

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE VETERINARIA**

**ESTUDIO ANATÓMICO DEL RETICULO EN TERNEROS HOLANDO
ALIMENTADOS CON HENO O CONCENTRADO EN LA ETAPA DE LACTANTE
(CRÍA ACELERADA)**

“por”

Flavia ZANOLLI LÓPEZ
María Emilia LANZA BARBIERI

TESIS DE GRADO presentada como
uno de los requisitos para obtener el
título de Doctor en Ciencias
Veterinarias
Orientación: Producción Animal

MODALIDAD: Ensayo Experimental

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2019**

PAGINA DE APROBACION

Tesis aprobada por:

Presidente:

Dra. Dellis Dos Santos

Segundo miembro:

Prof. Dra Noelia Vázquez

Fecha de aprobación:

Autores:

Flavia Zanolli

María Emilia Lanza

AGRADECIMIENTOS

- A nuestras familias, por el apoyo de todos estos años, pilar fundamental para obtener este logro.
- A nuestros amigos por las horas de estudio que nos ausentamos.
- A la cátedra de anatomía, especialmente a nuestra tutora Dra. Noelia Vázquez, a la Dra. Dellis Dos Santos y al Dr. William Pérez.
- A todos nuestros compañeros de la carrera, por hacer más ameno nuestro transitar en la misma.
- A los docentes y funcionarios de la facultad, que colaboraron con nuestro trabajo.

Tabla de contenido

PAGINA DE APROBACION.....	2
AGRADECIMIENTOS.....	<u>33</u>
1. LISTA DE FIGURAS.....	<u>55</u>
2. LISTA DE TABLAS.....	<u>66</u>
3. RESUMEN.....	<u>77</u>
3.1 SUMMARY.....	<u>98</u>
4. INTRODUCCIÓN.....	<u>109</u>
4.1. Rumiantes.....	<u>1140</u>
4.1.1 Ramoneadores y pastoreadores.....	<u>1241</u>
4.2. Desarrollo post natal del estómago de los rumiantes.....	<u>1342</u>
4.2.1 Fisiología digestiva durante el período de transición de lactante a rumiante.....	<u>1615</u>
4.3. Réticulo.....	<u>1917</u>
4.4. Cría tradicional vs cría acelerada.....	<u>2324</u>
5. CARACTERIZACIÓN DEL PROBLEMA.....	<u>2624</u>
6. HIPÓTESIS.....	<u>2725</u>
7. OBJETIVOS.....	<u>2826</u>
7.1. Objetivo General:.....	<u>2826</u>
7.2. Objetivos Particulares:.....	<u>2826</u>
8. MATERIALES Y MÉTODOS.....	<u>2927</u>
8.1. Animales utilizados.....	<u>2927</u>
8.2. Composición de alimentos.....	<u>28</u>
8.3. Métodos de estudio.....	<u>29</u>
9. RESULTADOS.....	31
10. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	<u>4038</u>
11. LIMITACIONES Y PERSPECTIVA.....	<u>4240</u>
12. BIBLIOGRAFÍA.....	<u>4341</u>

1. LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estómago de un ternero recién nacido	13
Figura 2. Ejemplos de diferencias en la mucosa reticular, de derecha a izquierda: Giraffa camelopardalis, Neotragus moschatus, Aepyceros melampus y Kobus elipsiprymnus.....	18
Figura 3. Fotos de la mucosa reticular con ejemplos de diferencias en la altura de las crestas reticulares. De arriba a abajo: Tragelaphus scriptus, Connochaetes taurinus, Alcelaphus buselaphus, Bos primigenius indicus.	19
Figura 4. Estómago de ternero alimentado con concentrado.	29
Figura 5. Retículo de ternero alimentado con concentrado.	30
Figura 6. A. Retículo de ternero alimentado con concentrado; B: Retículo de ternero alimentado con forraje.	31
Figura 7. A. Retículo de ternero alimentado con concentrado; B: Retículo de ternero alimentado con forraje.	31
Figura 8. Retículo de ternero alimentado con concentrado. 1: Surco reticular; 2: Labio reticular; 3: Orificio retículo- omasal.....	32
Figura 9. Retículo de ternero alimentado con concentrado.	33
Figura 10. Retículo de ternero alimentado con concentrado. 1: Surco reticular; 2: Labio reticular; 3: Orificio retículo- omasal; Flechas blancas: Papilas unguiculiformes.	34

2. LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Capacidades relativas de las divisiones del estómago del ternero en función de la edad.....	12
Tabla 2. Composición del sustituto lácteo.....	28
Tabla 3. Composición del alimento iniciador de ternero.....	29
Tabla 4. Mediciones tomadas.	30
Tabla 5. Media y desvío estándar (DS) del peso, altura, largo del retículo y espesor de los labios del surco reticular en los dos grupos de terneros. Resultado del Test de t.....	35
Tabla 6. Media y desvío estándar (DS) de la altura de las crestas reticulares primarias en tres niveles del retículo, en ambos grupos de animales. Resultado del Test de t.	35

3. RESUMEN

El sistema de alimentación de las terneras lecheras está cambiando drásticamente, pasando a ser la alta ingesta de lácteos en los primeros meses de vida un objetivo buscado. Esto produce efectos beneficiosos a largo plazo en la producción de leche, animales más pesados al momento del desleche y edad al primer parto más temprana. Todas las investigaciones realizadas evaluando cambios morfológicos según los tipos de dieta en terneros se han centrado mayormente en el rumen. Se ha ignorado por completo el estudio de los otros órganos del aparato digestivo. El retículo, es el órgano de la clasificación, ya que mediante sus contracciones dirige las partículas flotantes más grandes al rumen y las más finas y densas junto a los fluidos hacia el omaso. El objetivo del presente experimento fue determinar el efecto de dos dietas basadas en sustituto lácteo con la inclusión de concentrado y forraje sobre el desarrollo reticular. Se utilizaron 20 terneros machos, recién nacidos, de la raza Holando. Los animales fueron alimentados con 8 litros de sustituto lácteo comercial de alta calidad, a un grupo se le adicionó la alimentación con heno de alfalfa *ad libitum*, al otro, alimento balanceado iniciador comercial desde el inicio del ensayo hasta el desleche (56-60 días de vida). Se pesó el retículo lleno y vacío. Se midió la altura, longitud de las crestas y celdillas, así como la longitud y espesor de los labios del surco reticular. Para comparar los resultados cuantitativos de ambos grupos se utilizó el Test de t para dos muestras independientes. El peso del retículo vacío representaba el 0,39% del peso corporal en los animales alimentados con forraje y el 0,38% en los alimentados con concentrado. Mientras que los valores de este órgano lleno representaba el 0,73% del peso corporal en los alimentados con forraje y el 0,70% en los alimentados con concentrado. La mucosa del órgano se encontraba dispuesta formando crestas primarias que se anastomosaban para delimitar celdas poligonales, rectangulares o cuadradas. La media de la altura de las crestas primarias, en los tres sectores del retículo estudiados, no diferían entre los dos grupos. El desarrollo de las crestas secundarias y terciarias era mayor en el grupo alimentado con forraje. A pesar de no encontrar diferencias significativas en los

parámetros cuantitativos evaluados, se observó un mayor peso y desarrollo de las crestas secundarias, terciarias y de las papilas en el grupo alimentado con forraje, esto asociado al trabajo de tamiz que realiza este órgano.

3.1 SUMMARY

The feeding system of dairy calves is changing drastically, and a higher intake of milk products during the first months of age has become a desired objective. In the long-term, it benefits milk production, leads to heavier animals at weaning, and to younger animals at first calving. All research studies assessing morphological changes according to different types of diet have focused mainly in the rumen. The study of other organs of the digestive system have been completely ignored. The reticulum is the classification organ, as it drives with its contractions the larger floating particles to the rumen, and the thinner and denser ones, along with the fluid, to the omasum. The objective of this experiment was to determine the effect of two different diets based on milk substitutes with the inclusion of concentrate and forage in the development of the reticulum. Twenty male newborn Uruguayan Holstein calves were used. They were fed with 8 liters of highquality milk substitute of commercial use. The calves were separated in 2 groups. One group received alfalfa hay ad libitum, and the other group received a balanced starter feed of commercial use since the beginning of the experiment until weaning (56-60 days of age). The reticulum was weighed full and empty. Crests and cells' length and height, as well as length and width of the reticulum furrow papillae/folds were measured. The t test for two independent samples was used to compare the quantitative results of both groups. The weight of the empty reticulum represented 0.39% of the body weight of animals fed with forage and 0.38% of those fed with concentrate. The weight of the full reticulum represented 0.73% of the body weight of the animals fed with forage and 0.70% of those fed with concentrate. The organ's mucosa was arranged in primary crests which anastomosed forming polygonal, rectangular or square cells. The average height of the primary crests in the three sections of the reticulum that were studied did not differ between the two groups. Secondary and tertiary cells showed a higher development in the group fed with forage. Although the quantitative parameters assessed in this study did not show significant differences, secondary and tertiary crests and papillae were observed to be heavier and more developed in the group fed with forage, in accordance with the sieving function of this organ.

4. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de alimentación de terneras lecheras están cambiando drásticamente y actualmente se propone incrementar el consumo de nutrientes durante las primeras semanas de vida a través del aumento de la oferta de leche. Se ha reportado que esta estrategia genera efectos benéficos a largo plazo sobre la producción de leche. Esto es muy diferente al sistema hasta ahora predominante, que era el utilizar la mínima cantidad de lácteos, por los costos de los mismos. El rol principal del alimento sólido ya no sería el de suministrar energía y proteína al ternero, aspecto cubierto por el alto consumo de lácteos, pero sí podría tener otros roles en el desarrollo del animal. Los sistemas modernos de alimentación de terneras tienden a optimizar el crecimiento en las primeras etapas de la vida, en el entendido de que esto mejorará la performance de estos animales cuando sean vacas adultas (Repetto y col., 2016).

Se sabe que cantidades crecientes de concentrado en la dieta no resultan en cambios en la musculatura del rumen, pero sí en aumento de la densidad y altura de las papilas (Flatt y col., 1959; Rickard y Ternouth, 1965; Stobo y col., 1966). El uso excesivo de concentrados puede causar una acumulación rápida de los productos finales de la fermentación con una disminución del pH (Beharka y col., 1996), una disminución en la motilidad del rumen (Nocek, 1997; Owens y col., 1993), crecimiento excesivo y queratinización de las papilas ruminales (Nocek y Kesler, 1980), y, en consecuencia, una disminución en la absorción de Ácidos Grasos Volátiles (AGV) (Hinders y Owen, 1965). Por lo tanto, se ha planteado la hipótesis de que agregar fibra a una dieta concentrada reduciría los problemas ruminales (Cozzi y col., 2002; Suarez y col., 2006, 2007).

La mayoría de los trabajos revisados en los que se analizaron cambios morfológicos según los tipos de dieta en terneros, se han centrado en el rumen. Si bien es el compartimento más grande del estómago de los rumiantes, se ha ignorado por completo el estudio de los otros órganos del aparato digestivo, que son fundamentales como las glándulas salivares, retículo, omaso, glándulas anexas e intestino, entre otros órganos.

Conocer cuál es la dieta más adecuada para obtener un desarrollo óptimo del retículo en el período de transición hacia la vida de rumiante, permitiría a los productores realizar un manejo para la mejor adaptación de los animales al período de rumiante, obteniendo una mejor performance de los mismos.

4.1. Rumiantes

Los rumiantes tienen un estómago compuesto por varios compartimentos. El estómago de éstos consta de 4 cámaras, el rumen, el retículo, el omaso y el abomaso (estómago glandular). Las 3 primeras cámaras, llamadas proventriculos, se desarrollan para hacer frente a los carbohidratos complejos que forman gran parte de la dieta normal de los rumiantes y solo la última cámara es comparable en estructura y función al estómago simple de la mayoría de otras especies (Dyce y col., 2007).

Las distintas cámaras son identificables, como expansiones del botón de la porción craneal del tubo digestivo en el embrión temprano. Se van desarrollando a velocidades desiguales durante los períodos embrionario y fetal (Dyce y col., 2007).

En un estadio fetal, el estómago tiene casi la configuración adulta, pero durante los últimos meses de la vida intra uterina el abomaso deja atrás a los otros y al nacimiento alcanza más de la mitad del peso y volumen de todo el órgano (Dyce y col., 2007).

