el 5 y el 7 %, respectivamente. (Delgado, 2006)

La capacidad del rumen frente al abomaso aumenta más de 20 veces desde el nacimiento hasta la 6ª semana de vida. Sin embargo, el desarrollo anatómico que se sucede con la edad tiene poco efecto sobre el crecimiento de las papilas ruminales y, por tanto, sobre la función principal del retículo-rumen (rumen) que es la absorción de nutrientes, principalmente de ácidos grasos volátiles que representan el mayor aporte energético para los rumiantes (Hamada, 1976)

Al ir creciendo el animal los compartimentos gástricos irán adquiriendo las posiciones adultas dentro de la cavidad abdominal, y los otros órganos abdominales se redistribuirán para dar cabida al rápido desarrollo del rumen que llegará a ocupar la totalidad del lado izquierdo de la cavidad (Tamate *et al* 1962)(Citados por Rotger 2005).

El tiempo que tarden los animales en desarrollar anatómica y funcionalmente el rumen determina el ritmo al que los procesos digestivos pasan de depender de las enzimas producidas por el animal, a la relación simbiótica que se establece con los microorganismos ruminales (Ørskov, 1988).
Se plantea que las principales enzimas de importancia en los primeros momentos de vida del ternero son la lactasa y la quimosina, cobrando mayor importancia las demás a medida que avanza en edad el animal, posteriormente a los 60 días el ternero estará preparado para

ser destetado y la microbiota ruminal debe estar bien establecida, regulada por la dieta consumida. Bacha (1999).

Para logra un rápido desarrollo del rumen y permitir el destete temprano, se considera como un factor clave el consumo de una dieta que permita el crecimiento del epitelio ruminal y de la masa muscular promoviéndose así la motilidad ruminal. El desarrollo del rumen debe cubrir cuatro aspectos: Tamaño, desarrollo muscular, habilidad de absorción y población microbiana

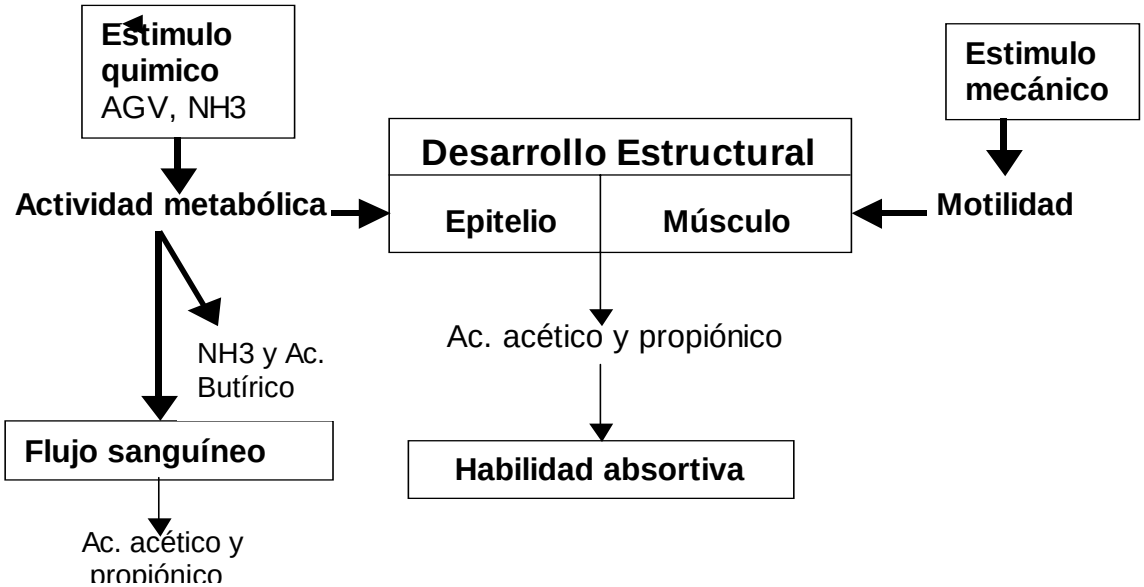
En general se puede decir que el desarrollo ruminal depende de diferentes factores los cuales se pueden agrupar en factores internos y factores externos, dentro de estos encontramos.

Factores internos: Químicos. Físicos. Absortitos. Etc.

Factores externos: Manipulación Manejo. (Alimentación) Etc.

Coincidiendo con lo anterior Delgado (2006) plantea que el desarrollo del epitelio ruminal, depende de estímulos químicos (absorción de los ácidos orgánicos liberados de las fermentaciones, principalmente) y mecánicos (masticación y rumiación) que se inician con el consumo de alimentos sólidos (Fig. 3).

Figura 3. *Estimulación fisicoquímica para el desarrollo ruminal*



Según lo planteado por Quigley (1997), el desarrollo del rumen ocurre generalmente dentro de las primeras 4 a 8 semanas de vida de los terneros. Este desarrollo es motivado principalmente por el consumo de alimento seco.

Si los terneros cuentan con alimento disponible a temprana edad, entonces el desarrollo del rumen puede comenzar dentro de las primeras semanas de nacido. Se plantea que existen determinados elementos de vital importancia para lograr un adecuado desarrollo ruminal siendo estos:

- Presencia de bacterias (refiriéndose al desarrollo de la microbiota ruminal).
- Disponibilidad de líquido en el rumen.
- Motilidad Ruminal con entradas y salidas a través de la acción muscular.
- Habilidad absortiva del epitelio ruminal.
- Sustrato

Al parecer todos estos elementos comienzan a ejercer su acción a partir del momento en el cual el ternero comienza a consumir alimentos secos (sólidos). En el momento del nacimiento los animales son estériles por lo que en su tracto gastrointestinal no están presentes las bacterias, hongos y protozoos de los que dependerá después su mantenimiento. Las primeras bacterias que se establecerán en el rumen serán aeróbicas sin embargo en poco tiempo todas pasarán a ser anaerobias con mayor presencia de bacterias metano génicas, celulolíticas y proteolíticas todas estas en dependencia del tipo de alimento que consuma el animal. (Bavera, 2005)

Se considera que la falta de líquido en el rumen puede afectar el desarrollo del mismo dado que las bacterias ruminales para poder ejercer su acción necesitan de un medio húmedo, sin suficiente agua las bacterias ruminales no pueden crecer y encontrarse en cantidades suficientes para fermentar los alimentos lo que conlleva a un atraso en el desarrollo ruminal. Se hace importante conocer que la leche consumida no reemplaza al agua libre debido a que no ingresa al rumen. El mecanismo reflejo de la gotera esofágica es activo aproximadamente hasta las 12 semanas de edad pasando esta directamente al cuajo sin caer en el rumen. Con leche solamente no podemos generar la humedad necesaria en el retículo – rumen. Casi la totalidad del agua que entra en el rumen proviene del agua libre de bebida, que como generalmente es bebida de la misma aguada de los animales adultos, esta contaminada con microorganismos ruminales lo que contribuye a establecerlos en el rumen del ternero. La disponibilidad de agua para los terneros de todas las edades estimula el consumo y disminuye la presencia de las diarreas neonatales. (División Nutrición Animal de la A.C.A. 2003)

La entrada y salida de alimentos sólidos al rumen facilita el desarrollo de los músculos ruminales, esto permite que se realicen los movimientos de contracción, presión y regurgitación de los alimentos, las contracciones permiten que los alimentos sean removidos y luego de digeridos pasen del rumen al omaso. . Se hace necesario aclarar que en las primeras semanas de vida del ternero estos movimientos ruminales no están presente comienzan a partir del momento en que el animal consume alimento seco.

