

USO DE LA FIBRA Y DESARROLLO RUMINAL DEL TERNERO.

MSc . Alexey Díaz Reyes, Ing. Lliddrey Torres Hernández

*Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”, Vía Blanca Km.3,
Matanzas, Cuba.*

Resumen

En el trabajo se describen los efectos de los alimentos fibrosos en la dieta de los terneros en edades tempranas lo que contribuye a un rápido desarrollo ruminal y por consiguiente a un mejor estado productivo del animal. Se profundiza en la composición química y analítica de la fibra así como la cantidad y calidad que se debe emplear en las dietas para rumiantes jóvenes. Asimismo se analiza el sistema digestivo que presentan y se describe como ocurre el metabolismo de los carbohidratos, proteínas y lípidos en estos animales en edades muy tempranas. Además se explica como ocurre el establecimiento de la microbiología del rumen lo cual representa un proceso paulatino de gran importancia para lograr un adecuado desarrollo del animal al pasar a las categorías posteriores.

Palabras claves: Fibra, aparato digestivo, rumen, ternero.

I. Introducción

En muchos países tropicales, el pasto es la principal fuente de alimento para el ganado. Sin embargo, el uso de fertilizantes y el riego es limitado lo que produce un descenso en el valor nutritivo del pasto, especialmente en el contenido de proteína y se hace más crítico en la época poco lluviosa. Esto se refleja en los bajos rendimientos de la vaca lechera y en la ganancia diaria de peso vivo de los animales en crecimiento con una respuesta satisfactoria a la suplementación con concentrados o subproductos industriales o agrícolas.

La ingestión de alimento sólido es vital para que el ternero haga la transición de animal pre-rumiante a rumiante funcional. Además hay mucha controversia en lo concerniente a la composición del iniciador que debe ser alimento para el ternero pre-rumiante, especialmente con respecto al nivel de forraje que deben contener esas dietas. (Tamate et al, 1962, Hamada et al., 1976).

El éxito de un programa de cría impacta en la productividad de un rebaño principalmente en dos formas. El buen desarrollo del animal es indispensable para que se pueda manifestar todo su potencial genético. Por otro lado, un buen programa de cría nos va a permitir tener un mayor número de animales para poder aplicar un estricto programa de selección. La crianza de los terneros es un período de inversión que va a durar hasta que los animales entren en producción y comiencen a generar ingresos. La clave para realizar esta inversión no está en la cantidad de dinero diaria a invertir, sino en el acortamiento de este periodo y en un alto rendimiento cuando el animal empieza a producir. Por ello, el acortar el período de crianza logrando terneros con un rumen funcional y sano, es la primera etapa para trabajar y hacer una inversión eficiente.

Para proporcionar el desarrollo ruminal temprano y permitir el destete precoz, el factor clave es el consumo temprano de una dieta que promueva el crecimiento del epitelio ruminal y su motilidad. Debido a que los granos proporcionan carbohidratos fermentables que se metabolizan para generar propionato y butirato, son la fuente de elección para asegurar el pronto desarrollo del rumen. Por el contrario, los carbohidratos estructurales de

los forrajes tienden a fermentarse en mayor medida para producir acetato y éste tiene menos capacidad estimulante del desarrollo ruminal. (Quigley, 2006).

Se conoce que la fibra es un elemento de vital importancia en la alimentación de los rumiantes teniendo en cuenta los valores de FND, suministrando esta como ensilaje, forraje o siendo consumida directamente en el pastoreo debido a que es vital para el funcionamiento ruminal (llenado ruminal y estímulo de las contracciones ruminales) y de las condiciones químicas (pH), a través de la secreción salivar dependiente de la masticación y la rumia. Estas dos funciones dependen, a su vez, de la composición, la degradabilidad y la forma de presentación de la fibra, ya que ayuda a reducir el ritmo de fermentación ruminal al tiempo que favorece la salivación y el incremento del pH ruminal.

El efecto neto de la fibra va a depender del tipo de cereal que le acompañe, ya que el almidón puede interferir en su digestión. Sin ir más lejos, la cebada limita la degradabilidad de la fibra, ofreciendo mejores resultados cuando se acompaña de maíz. Una alternativa podría ser la sustitución del forraje por otras fuentes de fibra no-forrajera (pulpa de remolacha o de cítricos, semilla de algodón entera, cascarilla de soja, subproductos de destilería...) que presenta efectos positivos, sin que se vea mermado el contenido energético de la ración. Esta sustitución es de interés en aquellas zonas donde la calidad de los forrajes suele ser limitada, aunque existe acuerdo general en considerar que esta fibra no tiene el mismo efecto a nivel ruminal que el forraje tradicional. (Vázquez et al, 2003).

Dada las características del aparato digestivo de los terneros y su escaso desarrollo con respecto a los rumiantes adultos el uso de fibra para lograr un rápido y adecuado crecimiento del mismo es primordial.

Desarrollo

La fibra.

Características:

Dadas las características propias de los pastos tropicales, con bajos niveles de proteína digestible y alta tasa de fibra, el follaje de leguminosas arbustivas y /o arbóreas ha sido demostrado en muchos casos como una estrategia nutricional en la suplementación de rumiantes en el trópico, principalmente durante los períodos de escasez de forraje. Muchas de estas especies tienen valores nutricionales superiores a la de los pastos y pueden producir elevadas cantidades de biomasa comestible que son más sostenidas en el tiempo que las del pasto bajo condiciones de cero fertilización (Hernández et al., 1998).

La fibra es una entidad heterogénea formada por varios componentes químicos de composición conocida, pero cuya estructura tridimensional es variable y poco conocida. Desde el punto de vista químico, la fibra se compone de un entramado de celulosa, hemicelulosa y lignina. (Calsamiglia, 1997).

A efectos prácticos, se ha definido en términos de Fibra Bruta (FB), Fibra Neutra (FND) y Ácido Detergente (FAD) Detergente, y se utiliza para la predicción de la calidad de los forrajes, la ingestión de la materia seca, la digestibilidad y el valor energético de los alimentos. Desde

el punto de vista de la nutrición de los rumiantes, la fibra puede definirse como el conjunto de componentes de los vegetales que tienen baja digestibilidad y promueven la rumia y el equilibrio ruminal.

La fibra (y particularmente los forrajes) constituye el componente fundamental de las raciones en la mayor parte de los sistemas productivos de rumiantes. Sin embargo, los niveles de incorporación en las raciones varían entre márgenes muy superiores (25-45% FND) a los niveles recomendados de proteína (15-18%), grasa (4-7%) y cenizas (8-10%). La flexibilidad que generalmente se concede a los niveles de fibra puede justificarse en parte por la variabilidad en las necesidades energéticas del animal, pero con frecuencia es el reflejo de la falta de conocimientos sobre sus efectos en los niveles de producción o en su función nutritiva. Dentro de los aspectos que se deben tener en cuenta para suministrar fibra a los animales rumiantes se encuentra el grado de desarrollo ruminal que presentan los mismos en dependencia de la edad, puesto que no presenta la misma capacidad digestiva un ternero que un animal adulto.