Los rumiantes se caracterizan por su capacidad para alimentarse de forraje. Lo cual se basa en la posibilidad de poder degradar los carbohidratos estructurales de los forrajes, como celulosa, hemicelulosa y pectina, muy poco digestible para las especies de estómago simple o no-rumiantes (Relling y Mattioli, 2003).

La degradación del alimento se realiza en su mayoría por digestión fermentativa y no por acción de enzimas digestivas, y los procesos fermentativos los realizan diferentes tipos de microorganismos a los que el rumiante aloja en sus proventriculos (Relling y Mattioli, 2003).

Esta digestión fermentativa, si bien favorece al rumiante al permitirle degradar carbohidratos estructurales, también afecta la digestión de todos los demás componentes de la dieta, los cuales se exponen a los mismos procesos

fermentativos, sin que esto represente siempre una ventaja desde el punto de vista del mejor aprovechamiento del alimento (Relling y Mattioli, 2003).

La topografía del abdomen de los rumiantes está ocupada por el enorme desarrollo del estómago, que en el bovino adulto casi llena la mitad izquierda de la cavidad abdominal y ocupa una porción sustancial de la mitad derecha. Su capacidad total es de 60 litros (rumen 80%, retículo 5%, omaso 8% y abomaso 7%) (Dyce y col., 2007).

El estómago recibe una importante inervación vegetativa, principalmente parasimpática a través del nervio vago. Las ramas derecha e izquierda del nervio vago torácico se subdividen próximos al diafragma en ramas dorsal y ventral. Ambos pares de ramas dorsales se unen en un tronco dorsal único y también lo hacen las ventrales formando el tronco ventral. La rama dorsal inerva todo el rumen y la curvatura menor del abomaso. La rama ventral, que ya está dividida al atravesar el diafragma, forma un plexo en la zona del cardias e inerva la red, el omaso y curvatura mayor del abomaso. La inervación simpática, proviene del nervio esplácnico y ramas celíacas, que posteriormente hacen sinapsis en el plexo celíaco. La irrigación del estómago proviene de la arteria celíaca, mientras que la sangre venosa es recogida por las venas esplénica y gastroduodenal, que desembocan en la vena porta (Relling y Mattioli, 2003).

4.1.1 Ramoneadores y pastoreadores

De aproximadamente 300 especies de rumiantes, incluyendo 9 especies domésticas, solo 25 % son clasificadas como pastoreadores. Este grupo se caracteriza por la adaptación a forraje rico en pared celular de la planta, carbohidratos estructurales (ej: celulosa); en suma: comida fibrosa. El bovino, ovino, búfalo de agua y el banteng pertenecen a este grupo (Pérez., 2016).

El 40 % de los rumiantes estudiados corresponden a la categoría de los ramoneadores, los cuales se alimentan de ramas, hojas de árboles y arbustos, derivando la mayor parte de su nutrición de contenidos celulares rápidamente fermentables (Pérez, 2016).

Alrededor del 35 % de las especies rumiantes son morfofisiológicamente intermedias (IM), ubicadas entre los dos grupos extremos; practican un marcado

grado de selectividad del forraje. Estas especies seleccionan una mezcla en la dieta, pero evitan el alimento fibroso tanto como sea posible, en forma oportunista según las fluctuaciones estacionales de la calidad del forraje (Pérez, 2016).

4.2. Desarrollo post natal del estómago de los rumiantes

La nutrición de los terneros jóvenes es de vital importancia para la salud de éstos y también para la rentabilidad de las explotaciones lecheras. Muchos productores destetan a los terneros a una edad temprana para reducir los costos relacionados con la alimentación líquida. Una transición gradual, desde la alimentación líquida a la sólida permite a los terneros consumir y digerir suficiente alimento sólido para soportar el crecimiento durante y después del destete; ésta transición coincide con varios cambios morfológicos y ajustes fisiológicos en el animal (Baldwin y col., 2004).

El rumiante nace con un aparato digestivo que en estructura y función se asemeja al aparato digestivo de un no rumiante (Relling y Mattioli, 2003). En el momento del nacimiento, el ternero tiene el estómago preparado para la digestión de la leche. El abomaso predomina y es notable no solo por su tamaño, sino también por su grado de madurez estructural. En contraste con el abomaso, el rumen y el retículo del ternero recién nacido son muy pequeños; están confinados a la esquina cráneo dorsal izquierda del abdomen y se encuentran generalmente arrugados y colapsados. Normalmente contienen solo una pequeña cantidad de líquido y los alimentos lácteos evitan su paso por medio del surco gástrico que desvía la leche (Dyce y col., 2007). El surco gástrico es una estructura anatómica que conecta el esófago con el abomaso.