En terneros neonatos la capacidad de absorción del rumen es nula ya que para esto deben desarrollarse primeramente las papilas ruminales elemento este que se abarca con posterioridad.

2.3- Factores químicos que intervienen en el desarrollo ruminal del ternero.

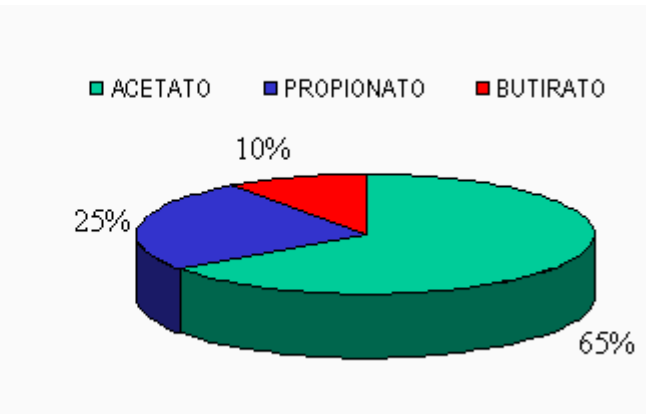
Los AGV son de suma importancia ya que representan más del 70% del suministro de energía al rumiante. Virtualmente todo ácido acético, propiónico y el ácido butírico son absorbidos por el epitelio del rumen y transportados vía porta al hígado. La absorción de AGV no sólo es importante para mantener su distribución en las células animales, sino para prevenir cantidades excesivas que puedan alterar el pH ruminal. (Nava, 2001)

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

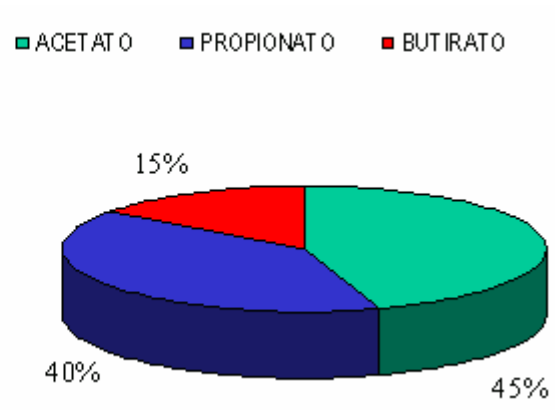
La absorción de los AGV se efectúa a través de un mecanismo de difusión a favor del gradiente de concentración. La velocidad de absorción aumenta a medida que desciende el pH del líquido ruminal. Cuando atraviesan el epitelio, los AGV sufren diferentes grados de transformación. El acetato y propionato son absorbidos casi sin alterarse, pero la mayor parte del ácido butírico se transforma en ácido ß-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 acetil-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 ß-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.

2.4- Desarrollo papilar y muscular.

Como es conocido los rumiantes nacidos y criados en su medio ambiente normal, tienen acceso al consumo de hierba desde su nacimiento, observándose que inician actividades de pastoreo en las primeras semanas de vida. El consumo de tejidos vegetales promueve el rápido desarrollo del pre – estomago (rumen), tanto en tamaño como en funcionamiento, siendo entendido como desarrollo del rumen la implantación de los microorganismos y su capacidad para absorber los nutrientes derivados de los procesos fermentativos que allí se suceden. (Lyford, 1993).

Según Venturas y Barrios (2002), el crecimiento y desarrollo del rumen en tamaño, desarrollo muscular y epitelial está influenciado en forma determinante por el manejo de los insumos alimenticios (leche, concentrado y forraje) durante las primeras semanas de edad. En el cuadro 3 se puede observar perfectamente el efecto de la dieta sobre el desarrollo del estomago en terneras de raza lechera. La falta de desarrollo del rumen bajo una dieta exclusiva de leche contrasta claramente con los efectos estimulantes del concentrado o heno. Sin embargo la mayor capacidad del pre – estomago (retículo - rumen y omaso) de los terneros alimentados con leche restringida y heno, se debe a la distensión del retículo rumen. (Lyford, 1993).

Cuadro 3. Efectos de distintas dietas sobre el peso de tejido seco libre de grasa de los diferentes compartimentos del estomago en becerros. Adaptado de Lyford, 1993.

Dieta	[1]P.C. Kg.	Retículo – Rumen		Omaso		Abomaso	
		g	[2]g/Kg	g	[2]g/Kg	g	[2]g/Kg
Recién nacido	35.4	20.9	0.59	6.1	0.17	25.7	0.73
13 semanas de edad							
Solo leche	93.1	78.7	0.85	20.5	0.22	60.5	0.65
+ concentrado	104.9	356.1	3.39	56.1	0.54	48.1	0.46
+ heno	53.6	195.9	3.65	30.6	0.57	36.6	0.68
+ heno + concentrado	94.0	250.5	2.67	75.6	0.80	59.4	0.63

[1]P.C: Peso corporal vacío; [2]g/Kg: g/Kg de peso corporal vacío.

Se conoce que el consumo de alimentos sólidos produce dos tipos de estimulación, una física y una metabólica. La primera está producida por alimentos voluminosos como los forrajes o material inerte introducido dentro del rumen y que aumentan el volumen del retículo – rumen y su tono muscular. La segunda, está mediada por los productos de fermentación sobre la diferenciación epitelial.

La inclusión de forrajes en las dietas aumenta la velocidad en la formación del epitelio y del crecimiento de los animales, aunque retrasa el desarrollo del tamaño y musculatura del pre-

estomago. El crecimiento de las papilas es lento en el rumen de terneros alimentados exclusivamente con leche durante 16 semanas (2 mm de longitud aproximadamente), mientras que cuando se incluyen alimentos sólidos en la dieta se logra un mejor crecimiento de las papilas (10 mm aproximadamente). Los materiales voluminosos sin potencial para ser fermentados no estimulan el desarrollo del epitelio aunque provocan la expansión y crecimiento muscular del rumen (Lyford, 1993). El epitelio es importante para la absorción y metabolismo de minerales y AGV, protege también a los tejidos subyacentes de la abrasión realizada por la digesta y la invasión microbiana, evitando la aparición de abscesos hepáticos. (Bacha, 1999).

La absorción de productos finales de la fermentación depende del adecuado desarrollo de las papilas del epitelio ruminoreticular y de una correcta circulación capilar.(Angeles, 2006)

La sustitución parcial de la leche por alimentos sólidos (alimento concentrado, heno y forraje verde) desde las primeras semanas de vida del ternero como ya se ha dicho con anterioridad, favorece el desarrollo del rumen, tanto por el impacto que los materiales sólidos y los AGV generados de su fermentación provocan sobre el volumen o capacidad del rumen, como por el incremento en el número y tamaño de las papilas ruminales (Ruiz, 1982). Esta práctica de manejo minimiza el estrés causado por el destete, momento a partir del cual, el ternero dependerá básicamente de su habilidad para utilizar eficientemente los alimentos sólidos (concentrados y forrajes).

Los alimentos muy fermentables como los concentrados producen gran cantidad de ácidos grasos volátiles que estimulan el desarrollo papilar, pero producen una menor estimulación táctil, lo que provoca que existan menos contracciones ruminales y un bajo desarrollo de la capa muscular. Al contrario, los alimentos forrajeros estimulan el desarrollo muscular, pero producen menos AGV para estimular el desarrollo epitelial (Wartner *et al*., 1956; Sander et al., 1959; Roy, 1980; Nocek *et al*., 1984; Orskov, 1992) (Citados por Rotger 2005).