El exceso de fibra reduce la capacidad de ingestión de alimentos, la digestibilidad de la ración, la síntesis de proteína microbiana ruminal, y el aporte de energía. Por el contrario, en animales de alta producción en los que la ración debe tener una elevada densidad energética, por lo el suministro de fibra se hace reducida con el interés solamente de mantener la movilidad y función ruminal. La falta de fibra resulta en una depresión de la grasa en la leche, acidosis, laminitis y desplazamiento de abomaso, debido a desequilibrios físicos (falta de llenado ruminal) o fermentativos (reducción del pH ruminal (Allen, 1991). Cuando las estrategias de alimentación se orientan a la reducción de los niveles de fibra (en particular de fibra forrajera) y a la utilización de subproductos, la composición, estructura, forma y comportamiento de la fibra en el rumen cobra una importancia adicional. Estas consideraciones tienen especial relevancia en muchos países donde con frecuencia el aporte de fibra forrajera es limitado debido a que las dietas se basan en el uso de concentrados.

Composición química y analítica de la fibra.

La fibra se encuentra compuesta por diferentes sustancias químicas las cuales se relacionan a continuación: (según Angeles, 2004)

Celulosa

Conformada solamente de unidades de glucosa, se encuentra formando la estructura de la pared celular y es la molécula disponible más abundante en la naturaleza. Es una molécula tridimensional conformada al menos de 15 a 10,000 unidades de glucosa, con enlaces β 1-4 de glucopiranososa.

Hemicelulosa

Esta fracción de la pared celular de las plantas está relacionada con las gomas vegetales, se encuentra en menor cantidad que la celulosa y su estructura química es de menor tamaño comparada con la celulosa. Deriva de las cadenas de pentosas y actúa como cemento, junto con la celulosa y fibrillas vegetales. Está conformado por xilosa, arabinosa, galactosa,

manosa, ácidos urónicos (galacturónico y glucurónico). Cabe señalar que la concentración tanto de xilosa y arabinosa se ha utilizado como indicador de la calidad del forraje. Diversos trabajos (Van Soest, 1991) reportan que la digestión de la hemicelulosa es limitada por la concentración de lignina.

Lignina

Es un compuesto fenólico de alto peso molecular, adiciona rigidez a la estructura y limita la disponibilidad de carbohidratos estructurales para los microorganismos ruminales. La lignificación aumenta con la madurez fenológica con consecuente aumento de ácidos fenólicos.

Los hidratos de carbono fibrosos constituyen la fibra vegetal. Desde el punto de vista químico, la fibra es un agregado de componentes que no constituyen una entidad propia, y que se compone de un entramado tridimensional de celulosa, hemicelulosa y lignina, pero frecuentemente se le asocian minerales y otros componentes. En la mayoría de los sistemas de alimentación, la fibra se define con los siguientes parámetros (Van Soest, 1982):

Fibra bruta: Consiste en el residuo insoluble después de una incubación en una solución ácida, seguida por una alcalina. El residuo contiene celulosa, pero está contaminada con cantidades variables de hemicelulosa, lignina y compuestos nitrogenados. La magnitud de la contaminación de la FB depende mucho del tipo de vegetal y de su estado de desarrollo fisiológico, lo que conduce a errores que dificultan su interpretación, por lo que el uso de la FB en los sistemas actuales debe ser limitado (Van Soest, 1982).

Fibra neutro detergente (FND): Es el material insoluble en una solución detergente neutra, y se compone de celulosa, hemicelulosa y lignina. Además, existen otros componentes minoritarios como residuos de almidón, cenizas y nitrógeno. Las recomendaciones recientes de Van Soest et al. (1991) para la determinación de FND sugieren la utilización de amilasas termoestables específicas (libres de actividad hemicelulasa, proteasa o glucanasa), especialmente en concentrados o ensilados de maíz, y la corrección por el contenido en cenizas.

Fibra ácido detergente (FAD): Es el material insoluble en una solución detergente ácida, y está constituida fundamentalmente por celulosa y lignina, aunque suelen existir otros componentes minoritarios como nitrógeno y/o minerales. Como en el caso de la FND, Van Soest et al. (1991) sugieren la corrección por el contenido en nitrógeno y cenizas. La diferencia entre FND y FAD consiste fundamentalmente en hemicelulosa. Es necesario apuntar que la determinación secuencial de FAD y lignina permite un cálculo más preciso del contenido de celulosa y hemicelulosa, pero el método no secuencial es más adecuado para la determinación de cenizas ácidas insolubles, taninos y nitrógeno insoluble en FAD.

La fibra constituye un elemento de vital importancia para la función ruminal, esta como nutriente, contribuye al mantenimiento del funcionamiento ruminal (llenado ruminal y estímulo de las contracciones ruminales) y de las condiciones ruminales (pH, a través de la secreción salivar dependiente de la masticación y la rumia). Estas dos funciones dependen de la composición, la degradabilidad y la forma de presentación de la fibra. Por otro lado, la fibra supone un inconveniente, en el sentido que limita el contenido energético de las

raciones (baja digestibilidad) y el potencial de ingestión (Mertens, 1987). La formulación correcta de raciones debe buscar el equilibrio entre la ingestión máxima de materia seca (niveles bajos de FND) y el mantenimiento de las funciones y condiciones normales del rumen aportando unos niveles mínimos de FND y FAD

El uso de subproductos, el tipo de forraje y el procesado fino de algunos forrajes ha resultado en la aparición de síndromes típicamente asociados a la falta de fibra en la ración (acidosis, disfunción ruminal, desplazamientos de abomaso,...). Muchos subproductos comúnmente utilizados en raciones de rumiantes son ricos en fibra y pueden utilizarse para reemplazar parcialmente los forrajes de la ración. Esta sustitución es particularmente importante en lugares donde la calidad de los forrajes es frecuentemente limitada. Aunque estos subproductos contienen fibra, existe acuerdo general en considerar que esta fibra no tiene el mismo efecto a nivel ruminal. Esta problemática ha dado lugar a la aparición del concepto de "fibra efectiva" o "fibra funcional" o "FND-efectiva = FNDe". La fibra efectiva puede definirse como la capacidad real de la fibra para estimular la rumia y la salivación, que resulta en el mantenimiento de las condiciones ruminales óptimas para la producción de leche, y depende del tipo, la forma y el tamaño de la fibra que estimula la rumia. En base a estos principios se han desarrollado índices de valor forrajeros (Sudweeks et al., 1981; Santini et al., 1983) que estiman el tiempo de masticación y/o rumia por kg de MS, y que han servido de base para estimar el valor de fibra efectiva (FND-e). Con el fin de mantener el llenado ruminal y las condiciones fermentativas adecuadas, se recomienda que el 80% de la FND se aporte en forma de FND-e, o bien el 22,4% de la FND-e en % de la MS ingerida. La implementación de estos conceptos en la práctica tiene dos problemas:

a.- La disponibilidad de valores de FND-e de los alimentos es limitada. En la actualidad existen valoraciones establecidas por la Universidad de Michigan y por la Universidad de Cornell (Sniffen et al., 1992; tablas 1 y 2). Es probable que los valores estimados recientemente por la Universidad de Cornell se acerquen más a la realidad que los utilizados por la Universidad de Michigan.

Tabla : 1.- Valores de fibra efectiva (FND-e) según las recomendaciones de la Universidad de Michigan y de la Universidad de Cornell (Sniffen et al., 1992).

Ingrediente	Michigan	Cornell
Leguminosas	100	92
Alfalfa deshidratada	100	6
Gramíneas	100	92
Ensilado de Maíz	100	81
Bagazo de Cerveza	25	18
Segundillas	25	2
Pulpa remolacha	25	33
Pulpa cítricos	25	33
Algodón	50	100

Cebada, molida	25	34
Trigo, molido	25	34
Avena, molida	25	34
Maíz, entero	25	100
Maíz troceado		56
Maíz, molido	25	60
Harina de Soja	25	23
Gluten Feed	25	36
Harina de pescado	25	9
Hominy feed	25	9
Granos de destilería	25	4
Harina de sangre	25	9
Gluten meal	25	36
Harina de carne y hueso	25	8

Tabla 2.- Valor de Fibra efectiva (FND-e) de forrajes en función del tipo de forraje y el tamaño de partícula (Sniffen et al., 1992).