Bajo condiciones normales de alimentación los proventriculos se van desarrollando mientras se hacen funcionales (Tabla 1; Relling y Mattioli, 2003).

Edad	Reticulo-rumen %	Omaso %	Abomaso %
neonato	40	4	56
3 semanas	48	4	36
7 semanas	66	4	23
adulto	85-90	3-5	8-9

Tabla 1. Capacidades relativas de las divisiones del estómago del ternero en función de la edad.

Los hábitos de alimentación, los cambios estructurales y las actividades motoras y químicas del estómago, cuando se consideran en conjunto, definen las tres fases del desarrollo. Un período neonatal en el que la leche constituye la única dieta puede durar dos, a lo sumo tres semanas y ser seguido por un periodo transicional cuando el estómago se adapta al alimento sólido. A partir de la octava semana, la anatomía y los procesos de la digestión pueden ser ya esencialmente los del adulto (Dyce y col., 2007).

El desarrollo de los proventriculos se puede dividir en tres períodos. El primer período ocurre entre el nacimiento y las tres primeras semanas de vida. La cámara más desarrollada es el abomaso (Garzón, 2007). En esta etapa, el ternero es denominado lactante ya que posee sólo la capacidad de digerir leche y depende de la absorción intestinal de glucosa para mantener la glicemia, que es semejante al de un no rumiante (alrededor de 1 g/l) (Relling y Mattioli, 2003).

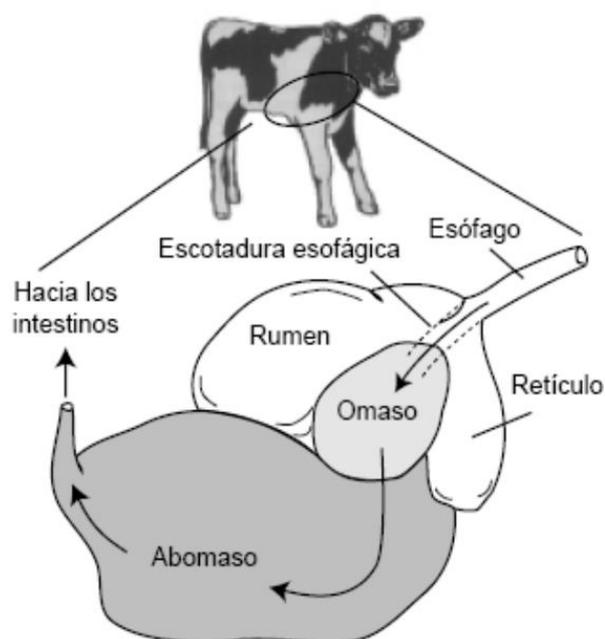


Figura 1. Estómago de un ternero recién nacido. Tomado de Garzón, 2007.

El segundo período ocurre entre las tres y las ocho primeras semanas de vida.

Es un período de transición en el cual el ternero comienza a ingerir pequeñas cantidades de alimento sólido y se van desarrollando gradualmente los proventrículos. Los valores de glicemia comienzan a disminuir, mientras aumenta la concentración plasmática de ácidos grasos volátiles (AGV), principalmente de acetato (C2), propionato (C3) y butirato (C4).

El tercer período comienza a partir de las ocho semanas de vida. Los proventrículos están bien desarrollados y permiten una digestión fermentativa propia del rumiante adulto (Relling y Mattioli, 2003).

Las paredes de los proventrículos del bovino son delgadas y deficientes en tejido muscular, mientras que sus mucosas tienen ya las características adultas, pero están presentes en forma discreta, especialmente en el rumen, en donde las papilas se proyectan escasamente 1 mm por encima de la superficie contigua y se fusionan entre sí en sus bases (Dyce y col., 2007).