Al ver que el desarrollo papilar estaba estimulado por productos de la fermentación, muchos experimentos se llevaron a cabo para determinar cuales AGV eran más estimulantes. El más eficaz en el desarrollo papilar parece ser el butirato, seguido por acetato y propionato (Sakata *et al.*, 1980; Warner, 1991) (Citados por Rotger 2005). Los primeros estudios describieron la acción del butirato y el propionato mediante un mecanismo directo, por un aumento del flujo sanguíneo en el epitelio ruminal durante su metabolismo. Sin embargo, esta estimulación del butirato y el propionato sobre la diferenciación epitelial, no se observó cuando se realizaron incubaciones *in vitro* con cultivos de tejido ruminal. (Gálfi *et al*., 1981) (Citados por Rotger 2005), incluso la adición de butirato disminuía los índices mitóticos. Esta contradicción entre los estudios *in vitro* e *in vivo* sugiere que la acción estimuladora del butirato y el propionato es indirecta, mediada a través de la insulina que *in vitro* estimula el índice mitótico y epitelial del rumen, e *in vivo* se secreta bajo el estimulo del butírico y el propiónico (Sakata *et al.*, 1980; Baldwin, 2004).

En la estimulación indirecta sería más importante el propionato, ya que el butirato prácticamente no pasa a sangre y a pesar de las contradicciones con los estudios *in vitro* e *in vivo* (Gálfi *et al*., 1981), no se puede descartar la estimulación local por el butirato, ya que prácticamente todo el butirato absorbido se metaboliza a nivel de la pared ruminal. (Baldwin, 2004).

El efecto estimulador de los alimentos forrajeros sobre la musculatura y el volumen ruminal, y de los productos de fermentación sobre el desarrollo epitelial es reversible. La fermentación ruminal debe ser continua para que se mantenga la integridad de las papilas

ruminales y si se vuelve a una dieta a base de leche, se producirá una regresión papilar y del tejido muscular del retículo – rumen. (Warner, 1991) (Citado por Rotger 2005)
Según Bacha, (2005) cuando los animales consumen como único alimento sólido forraje y no es buena calidad, el desarrollo de las papilas ruminales es lento y muy queratinizado debido a la escasa producción de ácidos grasos volátiles y al elevado contenido de fibra no degradable.
El contacto continuo y en cantidad suficiente de los ácidos grasos volátiles, especialmente del butírico y en menor medida el propiónico, con el epitelio estratificado del rumen, estimula el desarrollo de las papilas y junto con la presencia del dióxido de carbono que estimula el flujo sanguíneo hacia el epitelio retículo ruminal, se desarrolla la principal función de este órgano, que es la producción de energía.
Los ácidos grasos volátiles se absorben en forma no disociada. El acético pasa rápidamente al organismo sin sufrir ningún cambio y es utilizado directamente como aporte de energía, el propiónico es convertido en láctico o succínico, este último puede entrar directamente en el ciclo de Krebs para la obtención de energía o utilizarse como precursor de la glucosa. El butírico es metabolizado en la pared ruminal hasta - hidroxibutírico, esta vía es cetogénica (Booth y McDonald, 1988). Al parecer el hecho de que sea el ácido butírico el que mayor influencia tiene sobre el desarrollo de las papilas es debido precisamente a que se metaboliza en las células epiteliales.
Figura 3.- Papilas ruminales. (Interior del rumen)

Según Nava (2001), el tamaño y longitud de las papilas del rumen se modifican, dependiendo de 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.

2.5- Motilidad ruminal .

El desarrollo de la función ruminal depende de muchos factores. Uno de ellos incluye la habilidad del rumen para efectuar contracciones ruminales normales.

Se hace necesario conocer que 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.

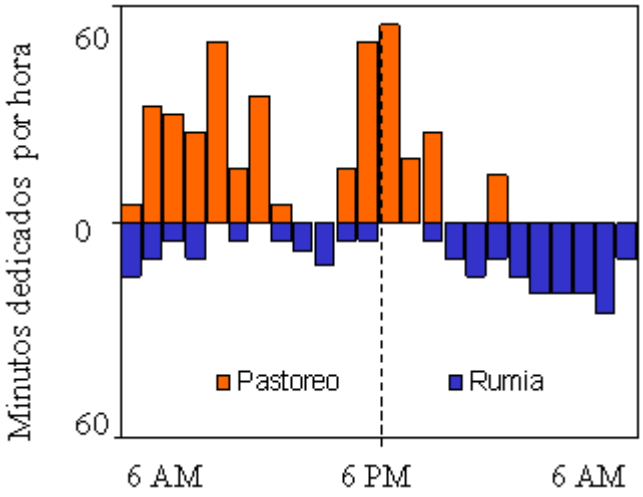
Se identifican dos patrones diferentes de contracciones:

- **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.

También la rumia es de vital importancia en la digestión de los animales rumiantes esta consiste en 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.

Grafico 1. Tiempo diario dedicado al pastoreo y la rumia en animales rumiantes.

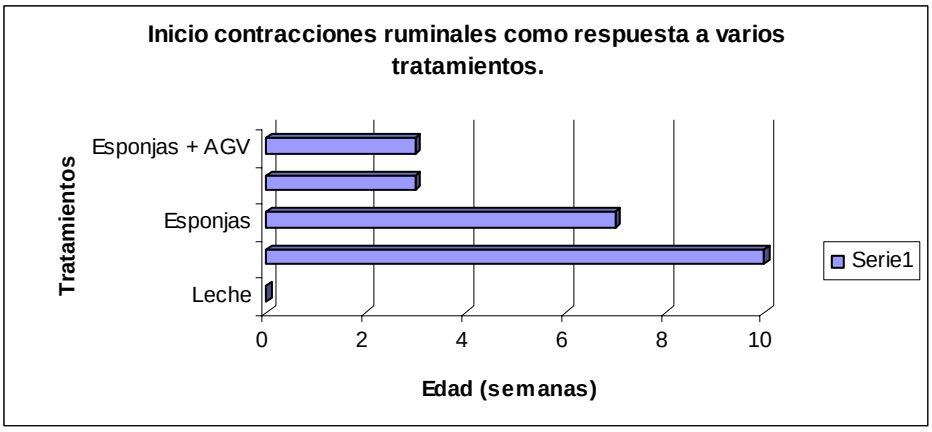


La gráfica anterior muestra el tiempo utilizado para pastorear y para rumiar. Se puede observar que los animales pastorean principalmente durante la mañana y rumian en la noche.

Para el desarrollo ruminal correcto es necesario que los materiales que entran al rumen sean capaces de salir del mismo. Las medidas de la actividad ruminal incluyen las contracciones ruminales, la presión ruminal y regurgitación (segunda masticación). Al nacimiento, el rumen tiene poca actividad muscular, y pocas contracciones ruminales pueden ser medidas. Asimismo, no ocurre regurgitación alrededor de la primera semana de vida, las contracciones ruminales comienzan con el aumento de la ingestión de materia seca. Cuando los terneros son alimentadas con leche, heno, y grano poco tiempo después del nacimiento, las contracciones ruminales pueden ser medidas temprano, aproximadamente a las 3

semanas de edad. De cualquier modo, cuando estos son alimentados solamente con leche, las contracciones ruminales no pueden ser medidas por periodos largos. (Quigley, 1998)
La segunda masticación ha sido observada temprano a los 7 días de edad, y por consiguiente no debe estar relacionada con el desarrollo ruminal. Se conoce que estos animales comienzan a rumiar en un tiempo mucho mayor cuando se les comienza a suministrar comida seca (particularmente heno).