Forraje y Tamaño de Partícula	Fibra Efectiva, (%FND)
Leguminosas	
Largo	92
20% > 2,54 cm	82
< 0,635 cm	67
Gramíneas	
Largo	98
20% > 2,54 cm	88
< 0,635 cm	73
Ensilado de Maíz	
Normal	71
Pequeño	61

b.- La determinación práctica del valor FND-e en función del tamaño de partícula es difícil de estandarizar. La American Society of Agricultural Engineering (ANSI (AM. NATL. STAND. INST, 1988) ha establecido una normativa estándar para la determinación de la

distribución del tamaño de partículas en los forrajes. Sin embargo, esta metodología oficial es poco práctica, y sólo útil para forrajes.

Se han ensayado varios métodos con el objetivo de intentar la solución a las dificultades nutricionales que aporta la fibra dietética y a la vez incrementar su aporte energético. Entre ellos se encuentran los métodos mecánicos, físicos (calor, presión) y químicos (tratamiento con NaOH, urea y amoníaco). Recientemente se ha estudiado el uso de suplemento enzimático (gluconasa, pectinasa, pentosanas y fitasas) que aumenta la capacidad digestiva de los animales degradan los polisacáridos no almidones formadores de geles, las paredes celulares y las proteínas, además de facilitar el rompimiento de las sustancias antinutricionales. Esta suplementación reduce los costos de alimentación y mejora los desordenes digestivos sobre todo en animales pequeños a la vez que aumenta la velocidad de crecimiento y utilización de los alimentos.

Los alimentos fibrosos en la alimentación de terneros.

Determinando el nivel óptimo de forraje necesario para desarrollar correctamente el rumen, permitirá a los productores destetar terneros jóvenes que tengan más desarrollado el sistema digestivo. Esto prevendrá la declinación en la ingestión y el crecimiento visto inmediatamente después del destete. (Coverdale et al, 2004).

El heno o la paja se provee normalmente, pero la hierba fresca puede ser más palatable y puede ser ingerida a una edad temprana y en grandes cantidades, esto permite un destetado temprano de los terneros o la asignación de concentrados. En países de la Unión Europea existen regulaciones que exigen que todos los terneros por encima de 2 semanas de edad tengan acceso a alimento fibroso. (Como mínimo 100 g/d por ternero debe estar accesible a las 2 semanas de edad, incrementando a 250 g/d por ternero hasta 20 semanas de edad). (Phillips, 2004).

Existen otras razones para limitar el heno que se les ofrece a los terneros pre-destetados. La primera es el consumo voluntario. La mayoría de los terneros no ingieren cantidades significativas de heno si el grano es ofrecido. Por lo tanto, los productores alimentan a los terneros con el heno de mejor calidad disponible en la granja, solamente para que este heno termine en encamado. Generalmente, el mayor consumo de heno va a ocurrir entre la 6 y 7 semana de vida. Este es un buen momento para poner el heno al alcance de los terneros.

Una razón para no suministrar heno en demasía a los terneros antes del destete son los requerimientos energéticos de los mismos. Los terneros presentan requerimientos energéticos muy altos relacionados con su habilidad de consumir alimento seco. Por consiguiente, si estos consumen cantidades significativas de heno, el consumo de otros alimentos (por ejemplo, concentrado iniciador) va a ser mínimo, lo cual puede causar disminución en el crecimiento. Finalmente, el heno provee de muy poca energía a los terneros. Teniendo en cuenta que las necesidades de los terneros suelen ser altas y estas no son completamente cubierta por los forrajes estos pueden ser alimentados con reemplazo de leche de alta calidad, leche sobrante y/o exceso de calostro e iniciador para terneros.

Después de alrededor de 6 semanas de vida, el suministro de fibra se convierte en un elemento importante y necesario en la dieta de los terneros con el fin de lograr un rápido

desarrollo de su sistema digestivo. La calidad del alimento suministrado va a estar directamente relacionado con el crecimiento y salud del ternero en estrecha relación con su manejo. (Quigley, 1997).

Efecto del suministro de forraje en forma de heno en terneros

Proveer forrajes tiene un efecto limitado en el desarrollo del epitelio ruminal, así como en su actividad y función. (Gómez et al, 1996).

Sin embargo el forraje es importante para promover el crecimiento de la capa muscular del rumen y para mantener la salud del epitelio. (Hamada, 1976).

Las papilas del rumen pueden crecer demasiado en respuesta a altos niveles AGV, y reducir el área superficial de absorción.

Sin embargo el forraje es necesario para evitar que las papilas formen capas de queratina, las cuales pueden también inhibir la absorción de AGV.

Por lo tanto el heno (aportador de fibra) puede ser parte de la dieta de los terneros después del destete pero de forma limitada y de buena calidad para asegurar consumo suficiente del iniciador. (Gómez et al, 1996).

Razones para limitar el suministro de fibra

La mayoría de terneros no ingiere cantidades significativas de fibra si se ofrece simultáneamente grano. El mayor consumo de heno ocurre entre 6 y 7 semanas de edad.

Los terneros tienen requerimientos energéticos muy altos, por consiguiente si los terneros consumen cantidades significativas de fibra el consumo de otros alimentos va a ser limitado. Esto podría limitar la ingestión del iniciador y disminuir el crecimiento del ternero.

Debe tenerse en cuenta que aun la fibra de buena calidad provee muy poca energía para soportar el crecimiento de los terneros pre-destetados debido a su alto requerimiento. (Gómez et al, 1996).

Efecto de la Forma Física de la fibra:

El consumo de forraje promueve el desarrollo muscular del rumen Hamada et al., (1976), estimula la rumiación y el flujo de saliva hacia el rumen. Sin embargo la digestión de forraje por los microorganismos no provee de suficiente concentración de ácidos grasos volátiles, especialmente butirato, requerido para el óptimo desarrollo de las papilas. La fermentación de concentrados provee del butirato necesario para estimular el desarrollo papilar, pero este alimento puede promover la queratinización de las papilas en terneros y corderos (Coverdale et al, 2004).

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, prepucio,

y cerca de los pequeños pezones. 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 lacto reemplazante se hiciera en un tiempo mayor.

El tamaño de la partícula de la ración influye en el ambiente ruminal, producción de ácidos grasos volátiles y estructura y función de las papilas. Dietas troceadas molinada a un buen tamaño de partícula disminuye el pH ruminal y población de bacterias celulolíticas. Esta disminución en el pH está causada por una carencia de la rumiación y fluido de saliva hacia el rumen en terneros y vacas maduras. Papilas ruminales de animales que reciben pequeñas partículas de forraje han aumentado la queratinización. Este decremento en tejido activo resulta una disminución en la absorción de ácidos grasos volátiles. Las papilas comienzan a dividirse para compensar las pérdidas en la actividad metabólica en el tejido (Coverdale et al, 2004).