No hay cambios notables en las proporciones y la estructura de las cámaras del estómago hasta antes de que el ternero empiece a ingerir comida sólida, lo cual ocurre a partir de las 2-3 semanas post nacimiento. Luego de este tiempo, el abomaso continúa aumentando de tamaño a una velocidad lenta pero continua, mientras que el rumen y el retículo entran en un período de crecimiento importante. A las 8 semanas de vida han sobrepasado ya al abomaso y a las 12 semanas son 2 veces más grandes (Dyce y col., 2007).

Este crecimiento continúa más lentamente, hasta que se establecen la topografía y proporciones definitivas. Es difícil especificar esta edad, porque están implicados muchos factores variables y algunos autores afirman que la conformación es ya virtualmente adulta después de los 3 meses, mientras otros afirman que no ocurre hasta cerca del final del primer año (Dyce y col., 2007).

El desarrollo fisiológico depende de la disponibilidad de una dieta normal de forraje sólido, pero todavía existen algunas dudas acerca de los estímulos precisos que están involucrados. En un momento se pensó que las características físicas de

la dieta eran todas importantes y que el forraje no solo “estiraba” la pared estomacal y estimulaba su crecimiento muscular, sino que también promovía la diferenciación de la mucosa. Después se demostró que muchas de las características macroscópicas y microscópicas de la mucosa se desarrollaban solo con la exposición a ciertos productos finales de la fermentación microbiana, especialmente del ácido butírico (Dyce y col., 2007).

Entre los desafíos fisiológicos más importantes de los terneros está el desarrollo del rumen, órgano que experimenta un gran desarrollo físico y metabólico (Warner y col., 1956; Flat y col., 1959; Sander y col., 1959; Smith, 1961; Gilliland y col., 1962; Tamate y col., 1962; Ørskov y col., 1970).

4.2.1 Fisiología digestiva durante el período de transición de lactante a rumiante

La transición de lactante a rumiante implica para el ternero una serie de pasos adaptativos. Estos van a incluir cambios en la morfología y funcionalidad del aparato digestivo, el desarrollo de la flora microbiana normal y también cambios metabólicos (Relling y Mattioli, 2003).

El desarrollo del aparato digestivo es variable y depende del tipo de dieta. Esto hace hincapié en la importancia que posee la estructura física del alimento como estímulo para el desarrollo de la capacidad relativa del retículo-rumen y de su pared muscular. A modo de ejemplo, la capacidad del estómago de un bovino de 13 semanas alimentado con forraje es de 42 litros, mientras que uno de la misma edad alimentado con concentrado es de 30 litros solamente. El desarrollo de las papilas ruminales depende en cambio de la concentración de AGV, como mecanismo adaptativo para aumentar la superficie para su absorción (Relling y Mattioli, 2003).

El ternero nace con una microbiota que se desarrolla junto con la funcionalidad de los proventrículos. Durante la primera semana pueden encontrarse en los divertículos estomacales primitivos bacterias celulolíticas, y durante las tres primeras semanas aumenta la flora productora de lactato, y recién cerca de la sexta semana están presentes todas las especies propias del adulto (Relling y Mattioli, 2003).

La flora intestinal también cambia, pero es según el calostrado, ya que predominan antes especies como *E. coli*, *Streptococos* y *Clostridium welchii*, mientras que luego del calostrado predominan los lactobacilos. El desarrollo inicial de la flora lactogénica en el rumen se debe al escape esporádico de leche desde el surco gástrico, que induce temporales descensos de pH en un rumen totalmente involucionado. Esto retrasa el establecimiento de los protozoos que son muy sensibles al pH ácido (Relling y Mattioli, 2003).

En el abomaso la leche se coagula en pocos minutos por acción de la enzima renina. La renina genera el coágulo al convertir la caseína soluble en una red de paracaseinato de calcio, que a su vez retiene los glóbulos grasos. Este coágulo se retrae en pocos minutos y segrega una serie de componentes que representan el "suero de la leche". Este suero vehiculiza la lactosa y las proteínas solubles hacia el intestino (Relling y Mattioli, 2003).