Figura 4.- Contracciones ruminales como respuesta a diferentes dietas. Tomada de Asai, 1973 (Citado por Quigley, 1998)



Como se puede observar la figura anterior muestra el inicio de las contracciones ruminales normales en respuesta a varias dietas como tratamiento en jóvenes terneras. Esta indica que cuando la leche es el único alimento ofrecido, es poco el desarrollo de las contracciones ruminales normales. La inserción de esponjas de plástico en el rumen para estimular los efectos de forraje ("factor raspador") en el desarrollo de la motilidad ruminal resultó en el inicio de las contracciones ruminales a las 7 semanas de edad. Similarmente, cuando ácidos grasos volátiles (AGV) fueron infundidos en el rumen (para simular el efecto "químico" en el desarrollo del rumen), llevó 10 semanas para el inicio de las contracciones normales del rumen. Sin embargo, cuando se ofreció grano en la dieta, o cuando las esponjas + AGV fueron puestas en el rumen, la motilidad ruminal fue establecida aproximadamente con tres semanas de edad. Si se asume que los terneros normalmente empiezan a consumir materia seca más o menos en la primera semana de edad (en dependencia del sistema de crianza que se utilice), esto significa que serán necesarias aproximadamente dos semanas para que esta motilidad sea establecida.

Durante las primeras seis a ocho semanas de edad se debe trabajar por lograr el mayor desarrollo ruminal con vista a minimizar el estrés del destete. El máximo desarrollo ruminal estará asociado con la ingestión de iniciador para terneros u otros alimentos que favorezcan el desarrollo ruminal. La ingestión de heno es importante para la salud ruminal, pero siendo más importante después de las 6 primeras semanas, cuando el desarrollo de las papilas ruminales es crítico para permitir al ternero absorber suficiente AGV para la manutención del crecimiento.
Bavera. 2005 considera que es evidente que los estímulos primarios para el desarrollo de la mucosa ruminal son los AGV, particularmente propionato y butirato. La leche, el heno y los granos que llegan al rumen y son fermentados por las bacterias allí residentes,

contribuyen con AGV al estimulo de la mucosa. Las esponjas plásticas y las partículas inertes solo proveen acción mecánica y como no generan AGV finales su actividad estimulante es nula. Por lo tanto, el desarrollo del rumen, entendido como el desarrollo de su mucosa, es primariamente controlado por estímulos químicos, no mecánicos ni físicos.

2.6- Estimulación física en el desarrollo ruminal.

Se ha discutido mucho y aun persiste el debate sobre la necesidad de una estimulación física, además de la química o fisiológica ya comentada, para el desarrollo de las papilas ruminales. Por un lado hay trabajos en los que alimentando a los terneros con leche únicamente, se observó un mayor desarrollo del músculo de las paredes ruminales en los lotes en que los animales tenían acceso a material de cama (aserrín) frente a los que estaban alojados sobre rejillas (Harrison, 1961)(Citado por Bacha,1999) . Sin embargo en trabajos más recientes basados en exámenes histológicos sobre el epitelio de las paredes ruminales, con terneros a los cuales se les administró material inerte (esponjas de plástico) se observó una falta de desarrollo de las células epiteliales y por lo tanto de las papilas ruminales, con lo cual la función de absorción de nutrientes queda totalmente limitada (Beharka *et al*., 1998).
En esta línea se plantea la conveniencia de dar o no, forraje durante la etapa de lactación. Existen varias razones por las que algunos autores recomiendan la introducción de forrajes antes del destete:
a) Hay un incremento notable del tamaño del rumen, como resultado de una dilatación de los tejidos y un aumento del grosor del músculo de las paredes ruminales (Hamada *et al.*,1976) (Citado por Bacha,1999).
b) Uno de los comportamientos sociales más comunes en los terneros es mamarse unos a otros, produciéndose heridas en zonas como las orejas, muslos, escroto, ombligo, cerca de los pequeños pezones, etc. Este comportamiento es perjudicial para el ternero que sufre las lesiones y también para el "chupador" porque es normal que se generen bezoarios (bolas de pelo en el rumen) que pueden llegar a producir obstrucciones del esfínter retículo omasal. Para evitar estos problemas se ha mantenido la idea de dar material fibroso para producir en el animal una sensación de saciedad y tranquilizarlos. Sin embargo, Haley *et al*. (1998) obtuvieron resultados similares suministrando heno de alfalfa de buena calidad o disminuyendo el diámetro del agujero de la tetina, con lo cual lograron que la ingesta del lactoreemplazante se hiciera en un tiempo mayor.
c) El concentrado finamente molido puede dar lugar a un aumento de la queratinización de las papilas. Esto puede ser debido a que al disminuir el tamaño de la partícula se reduce la capacidad de abrasión (Greenwood *et al*., 1997) y si esto va acompañado de una bajada de pH puede desencadenar una paraqueratosis; aunque estos procesos son más normales en animales adultos expuestos a dietas muy concentradas.
Por otra parte, desde hace tiempo muchos autores recomiendan ofrecer solamente pienso concentrado a los terneros durante las primeras semanas de vida. Como ejemplos: Warner y Flatt (1965)(Citado por Bacha,1999), mencionan en su revisión que la inclusión de forrajes no es necesaria en los terneros antes del destete. Últimamente la "Guía de alimentación y manejo de terneros" editada por la Universidad de Virginia en 1997 recomienda no dar forraje a los terneros hasta el destete.
Existen muchos trabajos que demuestran que la forma física de la dieta no tiene influencia sobre el desarrollo de las funciones ruminales sino que, son los productos finales del

metabolismo de los carbohidratos los responsables del mismo. Al introducir material fibroso lignificado (heno, paja) en un rumen en desarrollo, el tiempo de permanencia es muy largo, retrasando la ingestión de otro tipo de material sólido y pasando a las porciones posteriores del aparato gastrointestinal parte indigestible de la dieta. Abe *et al*. (1999) trabajando con terneros lactantes observaron que el aumento de ingestión de materia seca y especialmente de material indigestible incrementa el contenido en humedad de las heces haciendo más susceptibles a los animales a sufrir diarreas.

Luchini et al. (1993) alimentando terneros sólo con leche, (15% del peso vivo) o suplementando con un pienso basado en granos de cereales obtuvo una mayor velocidad de crecimiento, un mayor contenido de AGV en plasma y un menor tiempo para alcanzar el peso y el volumen de ingesta recomendados para el destete con el grupo suplementado. Estos autores concluyen que la ingestión postdestete depende más de la adaptación fisiológica a las dietas secas que al manejo de la alimentación predestete. Dicha adaptación se obtiene ofreciendo a los animales pienso concentrado a partir de la primera o segunda semana de vida.

La presencia del sustrato estimula tanto la actividad microbiana como la enzimática del hospedador. Aunque el inicio de la ingestión de materia seca es adecuado que se realice lo antes posible, es conveniente recordar que la ingestión de materia seca disminuye la excreción de agua por vía urinaria y aumenta la fecal. Esto sucede debido a varios factores:

a) El paso de ingesta a través del intestino aumenta las secreciones intestinales.

b) El consumo de materia seca aumenta el consumo de agua.

c) La presencia de sustancias osmóticamente activas en sangre (AGV, glucosa, minerales) estimulan la secreción de la hormona antidiurética.

Todo esto provoca que el contenido de humedad de las heces sea mayor (Abe et al., 1999).

Lonsdale y Tayler, (1969)(Citados por Fernández *et al*.,2006) indican que los terneros pueden absorber y utilizar eficientemente los AGV desde edades tempranas. En este sentido Flatt, Warner y Loosli, (1959) (Citados por Fernández *et al*.,2006) no encontraron diferencias en el porciento de absorción de AGV entre terneros de 8 semanas y animales adultos. Estos resultados demuestran que el ternero puede estar fisiológicamente preparado para vivir exclusivamente basándose en hierba a edades tan tempranas de 6 – 8 semanas, estando sujeto el comportamiento animal a partir de esta edad a la cantidad y calidad del material consumido.