El tamaño de las partículas va a influir directamente en los tiempos de masticación y rumia, así como en el pH ruminal (Bacha, 2002). Existe una relación lineal y cuadrática entre el pH y el tamaño de partícula, es decir, a medida que se aumenta el tamaño de partícula del forraje, aumenta el pH. Además, se observa un incremento de la ingestión de MS y concentrado en aquellos terneros a los que se suministra el forraje de mayor longitud. El concentrado finamente molido puede dar lugar también 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) El incremento en el tiempo de masticación y rumia supone, a su vez, un incremento de la salivación. Así se explica la participación del tamaño de partícula en el control del pH. Sin embargo, cabe destacar el hecho de que tamaños superiores a 4 mm en condiciones de pH superiores a 6.25 no tienen prácticamente ningún efecto. Se recomienda que el 40% del total de la dieta esté compuesta por materias primas con tamaños de partículas superiores a 2 mm (Bacha, 2002).

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) 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. Lo que se contradice con lo planteado por otros autores.

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 (Barmore, 1994). 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. (Bacha, 1999).

Por muchos años, los productores han alimentado a los terneros con forrajes, principalmente heno para promover el desarrollo ruminal. La idea común era el dar a los terneros la "materia inicial (scratch, como se le conoce en inglés)" necesaria para iniciar los trabajos en el rumen. De hecho, el desarrollo de la función del rumen es primordialmente química y es causada por los ácidos grasos volátiles (AGV) presentes en el rumen. Proveer forrajes tiene un efecto pequeño en el desarrollo del epitelio ruminal, así como en la actividad y función (Quigley, 1997).

Como se ha planteado anteriormente el ternero joven tiene una fuerte motivación a la succión, la cual no es saciada proporcionando leche en cubos. Como resultado, los terneros desarrollan vicios orales, tales como exceso de lamido, y mascado de objetos en su medio ambiente, que puede incluir partes del cuerpo de otros terneros, contribuyendo a diseminar una rápida infección en el grupo de terneros. Normalmente la motivación por el chupado declina en cuanto el ternero comienza la rumiación; por lo tanto es importante proveer alimento palatable que sea suficientemente fibroso para estimular la rumiación en terneros jóvenes. (Phillips, 2004).

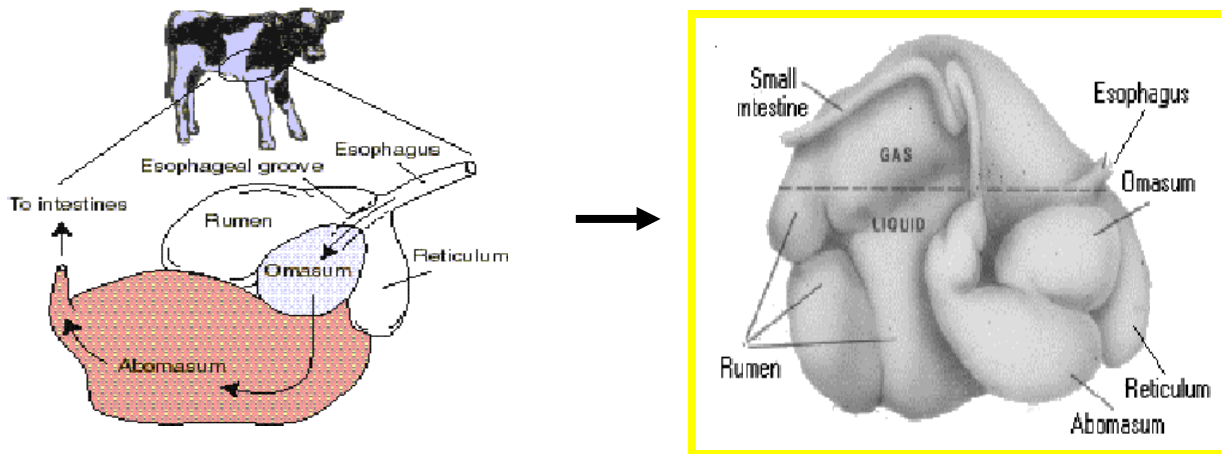
Aparato digestivo del ternero:

Características del sistema digestivo del ternero y los rumiantes adultos.

Los rumiantes son animales poligástricos, es decir, que la estructura anatómica de sus estómagos es compleja por estar formada por 4 compartimentos. Siendo estos: el retículo, rumen, omaso y abomaso. Los tres primeros se denominan conjuntamente pre-estómagos y poseen una mucosa aglandular (epitelio sin capacidad de producir jugos con función digestiva). El último de los cuatro, el abomaso, es el que posee una estructura glandular equivalente a la del estómago simple en los monogástricos. (Redondo, 2003).

El tracto gastrointestinal del bovino recién nacido sufre apreciables cambios entre el nacimiento y el momento a los cuales el rumen se hace funcional. Factores tales como, calidad, cantidad y forma física de la dieta, determinan el desarrollo y diferenciación de los compartimentos del aparato digestivo. El acceso a alimento seco desde temprana edad estimula el desarrollo del retículo-rumen. 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. Así 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). A continuación se muestra un esquema donde se puede apreciar el desarrollo del sistema digestivo de los terneros.



Mediante numerosos experimentos se ha demostrado que el consumo de alimentos groseros estimula el desarrollo del retículo-rumen, tanto en el peso y grosor de los tejidos como en el tamaño de la papila. La pared interna del rumen, excepto los pilares está cubierta de papilas que son muy pequeñas al nacimiento y sufren cambios notables tanto en su forma como en su tamaño y densidad. Estas papilas son más desarrolladas en los sacos ciegos, donde parece existir mayor actividad absorbente de los productos finales de la fermentación. (Fernández, et al. 2006).

Cambios anatómicos y fisiología digestiva del pequeño rumiante

Los rumiantes jóvenes (terneros) experimentan un cambio sorprendente desde que nacen hasta que son adultos. Uno de los cambios más extremos es el desarrollo del aparato digestivo. Al nacer, el rumen de los terneros es estéril, pequeño y no funcional. No obstante, tan solo unas semanas después el rumen es el sitio principal de la fermentación y producción de energía (en forma de ácidos grasos volátiles) y proteína (como proteína microbiana) para el animal. El desarrollo ruminal le permite al animal llegar al destete con capacidad para utilizar los forrajes y concentrados como fuentes de nutrientes. (Quigley, J, Mills. D, 2006).

Según McGavin y Morrill, 1976 el tracto gastrointestinal del bovino recién nacido sufre apreciables cambios entre el nacimiento y el momento a los cuales el rumen se hace funcional. Factores tales como, calidad, cantidad y forma física de la dieta, determinan el desarrollo y diferenciación de los compartimentos del aparato digestivo.

Según Warner (1958) la diferenciación temprana de los tejidos de la porción gástrica anterior del feto del bovino, es hacia los 56 días. A los 120 días son ya detectables las

características tisulares de cada compartimiento de la citada porción del estómago. Durante las primeras etapas del desarrollo embrionario, el crecimiento es mayor en el retículo-rumen que en los demás compartimientos, lo cual revela la importancia evolutiva de esta estructura en la digestión de la celulosa.

En el cuadro 1 se puede observar la evolución progresiva del tamaño de cada uno de los compartimientos y en especial la relación rumen-abomaso. (Tomada de Bacha 2000, citada por Redondo, 2003).

Cuadro1. Desarrollo postnatal del rumen y abomaso en litros totales y en porcentaje respecto de los cuatro divertículos gástricos (Bacha, 2000).			
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%)	1:01
12	10 - 15 (60%)	Aprox. 5 (36%)	3:01
16	30 (67%)	Aprox. 5 (15%)	6:01

El sistema digestivo, en forma anatómica, fisiológica y metabólica madura gradualmente al pasar de digestión monogástrica a rumiante durante los dos primeros meses de vida, esto dependiendo de la dieta del animal, del tiempo que es alimentado con dieta líquida y cuan pronto es dada la dieta con alimentos sólidos, además de la cantidad de leche y alimentos consumido.