Evidentemente, el ternero tiene limitaciones de capacidad del retículo-rumen (RR) con respecto a los animales adultos. Los aspectos relacionados con el desarrollo del rumen fueron revisados por Huber, (1969) (Citado por Fernández *et al*., 2006). Este autor ha sugerido que alrededor de las cuatro semanas de edad el retículo – rumen ocupa aproximadamente el 64 % del volumen total del estómago en terneros que reciben además de la leche, alimentos sólidos. Este valor se incrementa hasta un 79 % a las 12 semanas, dicho aumento continúa progresivamente hasta alcanzar aproximadamente el 87 % en animales adultos.

Los alimentos voluminosos ejercen mayor efecto que los concentrados sobre el aumento en volumen del retículo-rumen. En terneros sacrificados a las 12 semanas de edad, el retículo-rumen ocupó el 85 % del volumen total del tracto en los animales que recibieron solamente 0.45 kg/día de concentrados y heno a voluntad, mientras que en aquellos que recibieron hasta 2.27 Kg. / días de concentrados el volumen ocupado fue 82 % (Stobo, Roy y Gaston, 1966) (Citados por Fernández *et al*.,2006). No obstante, el efecto de los alimentos voluminosos sobre el desarrollo temprano del rumen no logra aumentos sustanciales en el

consumo de materia seca si los mismos no son de alta calidad. Numerosos autores han destacado la importancia que tiene el adecuar la fracción fibrosa a las dietas de inicio de terneros, teniendo como objetivos fundamentales la búsqueda del estímulo para el desarrollo temprano del rumen y el crecimiento normal del bovino joven con el destete precoz y el suministro de cantidades reducidas de leche.

Plaza, (1983) (Citado por Fernández *et al*., 2006) señala que es de vital importancia adecuar la fibra en raciones completas al utilizar diferentes formas físicas, lo que contribuye al buen desarrollo del rumen y al normal crecimiento en el ternero joven, estableciendo ventajas económicas al poder implantar el destete temprano con mejoras en la conversión alimentaria.

Como conclusiones prácticas algunos autores plantean que no es necesaria la inclusión de material fibroso (forrajes) en los terneros antes del destete y puede llegar a ser un problema si es de mala calidad. En la mayoría de los artículos consultados en los que se utilizaron forrajes siempre fueron de buena calidad siendo el heno de alfalfa el que con mayor frecuencia se usó. Teniendo claro que el forraje tiene que ser de excelente calidad, Beharka, et al. (1998) encontraron que picando el forraje (25% heno de alfalfa 75% una mezcla de maíz, avena y soja extrusionada) hacían mucho más estable la producción de AGV a nivel ruminal y aumentaba el consumo de materia seca.

En estudios realizados en Cuba en el Instituto de Ciencia Animal por R. Ybalmea y col., 2005 con el objetivo de estudiar el efecto de la proporción y tipo de fibra de las dietas integrales en la morfometría y desarrollo del estómago de terneros jóvenes Aplicando una dieta integral (DI) con aproximadamente 30 % de bagazo de caña molido, 25.53 % de FND y 21.28 % de FAD (nivel alto de fibra), la cual correspondió al tratamiento control, y otra con otras fuentes fibrosas en similar proporción , con 20.98 % de FND y 15.11 % de FAD (nivel bajo de fibra), como tratamiento experimental, para comparar el efecto del tipo y proporción de fibra en la morfometría y desarrollo del estómago en terneros lactantes hasta los 84 d de edad. Concluyeron que, a esta edad, el bagazo no contribuye eficientemente al desarrollo del rumen del ternero, al propiciar mayor volumen ruminal y menor desarrollo corporal, lo que pudiera relacionarse con la utilización ineficiente de la dieta en general.

Sin embargo Bavera (2005), argumenta que el desarrollo del rumen es guiado primordialmente por un estimulo químico, dado por los AGV, fundamentalmente aquellos que resultan de la fermentación de granos, pero en algún punto de la alimentación debe entrar el heno (fibra) sobretodo porque a partir de su actividad física, el llamado efecto de rascado, ayuda al desarrollo de la capa muscular del rumen y al mantenimiento del pH y de la sanidad de la mucosa del rumen. Las papilas ruminales pueden crecer excesivamente en respuesta a niveles exagerados de AGV y los terneros terminar sufriendo hiperqueratosis de la mucosa. El efecto de rascado es necesario para evitar un circulo vicioso, porque niveles exagerados de queratina, van a disminuir la absorción de AGV, que a su vez se acumulan en el contenido ruminal. En el destete hiperprecoz (30 días) dado el gran potencial de generación de AGHCV que tienen los preiniciadores (prestarter) utilizados, y en sistemas más convencionales, como son el destete precoz (2 meses), los terneros ya vienen comiendo algo de forraje en el campo al pie de la madre, y simultáneamente con el destete, el heno se debe poner a su disposición. En el destete hiperprecoz se debe dar una cantidad limitada de heno, de excelente calidad, pero no más de 0,5 kg día, para no deprimir el consumo del preiniciador. Por otra parte, muchos terneros no comen cantidades significativas de heno, aunque sea de buena calidad, al tener disponible un buen iniciador.

2.7- Colonización del rumen y su influencia en el desarrollo ruminal.

Como ya hemos comentado el tracto intestinal de los terneros recién nacidos es estéril al nacer; sin embargo a las pocas horas las bacterias presentes en el medio ambiente comienzan a colonizar los intestinos. Esta colonización puede ser acelerada por el medio ambiente que promueve el crecimiento de patógenos. Si un ternero nace en un ambiente que contenga un gran número de bacterias patógenas, las oportunidades de colonización y por ende, de enfermedades se incrementan. Esto puede conducir a que los terneros desarrollen Septicemia y, a menudo, la muerte si no son tratadas a tiempo. La presencia de bacterias en los intestinos puede acelerar su cierre para la absorción de las inmunoglobulinas del calostro con lo que se reduce la adquisición de la inmunidad pasiva. (Blanco, 2006)

Al día o dos de edad, empiezan a encontrarse bacterias, principalmente aerobias.

La primera colonización ruminal ocurre por reflujo del abomaso y se observa desde los primeros días de vida por la *E.coli* y *Cl. welchii.* La capacidad de paso de estas bacterias a través de la barrera ácida del abomaso es debida a la presencia del cuajo que aumenta el pH, conjuntamente con la colonización de estas continúa por reflujo la de lactobacilos y bacterias amilolíticas y, por último, las celulolíticas (Caeiro Potes, 1998). El pH del contenido ruminal baja durante las primeras 4-8 semanas de ingestión con el creciente consumo de alimento sólido, esto favorece la absorción de los AGV, especialmente del ácido butírico, ya que al tener el líquido ruminal un pH alrededor de 5,4 aumenta su velocidad de absorción en 3 o 4 veces respecto al acético (Noble, 1989). Posteriormente poco a poco va subiendo el pH hasta alcanzar los niveles de 6-6,2 que son en los que se llega a la mayor actividad celulolítica, por lo que estas son las condiciones optimas para este tipo de microorganismos.

Los alimentos ingresados al rumen, como el preiniciador, el iniciador y el heno, son fermentados por las bacterias presentes y degradados a AGV. Por lo tanto, son las bacterias las que proveen los AGV para el desarrollo epitelial.

2.7.1- 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.

Como se ha reflejado las bacterias en el rumen contribuyen al desarrollo de las funciones ruminales y preparan al rumen para el destete. El productor, puede estimular a las bacterias de las siguientes maneras:

• Proveer agua fresca y limpia. Las bacterias viven en un ambiente acuoso y una fuente de agua fresca es importante para su crecimiento. Se recomienda suministrar agua fresca diariamente desde el nacimiento.

• Brindar al animal un iniciador para terneros fresco y limpio. Las bacterias del rumen van a fermentar los carbohidratos y algunas de las proteínas en el iniciador hasta convertirlas en ácidos grasos volátiles. Estos ácidos son los que propician el desarrollo del rumen.

• Brindar el iniciador para terneros antes de destetar. Cuando los terneros son alimentados únicamente con iniciador, tienden a comer grandes cantidades en un período de tiempo corto. Esto puede tener efectos profundos en el pH del rumen e influenciar las poblaciones

de bacterias en el rumen. Por lo que, cuando sea posible, se debe permitir a los terneros preruminantes tener acceso al iniciador hasta un máximo de alrededor de 3.5 kg (7 lbs) por día.
La bacteria del rumen se adaptara a los cambios en el medio ambiente ruminal rápidamente. Usualmente, alrededor de las 2 semanas después de introducir alimentos hacia el rumen, las bacterias en el rumen del ternero van a parecerse a las que se encuentran en animales adultos. (Quigley, 1997)

2.7.2- Protozoos.

El contacto con otros animales parece ser la principal vía de inoculación, siendo esta la única para el establecimiento de los protozoos. Las bacterias pueden inocularse en el rumen mediante el alimento, el medio o incluso los *lactobacillus* se inoculan por reflujo de contenido lácteo del abomaso (Roy, 1980) (Citado por Rotger 2005).
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.

Figura 4.- Protozoario 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.

2.7.3- Hongos.

Las bacterias y protozoarios han sido estudiados en considerable detalle, siendo su contribución al contexto de la fermentación ruminal más o menos conocido; sin embargo, la noción que se tiene sobre los hongos anaeróbicos es limitada y su participación en los procesos ruminales no está todavía bien aclarada.

Se descubrió su presencia en el rumen en los años 70. Anteriormente la fase móvil o zoosporo era confundida con un protozoo flagelado y la fase vegetativa o esporangio, siempre adherida a las partículas de fibra, no era identificada al estudiar el filtrado del liquido ruminal. (Orskov 1992a) Los géneros más frecuentes en el rumen son: *Neocallimastix , Caecomyces, Pyromyces y Orpinomyces* (Van Soest, 1982)

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.
Los resultados de muchas investigaciones *in Vitro* señalan que los hongos anaeróbicos del rumen son digestores de fibra. Sin embargo, aunque estos estudios indican que los hongos poseen el componente enzimático para degradar los polisacáridos de la pared celular, muy poco es conocido sobre la extensión de su actividad en la fermentación ruminal. Por un lado, se han hecho grandes avances en el conocimiento de los mecanismos y factores que controlan su ciclo de vida, y por otro, se han mejorado los métodos para hacer las estimaciones de sus poblaciones a los diferentes estados de su ciclo.

Una abundante digestión de los componentes fibrosos de las plantas por parte de los hongos anaeróbicos ha sido claramente demostrada en numerosos experimentos *in Vitro*, demostrando estos microorganismos poseer un amplio rango de enzimas que pueden degradar los principales carbohidratos estructurales (celulosa y hemicelulosa) de las paredes celulares de las plantas

Aunque no hay evidencia de que los hongos anaeróbicos pueden utilizar lignina como fuente de carbono, estos fueron capaces de disolver hasta un 16% de la lignina de la paja y heno de trigo (*in Vitro*), fueron capaces además de degradar y debilitar substancialmente los tejidos lignificados de forrajes fertilizados con azufre

2.8- La gotera esofágica y su influencia en el desarrollo Ruminal.

Conocemos que en el momento del nacimiento el rumen es muy rudimentario y su capacidad para utilizar alimentos fibrosos es nula, razón por la cual su alimentación es esencialmente a base de leche entera o de sustitutos lácteos. En los terneros jóvenes los alimentos líquidos suelen sobrepasar el retículo – rumen y llegar directamente al abomaso a través de la gotera esofágica. Este mecanismo que se activa fundamentalmente por el estimulo de la alimentación líquida de los terneros es muy importante, puesto que evita la entrada de alimentos en el rumen infuncional, evitando así, posibles problemas digestivos por la ausencia de microorganismos capaces de utilizar dicho alimento.
La gotera esofágica es un pliegue muscular con forma de tubo que se extiende en forma descendente desde el cardias hasta el omaso sobre la pared del retículo (Orskov, 1992). El cierre de este canal se produce cuando el ternero succiona la leche. Los labios de la gotera se acortan e invierten, quedando el derecho sobre el izquierdo (Silva, 1997), formando un tubo que lleva el líquido directamente desde el final del esófago hasta el interior del abomaso. Al producirse la contracción de la gotera esofágica, se produce un acortamiento del orificio retículo omasal y una aproximación de éste al cardias, lo que permite acelerar el paso de la leche hacia el sulcus omasi y finalmente al abomaso (Frandson, 1976; Orskov, 1988) afirman que el cierre del canal corresponde a un acto reflejo que se desarrolla inmediatamente después de la deglución. Este reflejo se mantiene durante todo el proceso de succión, involucrando una serie de reacciones coordinadas producidas como respuesta a estímulos recibidos desde las fibras eferentes del nervio vago. A medida que el animal avanza en edad e ingiere alimentos secos, el reflejo de cierre de esta estructura va desapareciendo, hasta atrofiarse en el animal adulto (Cartes, 1977).
Los labios al cerrarse forman un tubo que lleva los líquidos tragados al abomaso (Orskov, 1992). La función de este conducto es impedir que la leche consumida por el ternero pase al

rumen, escapando así de la fermentación bacteriana que allí ocurre. Esto permite que la leche llegue al abomaso sin perder sus características nutricionales, lo que asegura una mejor utilización por parte del ternero (Silva, 1997). Se ha demostrado que sólo cuando los terneros beben la leche en forma voluntaria y con su característico entusiasmo juvenil, la gotera esofágica se cierra eficientemente. Esto ocurre sin importar la composición del líquido consumido ni el método de ingestión. Por otro lado, si al ternero se le fuerza a tragar el líquido o estuviera bebiendo para disminuir su sed, el conducto no cierra y el líquido entra al rumen (Orskov, 1992). El cierre de la gotera esofágica sólo ocurre cuando se entregan dietas líquidas. Según Orskov (1992) cuando es necesario que el ternero use la saliva para ayudarse a tragar el alimento, la gotera esofágica deja de funcionar y, por lo tanto, el alimento llega al rumen. Además señala que el manejo que se les da a los terneros durante los primeros días de vida es muy importante para asegurar el correcto funcionamiento de la gotera esofágica. En primer lugar, el acostumbramiento al método de alimentación es esencial para que el ternero beba la leche con el mismo entusiasmo juvenil que cuando lo hace de la madre. En segundo lugar, es necesario evitar la confusión que se desarrolla cuando el ternero tiene motivos distintos para beber: el hambre de leche y la sed que se produce por el consumo de alimento sólido.

En trabajos del Instituto Rowet de Escocia con corderos consumiendo un lacto reemplazante se fue reduciendo gradualmente la cantidad de agua hasta que se les ofreció en polvo. Cuando los corderos necesitaron incrementar la producción de saliva, la gotera dejo de funcionar. Por tanto el cierre de la gotera esofágica ocurre únicamente cuando se proporcionan alimentos líquidos al animal (Ørskov, 1988). En algunos tratados de farmacología se recomienda la utilización de una solución de 5% de sulfato de cobre, 5% de sulfato de zinc y 10% de bicarbonato de sodio, para provocar el cierre de la gotera esofágica y junto con esta solución administrar algún medicamento antibiótico o antiparasitario, aunque sería mucho más efectivo si estos productos son administrados a través del lactorreemplazante bien sea mezclado en el polvo o en la propia disolución (Booth y McDonald , 1988) (Citado por Bacha,1999).