Podemos decir que anatómicamente el rumen se desarrolla a partir de la porción no secretora del estómago (Church, 1979). 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. El tiempo que tardan 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).

Como se ha expresado anteriormente el ternero al nacer no tiene desarrollado su sistema digestivo como un rumiante adulto, debido a que el compartimiento retículo-rumen no es funcional y la dieta láctea pasa directamente al abomaso (Moreno, 2004). La digestión de los alimentos es solamente enzimática efectuada en el estómago verdadero (abomaso) que sí es funcional (etapa monogástrica). (Bavera, 2005). Es así como dietas exclusivamente

líquidas implican un desarrollo papilar lento; retrasan el retículo-rumen tanto en el grosor y peso de los tejidos, como en el desarrollo papilar, el cual se acelera con el suministro de dietas sólidas como consecuencia de la mayor producción de ácidos grasos volátiles, aumentando el desarrollo del ternero y mejorando la capacidad de absorción.

A continuación se muestra tabla 3 donde se puede apreciar el crecimiento diferenciado de los distintos compartimientos del estómago de un rumiante como porcentaje del total. A medida que el ternero comienza a consumir una dieta sólida, durante la primera semana de vida ocurre un rápido crecimiento del retículo-rumen. Por su parte el abomaso disminuye su tamaño relativo, siendo el omaso es el compartimiento que más demora en conseguir su tamaño adulto. Fuente: Church (1979).

Edad en semanas

Compartimiento	0	4	8	12	16	20-26	34-38
Retículo-Rumen	38	52	60	64	67	64	64
Omaso	13	12	13	14	18	22	25
Abomaso	49	36	27	22	15	14	11

Los alimentos líquidos al ser ingeridos pasan de largo, sorteándolo por la gotera esofágica gracias al acto reflejo que la regula. La fuente principal de nutrientes en esos primeros meses del amamantamiento es líquida. Después de la 2ª a 3ª semana de vida, la cantidad ingerida de alimento líquido proporcionado por la leche comienza a quedar en déficit respecto del potencial de crecimiento, por lo que el animal busca otra fuente de nutrientes. (Bavera, 2005; Quigley. J, Mills. D, 2006). Durante la etapa pre-rumiante, su digestión y metabolismo son muy similares a los de un animal monogástrico, por lo tanto depende de los aportes de la dieta para la obtención de los nutrientes (Moreno, 2004).

La alimentación líquida está constituida por el uso del calostro, de la leche integra y/o reemplazador de leche. En este sistema de alimentación es muy importante el desarrollo de la gotera esofágica, que permite el paso directo del calostro y de la leche al estómago. La alimentación sólida para esta etapa consiste únicamente en un tipo de alimento llamado preiniciador. Este debe empezar a darse desde el tercero al cuarto día de nacidos y se debe estimular un máximo consumo, a fin de ayudar a desarrollar las papilas ruminales y tener un rumen funcional lo antes posible. (Campabdal, 2001).

Plaza y Hernández, (1994) plantean que el suministro de dietas líquidas en cantidades restringidas favorecería el temprano consumo de alimento sólido, como así también el

desarrollo temprano del retículo-rumen. Teniendo en cuenta que la calidad de los sustitutos lácteos también afectaría el desarrollo de los compartimientos del estómago.

Durante el período de transición, se utilizan tanto alimentos líquidos como sólidos para proporcionar nutrientes al animal, pero después del destete sólo contará con alimentos sólidos (iniciador y fibra). Antes de consumir alimento sólido el abomaso es el compartimiento gástrico principal por lo que tanto la energía (glucosa y grasa) como la proteína derivan de las fuentes de la dieta. No obstante, al destete el rumen se ha convertido en un compartimiento importante del estómago por lo que todo el alimento consumido se expone a la fermentación bacteriana antes de llegar al abomaso, con el resultado neto del cambio de tipo de energía y proteína disponible para el animal.

No sólo cambia la actividad de los compartimientos gástricos, sino que también lo hace el tamaño de cada uno de ellos. El porcentaje del estómago en forma de retículo-rumen se incrementa de aproximadamente del 38% al 67% hacia las 16 semanas de edad. Notemos, sin embargo, que hacia las 4 semanas de edad el retículo-rumen se ha incrementado para ocupar el 52% de la capacidad gástrica total. Por el contrario, la proporción del estómago en forma de abomaso se reduce del 49% al nacer a sólo el 11% después de las 32 semanas de edad. El tamaño absoluto del abomaso no disminuye, sino que el retículo-rumen simplemente crece a una velocidad mucho mayor que el abomaso durante el desarrollo ruminal. (Quigley, 2006).

Luego del destete, al haberse convertido el rumen en el compartimiento principal del complejo estomacal, todo el alimento sólido consumido es expuesto al proceso de fermentación bacteriana antes de alcanzar el cuajo. El principal resultado de esto es un cambio en el tipo de energía y proteína disponible para los terneros, ya que la principal fuente de energía empiezan a ser los productos finales de la fermentación de los carbohidratos, los ácidos grasos volátiles, y la fuente de proteína, los cuerpos bacterianos y de protozoos. (Bavera, 2005).

Según Brody, (1945); Swanson, (1960) y National Research Council, (1989) los terneros comienzan a rumiar a las 2 ó 3 semanas de edad, pasando de lactante a rumiante de acuerdo a la influencia de estímulos que recibe de la dieta.

Desarrollo del cuadro enzimático.

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. Estos fenómenos están modulados en gran medida por la dieta. (Bacha, 1999). Esto se puede observar en cuadro 2.

El abomaso juega un rol importante en la coagulación de la leche y la iniciación de la digestión de grasas y proteínas.

**Cuadro 2. 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.		

Digestión de los Carbohidratos:

El ternero se encuentra severamente restringido en su capacidad para utilizar carbohidratos. El bovino no secreta amilasa salival, la actividad de la amilasa pancreática es muy baja al nacimiento y permanece así hasta los 45 días de edad aproximadamente. La glicemia de los terneros es mayor que en los bovinos adultos y su tasa de disminución varía en función del desarrollo ruminal. Los terneros tienen grandes cantidades de lactasa. Esta enzima desciende con un incremento de la edad y cambios dietarios, pero esta puede ser mantenida alimentando al ternero con lactosa.

En el ternero hay una eficiente digestión de lactosa, glucosa y galactosa, pero sólo una leve digestión de almidón y maltosa. La sacarosa no es digerida y la fructosa es pobremente absorbida. Glucosa o galactosa alimentadas como única fuente de carbohidratos son

ampliamente absorbidas por el duodeno, pero cuando son suministrados en forma conjunta, la glucosa es la más absorbida.

La inclusión de almidón como la principal fuente de energía en los sustitutos lácteos ha tenido bajas respuestas productivas. Esto se podría deber a diversos factores que estarían afectando la utilización de este carbohidrato, dentro de los cuales se puede mencionar la baja cantidad de amilasa pancreática y de maltasa a nivel intestinal, otro factor sería que el almidón se asocia al coágulo de caseína en el abomaso, siendo esta una razón de la baja glicemia experimentada por los terneros post ingesta del sustituto con almidón como su principal fuente de energía.