A continuación presentamos cuadro 4 donde se resumen algunos de estos cambios fisiológicos que ocurren en el ternero durante la transición de pre- rumiante a rumiante.

Cuadro 4.- Cambios fisiológicos durante la transición de pre-rumiante a rumiante. **(**Quigley, 2006) .

Indicador	Pre-rumiante	Rumiante
Social/Conductual		
Actividad de comer	Mamar	Masticación/rumia
Gotera esofágica	Funcional	No funcional
Enzimas hepáticas	Glucolíticas/cetogénicas	Gluconeogénicas
Sustrato/alimento	Calostro, Leche	Agua, Iniciador
Proteína bacteriana	<30% del total al abomaso	>50%

Características ruminales		
Papilas	Cortas y estrechas	Más Largas y Anchas
Muscularidad	Poca	Incrementándose
Volumen	Poco	Incrementándose
Metabolitos en sangre		
Fuente de energía	Glucosa	Ácidos Grasos Volátiles
b-Hidroxibutirato	Poco	Incrementándose
Desarrollo mamario	Responde más a la proteína alta	Responde menos a la proteína alta

Conclusiones:

El sistema digestivo de los rumiantes esta sometido a importantes cambios fisiológicos hasta llegar al estado adulto, comportándose este en los primeros momentos como un animal monogástrico. Este requiere tanto de factores químicos como físicos que le permiten lograr su completa madurez.

El suministro de concentrados en la dieta de terneros incrementa el desarrollo de las papilas a través de la fermentación y la producción de AGV, sin embargo no garantiza la funcionalidad total del rumen. Así como la presencia de fibra en la dieta es de vital importancia, pues contribuye al desarrollo epitelial del rumen promoviendo la rumia y estimulando el desarrollo muscular de dicho órgano, jugando un importante papel los microorganismos ruminales en el desarrollo ruminal y en la posterior alimentación del rumiante.

Bibliografía:

- Abe, M.; Matsunaga, M.; Iriki, T.; Funaba, M.; Honjo, T.; Wada, Y. 1999. *J. Dairy Sci.* 82, 320-332.
- Ángeles Campos, Sergio C. 2006. Fermentación ruminal, tamaño de partícula y efecto de la fibra en la alimentación de vacas lecheras. Disponible en: http://www.fmvz.unam.mx/bovinotecnia/BtRgZooG014.pdf. Consultado: marzo 2007.

- Asai, T. 1973. Japanese Journal of Veterinary Science.1973. 35:239-252.
- Asocras, 2000. Digestive Anatomy in Ruminants. Disponible en: http://www.calfnotes.com. En línea: Mayo 2001. Consultado Marzo 2007.
- Bacha, F. 1999. Nutrición del ternero neonato. En: Avances en nutrición y alimentación animal. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. P. G [a]. Rebollar, C. de Blas y G. G. Mateos. Madrid (eds), España. Pp: 277-301.

- Bacha, F., 1999. Nutrición del ternero neonato. XV Curso de Especialización. Avances en nutrición y alimentación animal. Disponible en: "http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/CAP11". En línea: noviembre. Consultado: Marzo 2007.
- Bacha, F.; Llanes, N.; E. Bueno. 2005. Alimentación de terneros en ausencia de promotores de crecimiento de tipo antibiótico: control de timpanismo y acidosis. XXI Curso de Especialización FEDNA. Madrid, 7 y 8 de Noviembre.
- Baldwin, R. L.; K. R. McLeod; J. L. Klotz; R. N. Heitmann. 2004. Rumen development, intestinal growth and hepatic metabolism in the pre – and postweaning ruminant. J. Dairy Sci. 87: (E. Sppl.): E55 – E65.
- Bavera, G. 2005. Destete hiperprecoz. Cursos Producción Bovina de Carne, FAV UNRC. Argentina. Disponible en: http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/destete/35-destete_hiperprecoz.pdf. En línea: Febrero 2005. Consultado Marzo 2007.
- Beharka, A. A.; Nagaraja, T. G.; Morrill, J. L., Kennedy, G. A. ; Klemm, R.D. 1998. *J. Dairy Sci.* 81, 1946-1955.
- Blanco Ochoa, M.G. 2006. Alimentación en becerras. Disponible en: http://www.fmvz.unam.mx/bovinotecnia/BtRgZooG001.pdf. En línea: Mayo 2006. Consultado: Marzo 2007.
- Booth, H. N. ; Mcdonald, L. E. 1988. Veterinary Pharmacology and Therapeutics 6ª Edition. Iowa State Universitiy Press/Ames.
- Cartes, M.E. 1977. Antecedentes preliminares en torno a la formulación de un sustituto de la leche para terneros en Chile. Primera parte: Consideraciones Fisiológicas. 60 h. Trabajo de diploma (en opción al título de Ing. Agrónomo) Chillán. Escuela de Agronomía. Universidad de Concepción.
- Church, D.C. 1979. Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants OSU Boock Stores Inc. Oregon.
- Delgado, Denia. 2006. Fisiología digestiva del rumiante. Curso: "Estrategias de alimentación para el ganado bovino en la sequía".Instituto de Ciencia animal. La Habana. Cuba.
- División Nutrición Animal de la A.C.A. 2003. Ruter, Radiografía de un emprendimiento. Acaecer, Bs. As., 320:14-18.
- Fernández Rodríguez, E; Batista Montané, Dariadna; Castillo Suárez, R. *et al*. 2006. Comportamiento de terneros en crianza artificial con acceso al pasto a edades tempranas. II. Efecto de la alimentación en el desarrollo gastrointestinal del ternero. Universidad de pinar del Río. La Habana. Cuba.
- Forbes, J.M. ; France, J. 1993. Special features of the ruminant. En: Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and Metabolism. Eds. Forbes, J.M. y France, J. CAB International, UK.
- Frandson. 1976. Anatomía y fisiología de los animales domésticos. Interamericana S. A. México. 461 p.
- Greenwood, R.H.; Morrilland, J.L. ; Titgemeyer, E.C. 1997. *J. Dairy Sci.* 80, 2542-2546.

- Haley, D.B.; Rushen, J.; Duncan, J.H.; Widowski, T.M. ; Pasille, A.M. 1998. *J. Dairy Sci.* 81, 2165-2172.
- Hamada, T.; Maeda, S.; Kameoka, K. 1976. J. Dairy Sci. 59, 1110-1118.
- Harrison, H.N.; Warner, R.G.; SAnder, E.G. ; Loosli, J.K. 1961. *J. Dairy Sci.* 43, 1301- 1312.
- Hungate, R.E. 1966. The Rumen and its Microbes. Academy Press Inc., New York.
- Jouany, J.P.; Broudiscou, L.; Pirns, R.A. y Komisarczuk, S. 1995. Métabolisme et nutrition de la population microbienne du rumen. En : Nutrition des Ruminants Domestiques. Eds. Jarrige, R. et al. INRA, France.
- Klein, R. D.; R. L. Kincaid ; A. S. Hodgson; J. H. Harrison; J.K. Hillers; J. D. Cronrath. 1987. Dietary fiber and early weaning on growth and rumen development of calves . J. Dairy Sci. 70: 2095 – 2104.
- Lane, M. A.; r. l. Baldwin; B. W. Jesse. 2000. Sheep rumen metabolic development in response to age and dietary treatments. J. Anim. Sci. 78: 1990 – 1996.
- Longenbach, J.L. ; Heinrichs, A.J. 1998. *Anim. Feed Sci. Techn.* 73, 85-97.
- Luchini, N.D.; Lane, S. F.; Combs, D. K. 1993 J. Dairy Sci. 76, 255-266.
- Lyford, S. J. JR. 1993. Crecimiento y desarrollo de aparato digestivo de los rumiantes. En: El Rumiante. Fisiología digestiva y nutrición. C. D. Chrurch (ed). Editorial Acribia, S. A. Zaragoza. España. p 47 – 68.