La acción de las disacaridasas maltasa, lactasa son sustrato inducidas, mientras que la sacarasa no existe en los bovinos y su uso dependerá del desarrollo y actividad ruminal. Sin embargo, el metabolismo de la sacarosa es primariamente una consecuencia de la actividad microbiana existente en la parte baja del sistema digestivo.

El uso de este carbohidrato en dietas para terneros no es recomendado debido a problemas de diarrea. Monosacaridos, glucosa, galactosa y xilosa son absorbidos rápidamente desde el intestino delgado, pero, la fructosa en cambio no es absorbida.

Digestión de las proteínas.

La digestión proteica es llevada a cabo por las enzimas pepsina y renina, las cuales son secretadas por las glándulas fúndicas de la mucosa gástrica como precursores inactivos, pero son rápidamente activados por las condiciones ácidas del abomaso. La secreción de HCl por las células parietales del abomaso es bajo en el recién nacido, pero se incrementa rápidamente. La pepsina, renina y los iones H son los responsables de la coagulación de la leche. (Smith, 2004)

La coagulación ocurre inmediatamente después de la entrada al abomaso, primariamente por acción de la renina, aunque la pepsina también tiene una importante actividad coagulatoria. La firmeza del coágulo va a descender con la edad. Todo parece indicar que la alimentación de proteínas del suero reduce la secreción de renina, mientras que la secreción de pepsina no es afectada. (Smith, 2004)

La secreción de pepsina aumenta desde el primer mes de vida del ternero en adelante, sin embargo, no se puede concluir con respecto al efecto de la edad sobre la renina, debido a que es afectada directamente por la dieta que recibe el animal. El efecto de la dieta sobre la renina dependerá de la fuente proteica del sustituto. Si las proteínas son suministradas por leche descremada, la concentración de esta enzima es alta, mientras que si la proteína proviene del suero o de proteínas no lácteas su concentración es baja. El efecto más importante sobre la renina es el destete, la falta de caseína junto con otros factores resultan en una casi total inhibición de la secreción de renina, sin embargo, es posible volver a tener secreciones de esta enzima, debido a que es reinducida por la alimentación con leche en animales destetados. (Smith, 2004)).

Digestión de los Lípidos:

En pre-rumiantes la hidrólisis de grasa es iniciada en el abomaso por la lipasa salival y luego es continuada por la lipasa pancreática en el intestino delgado. La primera enzima digestiva que ataca la ingesta es la esterasa pregástrica (lipasa salival), que es secretada por glándulas palatinas y otras regiones de la cavidad oral de los terneros. (Smith, 2004).

En el intestino delgado la lipasa pancreática presenta una menor actividad al primer día de vida, la que se triplica hasta el octavo día, permaneciendo relativamente constante con posterioridad.

El poder emulsificador de las sales biliares actúa en forma de aumentar la tasa de actividad de la lipasa pancreática, y junto con la formación del coágulo, el cual enlentece el paso de lípidos al intestino delgado, se puede lograr una eficiente degradación de los lípidos lo que lleva a una mayor absorción de estos nutrientes, debido a que no se verá sobrepasada la capacidad lipolítica de esta enzima.

Una alta cantidad de esterasa pregástrica es secretada y puede ser importante al nacimiento debido al bajo balance de la lipasa pancreática. Smith, (2004). Plantea que se ha estimado que alrededor del 20% de las grasas lácteas eran hidrolizadas antes de pasar el abomaso. Sin embargo, debido a la eficiente digestión de grasa en el intestino delgado, la importancia de la esterasa pregástrica es cuestionable.

La formación de un firme coágulo influye en la digestión de las grasas, ya que promueve una liberación más lenta de la grasa al duodeno, mejorando la digestibilidad de estas. La digestibilidad de los lípidos es alrededor de 90% en los terneros neonatos incrementándose al 95% a las cinco semanas de edad. La absorción de ácidos grasos de cadena larga en el intestino depende de que ellos sean solubilizados en las micelas de las sales biliares.

Formación del coágulo de caseína en el ternero:

La formación del coágulo permite que la digestión sea eficiente y se produzca una buena absorción de los nutrientes, debido a que disminuye la velocidad de pasaje por el tracto digestivo, dejando que las enzimas intestinales puedan actuar mediante la hidrólisis de moléculas complejas. (Moreno, 2004; Smith, 2004).

La caseína de la leche se coagula en el abomaso resultando en un vaciado gástrico continuo de nutrientes. Adicionalmente, al reducir la tasa de pasaje se favorece la función del complejo enzimático del tracto digestivo de los terneros neonatos. (Moreno, 2004).

La formación del coágulo ocurre a nivel de abomaso debido a la reacción entre la caseína y el calcio lácteo en acción de las proteasas lácteas renina y pepsina, a un pH ideal de 6,1. Las proteasas se adhieren rápidamente al enlace fenilalanina 105 – metionina 106 de la fracción κ -caseína y una simple división es responsable de la formación del coágulo de leche. (Moreno, 2004).

Esta reacción requiere de calcio, por lo que la digestión de la caseína es distinta cuando ésta se da pura a los terneros. Además, la formación del coágulo se ve favorecida por la

motilidad del abomaso que contribuye a la liberación del suero que pasa hacia el intestino conteniendo una gran cantidad de lactosa, proteínas no coagulables (albúminas y globulinas) y minerales. (Moreno, 2004).

La importancia de referirse a la formación del coágulo de caseína, se sustenta en la base de que es de importancia crítica en la fisiología digestiva del ternero neonato debido a la inmadurez de su sistema enzimático. Este tiene la función de enlentecer la tasa de pasaje del alimento ingerido, afectando la absorción de los nutrientes a nivel intestinal. (Moreno, 2004, Smith, 2004).

Dentro de la importancia de la formación del coágulo podemos citar: Aumenta la digestibilidad y reduce la predisposición a diarreas inducidas por la presencia de una cantidad excesiva de sustrato para fermentación en el intestino grueso. La disminución de la caseína en la dieta, hace disminuir también la actividad de las enzimas proteolíticas, sugiriéndose que la caseína láctea sería la responsable de la activación de secreción de enzimas proteolíticas. El escape de ciertas proteínas a la formación del coágulo y digestión en el intestino delgado promovería la formación de colonias de microorganismos patogénicos en el intestino delgado, especialmente cuando se ha tratado térmicamente.

Las proteínas que no coagulan causan un aumento de la tasa de vaciado gástrico a duodeno. La proteína y la grasa son atrapadas en el coágulo y se liberan progresivamente a medida que éste se va desintegrando. Por esta razón la formación del coágulo tiene una gran importancia en la digestibilidad de la materia orgánica y por lo tanto, repercute en el ritmo de crecimiento de los terneros hasta la tercera semana de vida. (Moreno, 2004).

Establecimiento de la microbiología del Rumen:

En el ternero al momento del nacimiento el rumen es estéril - no hay bacteria presente. Sin embargo, a un día de nacido, podemos encontrar grandes concentraciones de bacterias - en su mayoría bacterias aeróbicas (o consumidoras de oxígeno). Tiempo después, el número y tipo de bacterias cambian cuando el consumo de alimento seco ocurre y el sustrato disponible para la fermentación cambia. El número total de bacterias (por ml de rumen fluido) no cambia dramáticamente, pero el tipo de bacterias cambian cuando el ternero comienza a ingerir alimento seco. Esto da como resultado una dramática pérdida de bacterias aeróbicas y una predominancia de bacterias anaeróbicas con el aumento de la ingestión de alimento seco. Muchos metanógenos (productores de metano), proteolíticos (degradadores de proteína), y celulósicos (degradadores de celulosa) se establecen en el rumen. El número de bacterias "típicas" del rumen - aquellas que se encuentran en animales adultos comienza a establecerse durante la segunda semana después de comenzar la ingestión de alimento seco. (Quigley, 1997)

Los cambios en el número de bacterias presentes son casi siempre función del consumo de sustrato. Antes del consumo de alimento seco, las bacterias en el rumen existen por medio de la fermentación de cabellos ingeridos, encamado, y leche que fluye del abomaso al rumen.

El número y tipo de bacteria cambia cuando la ingestión de alimento seco tiene lugar y el sustrato disponible para la fermentación cambia. Sin embargo, hay una drástica reducción

en el número de bacterias aeróbicas (líneas sólidas) que ocurre aproximadamente 2 semanas después de que el ternero empieza a consumir grano a 1 semana cuando a los terneros se les proporciono grano desde su nacimiento, y a 9 semanas cuando los terneros fueron alimentados con leche solamente por 8 semanas y se les proporciono grano por primera vez. Los cambios en el número y tipo de bacterias es casi siempre una función de la ingestión del sustrato. La bacteria en el rumen contribuye al desarrollo de las funciones ruminales y prepara al rumen para el destete. (Quigley, 1997).

Una de las ideas que se tiene a nivel práctico es que el consumo de forrajes ayuda a la colonización bacteriana del rumen. Sin embargo la primera colonización ruminal es 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. La colonización continúa por reflujo de lactobacilos y bacterias amilolíticas y, por último, las celulolíticas (Caeiro, 1998).

Las bacterias fermentan los carbohidratos y los transforman en azúcares simples que son fermentados por otras bacterias que producen los ácidos grasos volátiles (AGV), dióxidos de carbono y metano. Los ácidos grasos volátiles (acético, propiónico y butírico) son absorbidos en la pared del rumen hacia el torrente sanguíneo y son la principal fuente de energía para el rumiante. (Martínez, 1999).

En sentido general podemos decir que entre las principales funciones del rumen y los microorganismos ruminales se encuentran:

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

El epitelio y las papilas, su actividad metabólica:

La pared ruminal está formada por las capas epitelial y muscular, cada una de las cuales tiene su propia función y se desarrolla como resultado de diferentes estímulos. La capa muscular da soporte a la capa interior epitelial y moviliza el contenido del rumen. La capa epitelial es la superficie de absorción dentro del rumen y está en contacto con su contenido.

Esta capa tisular contiene numerosas proyecciones pequeñas similares a dedos denominadas papilas, las cuales sirven como superficie de absorción en el rumen. Al nacer, estas papilas son muy pequeñas y no funcionan, por lo que tienen muy poca capacidad de absorción y no metabolizan cantidades significativas de ácidos grasos volátiles. (Quigley, 2006).

El concentrado es fundamental en la crianza de terneros, ya que cumple un rol muy especial en la evolución de monogástrico a rumiante, permitiendo el crecimiento en el rumen de las "papilas". (Hazard, 1999)

Se plantea que el primer pienso que consumen los terneros a la entrada al cebadero debe estar diseñado para no causar ningún problema, o sea un contenido alto de fibra, bajo en grasa y proteína y con niveles medios de almidón. Es prudente no excederse para no causar problemas de acidosis, pero al mismo tiempo con una cantidad que provoque una fermentación intensa en el rumen para desarrollar las funciones de absorción del rumen-retículo. Aunque, en general, no es conveniente recomendar la utilización de materias primas, si no los niveles de nutrientes, en el caso de este pienso la incorporación de salvado de trigo es una alternativa muy útil, debido a que su nivel medio de almidón es medianamente alto (20% de media) y sobre todo a que este almidón está físicamente suelto y es de muy rápida fermentación, lo que favorece el aumento de ácidos grasos volátiles y con ello el desarrollo de la pared ruminal (Bacha et al, 2005).

Muchos son los investigadores que han evaluado el efecto de diversos compuestos sobre el desarrollo del tejido epitelial en relación con el tamaño y número de papilas, su capacidad de absorción y metabolismo de ácidos grasos volátiles. Los resultados de estos estudios indican que el estímulo primario para el desarrollo del epitelio son los ácidos grasos volátiles, particularmente propionato y butirato. La leche, el heno y el grano que llegan al rumen se fermentan ahí a causa de las bacterias residentes para formar los citados ácidos, por lo que contribuyen al desarrollo epitelial generando ácidos grasos volátiles. Por lo que el desarrollo ruminal (definido como desarrollo del epitelio) está controlado principalmente por medios químicos, y no físicos. Esto respalda aún más la hipótesis de que el desarrollo ruminal depende principalmente de la disponibilidad de alimento seco, particularmente del iniciador, en el rumen. (Quigley, 2006).

Las papilas ruminales pueden crecer excesivamente en respuesta a niveles exagerados de AGV y los terneros terminan sufriendo hiperqueratosis de la mucosa. (Bavera, 2005).

La absorción de los productos finales de la fermentación depende del correcto desarrollo de las papilas del epitelio rumino-reticular y de una abundante circulación capilar. El contacto continuo de los ácidos grasos volátiles (AGV), 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, estimulan el flujo sanguíneo hacia el epitelio ruminoreticular (Booth y McDonald, 1988).

Las papilas ruminales pueden crecer demasiado en respuesta a niveles altos de ácidos grasos volátiles. Cuando esto ocurre, se pueden aglutinar reduciendo la superficie disponible para la absorción. También, hace falta un poco de "material áspero" para

mantener a las papilas libres de capas de queratina, pues esto también inhibe la absorción de los citados ácidos grasos volátiles. Por lo tanto, el suministro de fibra debe ser parte de la dieta.

Conclusiones

La utilización de alimentos fibrosos en la dieta de los terneros en edades tempranas contribuye a un rápido desarrollo ruminal y por consiguiente a un mejor estado productivo del animal. La cantidad y calidad de la fibra es un elemento a tener en cuenta al elaborar dietas para rumiantes jóvenes, teniendo en cuenta la naturaleza de la misma y el tamaño de las partículas. Los rumiantes jóvenes en sus primeros momentos suelen presentar un sistema digestivo muy similar al de animales monogástricos. El desarrollo ruminal del ternero es un proceso paulatino de gran importancia para lograr un adecuado desarrollo del animal al pasar a las categorías posteriores.

Recomendaciones

Promover el uso de alimento fibroso palatable en edades tempranas.

Introducir en las dietas para terneros alimentos fibrosos de buena digestibilidad con el fin de ayudar al desarrollo ruminal

Suministrar la fibra con un tamaño de partícula adecuado a la edad del animal.

Proporcionar a los terneros dietas equilibradas de acuerdo a sus requerimientos.