- Martínez G., E. 2005. Bases fisiológicas y nutricionales de la unidad vaca – ternero. Cenerema. UACH.

- Nava Cuellar, Cuauhtémoc; Díaz Cruz, Antonio. 2001. Introducción a la digestión ruminal. Disponible en: http://www.Produccionovina.com.ar/informacion-tecnica/ En línea: Julio. Consultada: Marzo 2007.

- Nocek, J. E.; C. W. Heald; C. E. Polan. 1984. Influence of ration physical form and nitrogen availability on ruminal morphology of growingbull calves. J. Dairy Sci. 67: 334 – 343.
- Orskov E.R. y M. Ryle. 1990. Energy nutrition in ruminants. Elseiver Science Publishers Ltd. London and New CorkYork. 160 p. 104
- Orskov, E. R. 1992. Protein nutrotion in ruminants. Academic Press Limited. 24 – 28 Oval Road, London NW 1 7DX, UK.
- Orskov, E. R.; m. Ryle. 1998. Energy nutrotion in ruminants. Chalcombe publications, Painshall. Church Lane, Welton, Lincoln, LN2 3 LT, UK.
- Orskov, E. R; D. Benzie; R. N. B. Kay. 1970. The effects of feeding procedure on closure of the oesophageal groove in young sheep. Br. J. Nutr. 24: 785 – 795.
- Ørskov, E.R. 1988 Nutrición proteica de los rumiantes. Ed. Acribia, S.A. Zaragoza, España.
- Orskov, E.R. 1992. Protein nutrition in ruminants. Academic Press. London. 175 p.
- Orskov, E.R. 1992a. Protein nutrition in ruminants. Academic Press. Limited 234 – 28 Oval Road. London. NW1 7DX, UK.
- Owens, F. N.; a. l., Goetsch. 1986. Digesta passage and microbial protein synthesis. En: Control of digestion and metabolism in rumiants. L. P. Milligan, W. L. Grovum y A. Dobson. Eds. Reston Book, Prentice- Hall, Englamood Cliffs, New Jersey. p 196 – 226.

- Preston, T. R.; Leng, R. A. 1987. Matching Ruminant Products Systems With available resources in the tropics and subtropics. Penambul Books, Armidale CTA,Wageningen,
- Quigley, J. 1997. Bacterias del rumen en terneros. Disponible en: http://www.calfnotes.com. En línea: mayo 2001. Consultado: Marzo 2007.
- Quigley, J. 1998. Motilidad ruminal. Nota acerca de Terneros # 48. Disponible en: http://www.calfnotes.com. En línea: 2001. Consultado: Febrero 2007.
- Quigley, J., 1997. Como la ingestión de iniciadores para terneros pueden impulsar el desarrollo ruminal. Nota acerca de terneros # 27. Disponible en: http://www.calfnotes.com. En línea: Marzo, 2000. Consultado: Febrero 2007.
- Quigley. J; Mills. D, 2006. Desarrollo Ruminal en Becerras. 22 Conferencia Internacional sobre Ganado Lechero. Disponible en: http://www.calfnotes.com/ En línea: Julio. Consultado: Febrero 2007.
- R. Ybalmea, H. Jordán, Denia Delgado, Bertha Chongo, J. Ortega y Ana M. Vera. 2005. Efecto de la proporción y tipo de fibra de las dietas integrales en la morfometría y desarrollo del estómago de terneros jóvenes. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 39:3. p279.
- Rotger Cerdá, Aina. 2005. Fermentación ruminal, degradación proteica y sincronización energía - proteína en terneras en cebo intensivo. Barcelona. 208 h. Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Producción animal) Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad de Barcelona.
- Roy, J. H. B. 1980. The digestive system of the calf. En: The calf. Forth edition. J. H. B. Roy, Ed. Butterworths. p 201 – 219.
- Ruiz, E.; Ruiz, A. 1982. Alimentación de terneras. En: Aspectos nutricionales en los sistemas de producción bovina en el trópico. CATIE, Turrialba, Costa Rica.

- Sakata, T.; K. Kitosaka; Y. Shiomura; H. Tamate. 1980. Stimulatory effect of insulin on ruminal epitheliun cell mitosis in adults sheep. Br. J. Nutr. 44: 325 – 331.
- Sander, E. G.; R. G . Warner; H. N. Harrison; J. K. Loosli. 1959. The estimulatory effect of sodium butyrate and sodium propionate on the development of rumen mucosa in the young calf. J. Dairy Sci. 42:1600 – 1605.
- Silva, P. 1997. Factores fisiológicos y nutricionales que influyen en la utilización de sustitutos lácteos en terneros pre- rumiantes.135 h. Trabajo de diploma (en opción al título de Ing. Agrónomo) Universidad Católica de Chile.
- Tamate, H; A. D., McGuillard; N. L., Jacobson; R., Getty. 1962. Effect of various dietaries on the anatomical development of the stomach in the calf. J. Dairy. Sci. 45: 408 – 419.
- Van Soest, P.J. 1982. Nutritional Ecology of the Ruminants. O. and Books, Oregon, USA.
- Van Soest, P.J. 1994. Nutritional Ecology of the Ruminants. Second Ed. Cornell Univ. Press, Ithaca, NY, 476 pag.
- Ventura Salgado, Max; Barrios Urdaneta, Alirio. 2002. Manejo nutricional de hembras de reemplazo en ganado bovino de doble propósito. III Curso Internacional de Ganadería de Doble Propósito. Venezuela.

- Wardrop, J. D. 1961. Some preliminary observations on the histological development on the forestomach of the lamb. I. Histological changes due to age in

the period fron 46 days of foetal life to 77 days of posnatal life. J. Agric Sci. 57: 335 -341.

- Warner, R.G. ; Flatt, W. P. 1965. En: Physiology of Digestion in the Ruminant. pp. 24. Butterworths, Washington.
- Warner, R.G. 1991. Nutritional factors affecting the developmen of a functional ruminant: Ahistorical perspective. Proc. Cornell. Nutr. Conf. 1 – 12. Ithaca, NY.
- Warner, R.G; W. P. Flatt; J. K. Loosli. 1956. Dietary factors influencing the development of the ruminant stomach. J. Agric. Food Chem. 4: 788 – 792.
- Watson, R. H. 1944. Studies on diglutition in sheep. I. Observations on the course taken by liquids through the stomach at various ages from birth to maturity. Comun. of Aust. Coun. for Sci. and Indus. Research. Bull. 180: 1 – 94.
- Wattiaux, M.A y Howard, R.T. 2000. Digestion en la vaca lechera. Disponible en: http://www.babcock.cals.wisc.edu/bab/des/digest/ch1/dig.html . En línea: Marzo 2000. Consultado: febrero 2007.
- Wester, J. 1930. The rumination reflex in the ox. The Vet. J. London. 86: 401 – 410.
- Yokohama, M. T. ; K. A, Johnson. 1988. Microbiología del rumen e intestino. El rumiante, fisiología digestiva y nutrición. C. D. Church, Ed. Editorial Acribial. Zaragoza. España. P 137 – 158.