Bibliografía

- Abe, M.; Matsunaga, M.; IrikI, T.; Funaba, M.; Honjo, T.; Wada, Y. 1999 J. Dairy Sci. 82, 320-332.
- Allen, M.S. 1991. Vet. Clin. North Am. 7, 327.
- Am. Natl. Stand. Inst. 1988 ANSI/ASAE S424.
- Angeles Campos, S. C. 2004. Fermentación ruminal, tamaño de partícula y efecto de la fibra en la alimentación de vacas lecheras. Departamento Nutrición Animal y Bioquímica. FMVZ UNAM
- Bacha, F. 2002. Nutrición, patología digestiva y salud intestinal en rumiantes de cebo; aspectos prácticos. XVIII Curso de especialización FEDNA. Barcelona. Disponible en: www.fedna.com En línea: Abril. Consultado: Diciembre 2006.
- 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: Enero 2007.
- Bacha, F.; Llanes, N.; Bueno, E. 2005. Alimentación de terneros en ausencia de promotores de crecimiento de tipo antibiotico: control de timpanismo y acidosis. XXI Curso de especialización FEDNA. Disponible en: www.etsia.upm. En línea: Noviembre. Consultado: Enero 2007.
- Barmore, J.A. (1994) Feedstuffs, November 14.
- Bavera, G. 2005. Destete Hiperprecoz. Producción bovina de carne. Cursos Producción Bovina de Carne, FAV UNRC. Disponible en: www.produccion-animal.com.ar y en: www.produccionbovina.com Consultada: Enero 2007.
- Booth, H.N. ; Mcdonald, L.E. 1988. Veterinary Pharmacology and Therapeutics 6^a Edition. Iowa State University Press/Ames.
- Brody, S. 1945. Bioenergetics and growth. Reinhold Publ. Corp., New York, pp 69-78.
- Caeiro, P. 1998 Prod.. Anim. 137, 94-107.
- Calsamiglia, Sergio. 1997. Nuevas bases para la utilización de la fibra en dietas de rumiantes. XIII Curso de especialización FEDNA. Madrid.
- Campabadal, C. 2001. Alimentación para terneras y novillas de reemplazo. Disponible en: www.ASA.com En línea: marzo. Consultado: Noviembre 2006.
- Church, D.C. 1979. Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants OSU Boock Stores Inc. Oregon.

- Coverdale, Tyler; Quigley, Brumm. 2004. Effect of Various Levels of Forage and Form of Diet on Rumen Development and Growth in Calves. American Dairy Science Association, 2004. J. Dairy Sci. 87:2554-2562.
- Fernández, E; Batista, D.; Castillo, R.; Leal, A.; Henderson, N.; Martínez, G. 2006. Comportamiento de terneros en crianza artificial con acceso al pasto a edades tempranas. I-Desarrollo anatómo - fisiológico del tracto digestivo del ternero. Disponible en: <http://www.buscagro.com>. Consultado: Diciembre 2006.
- Gómez, C.; Fernández, M. 1996. Crecimiento y desarrollo animal. Evaluaciones prácticas. Relación con fertilidad y potencial de producción lechera. Departamento de Nutrición. Universidad Nacional Agraria La Molina. Curso: Alimentación de Terneros y Vacunos en Crecimiento.
- Greenwood, R.H.; Morrilland, J.L.; Titgemeyer, E.C. ; Kennedy, G.A. (1997) J. Dairy Sci. 80, 2534-2541.
- 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.
- Hazard T., S. 1999. Alimentación de terneros y vaquillas de lechería. Disponible en: <http://www.inia.cl> En línea: abril. Consultado enero 2007.
- Hernández I, Milera M, Simón L, Hernández D, Iglesias J, Lamela L, Toral O, Matías C y Geraldine F. 1998. Avances en las investigaciones en sistemas silvopastoriles en Cuba. Conferencia electrónica de la FAO_CIPAV sobre agroforestería para la producción animal en Latinoamérica. Artículo No. 4.
- Martínez G, E. 1999. Bases fisiológicas y nutricionales de la unidad vaca-ternero. México Veterinario. CENEREMA-UACH.
- McGavin, M. & J. Morrill. 1976. Scanning electron microscopy of ruminal papillae in calves fed various amounts and forms of roughage. Am. J. Vet. Res., 37:497.
- Mertens, D.R. 1987 J. Anim. Sci. 64, 1548
- Moreno, J. 2004. Bases fisiológicas y nutricionales que apoyan las formulaciones actuales de sustitutos lácteos. Disponible en: www.puc.cl. Consultado: Diciembre 2006.
- National Resarch Council. 1989. Nutrients requirements of dairy cattle. 6th. Rev. Ed. Natl. Acad. Sc.; Washington DC. 77-79.
- Ørskov, E.R. 1988 Nutrición proteica de los rumiantes. Ed. Acribia, S.A. Zaragoza, España.

- Owens, F.N.; D.S. Secrist; W.J. Hill; D.R. Gill. 1998. Acidosis in cattle: a review. *J. Anim. Sci.* 76: 275-286.
- Phillips , 2004. The Effects of Forage Provision and Group Size on the Behaviour of Calves. School of Veterinary Science, University of Queensland, Australia. *J. Dairy Sci.* 87:1380-1388.
- Plaza, J. & Hernández, J. 1994. Effect of the feeding system on calf performance. *Cuban J. Agric. Sci.*, 28:169.
- Quigley, J., 1997. Como la ingestión de iniciadores para terneros pueden impulsar el desarrollo ruminal. Disponible en: <http://www.calfnotes.com> En línea: Marzo, 2000. Consultado: Diciembre 2006.
- Quigley, J., 1997. Como la ingestión de iniciadores para terneros pueden impulsar el desarrollo ruminal. Disponible en: <http://www.calfnotes.com> En línea: marzo 2000. Consultado: Diciembre 2006.
- 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: Enero 07.
- Redondo, P. A., 2003. Anatomía del aparato digestivo de un rumiante. Disponible en: <http://www.inea.uva.es>. En línea: abril. Consultado: enero 2007
- Santini, F.J. ; Hardie, A.R. ; Jorgensen, N.A. ; Finner, M.F. 1983 *J. Dairy Sci.* 66, 811.
- SMITH, M. 2004. Evaluación de un sistema de alimentación integrado de terneros neonatos en una lechería de la zona central de Chile. Tesis presentada en opción al grado académico de Licenciado en Agrorrecursos Mención Agronomía y al Título Profesional de Ingeniero Agrónomo. Disponible en: www.puc.cl En línea: Diciembre. Consultado: Noviembre 2006.
- Sniffen, C.J.; OConnors, J.D.; van Soest, P.J.; Fox, D.G. ; Russel J.B. 1992 *J. Anim. Sci.* 70, 3562.
- Sudweeks, E.M.; Ely, L.O.; Mertens, D.R. ; Sisk L.R. 1981 *J. Anim. Sci.* 53, 1406.
- Swanson, E. W. 1960. Effect of rapid growth with fattening of dairy heifers on their lactational ability. *J. Dairy Sci.*, 43 :377.
- Tamate, H; Mcguilliard, A; Jacobson, N. & R. Getty. 1962. Effect of various dietaries on the anatomical development of the stomach in the calf. *J. Dairy Sci.*, 45:408.
- Van Soest, P.J. 1982 *Nutritional Ecology of the Ruminant Animal*. C.U.P., Ithaca, NY.
- Van Soest, P.J.; Robertson, J.B. ; Lewis, B.A. 1991 *J. Dairy Sci.* 74, 3583.

Vázquez, P.; Pereira, V.; Hernández, J.; Castillo, C.; Méndez*, J.; López-Alonso, M.; Benedito, J.L. 2003. Acidosis crónica en terneros: nuevas pautas de prevención. Disponible en: www.produccionanimal.com . En línea agosto. Consultado: diciembre 2006.

Warner, E.D. 1958. The organogenesis and early histogenesis of the bovine stomach. *Amer. J. Anatomy.* 102:33.

Warner, R.G. ; Flatt, W.P. 1965. *Physiology of Digestion in the Ruminant.* pp. 24. Butterworths, Washington.