La lactosa es degradada en glucosa y galactosa por una lactasa ubicada en los enterocitos y luego absorbida. El enterocito posee también peptidasas que degradan las proteínas menores que ingresan con el suero de leche y algunas de menor peso molecular son absorbidas sin degradación previa. Esto demuestra la existencia de una buena actividad digestiva intestinal de mucosa, que se contrapone a la baja capacidad secretoria del páncreas y del hígado, lo cual reduce la capacidad proteolítica y lipolítica en el lumen intestinal. Esta situación remarca la importancia de la coagulación y retención de la caseína y los triglicéridos en el abomaso, ya que si ambos componentes de la leche pasaran al intestino no sólo no serían bien digeridos, sino que, además y en consecuencia, generarían un arrastre osmótico de agua (Relling y Mattioli, 2003).

El coágulo retenido sufre la acción proteolítica de la renina que lentamente va liberando péptidos que pasan al abomaso y siguen la citada digestión de mucosa. La actividad lipolítica recae en la lipasa salival que libera principalmente monoglicéridos y ácidos grasos libres que serán absorbidos por los enterocitos. Cada coágulo tarda alrededor de 12 horas en ser completamente degradado, por lo cual en abomaso coexisten coágulos de diferente tamaño (Relling y Mattioli, 2003).

El cierre del surco gástrico es responsable del comportamiento digestivo del neonato. El surco gástrico es una invaginación, a manera de canal, que atraviesa la pared del retículo, extendiéndose desde la desembocadura del esófago hasta el orificio retículo-omasal. Al ser estimulada, los músculos de sus labios se cierran creando un canal casi perfecto que conecta el cardias con el canal omasal, y de este modo el calostro o la leche no caen al retículo-rumen donde causarían fermentaciones indeseadas, sino que llegan directamente al abomaso donde se inicia su digestión (Relling y Mattioli, 2003).

El cierre del surco gástrico responde a un arco reflejo que se origina en respuesta a estímulos centrales y periféricos. El acto de succionar la mama o la mamadera, o aún el observar la preparación del alimento, inician este reflejo. Por otro lado, existen receptores en la faringe que responden a los componentes químicos de la leche, como lactosa, proteínas y minerales, y también a su temperatura. Dichos estímulos son transmitidos al centro bulbar especialmente por el nervio trigémino. Las fibras eferentes son vagales y actúan estimulando los labios del surco e inhibiendo la motilidad de los divertículos estomacales (Relling y Mattioli, 2003).

Recientemente se ha demostrado que durante el mamado se libera polipéptido intestinal vasoactivo (PIV) que relaja el esfínter retículo-omasal. La distensión abomasal inhibe el reflejo de contracción del surco gástrico. La adrenalina, que actúa relajando la musculatura del surco, también inhibe el reflejo de cierre. Estos factores deben tenerse en cuenta en la alimentación artificial de los terneros, a fin de evitar el suministro de una cantidad excesiva de leche, o de hacerlo bajo condiciones estresantes, que provoquen el pasaje de leche al retículo-rumen (Relling y Mattioli, 2003).

El reflejo del cierre del surco gástrico, propio del lactante, se va perdiendo con el desarrollo del rumiante adulto. Sin embargo, ciertos factores pueden estimularlo en el adulto. Uno de ellos es la hormona antidiurética (ADH), liberada desde la neurohipófisis en respuesta a la deshidratación o al aumento de la osmolaridad del plasma. Esto se debería a que, ante la necesidad de incorporar agua rápidamente al organismo, la ADH estimula el reflejo para que el agua llegue directamente al duodeno donde será absorbida (Relling y Mattioli, 2003).

4.3. Retículo

El retículo se ubica craneal al rumen y se proyecta bajo la sexta a la octava costilla y principalmente a la izquierda del plano mediano. Va desde el cardias hasta la parte más craneal del diafragma y ocupa toda esta porción del abdomen, pasa a través de la línea mediana en especial centralmente en donde se ubica dorsal al proceso xifoides del esternón (Dyce y col., 2007).

Histológicamente todas las divisiones del estómago poseen las cuatro capas típicas de los órganos tubulares del aparato digestivo. La mucosa, cubierta por un epitelio plano estratificado queratinizado y aglandular en los divertículos estomacales, cambia drásticamente en el abomaso a un epitelio cilíndrico simple que cubre una lámina propia rica en glándulas del mismo tipo que las halladas en no-rumiantes (regiones cardial, fúndica y pilórica). La muscular de la mucosa no está presente en el rumen, y la submucosa está formada por tejido conjuntivo laxo con una rica red vascular y plexos nerviosos (plexo submucoso o de Meissner). La muscular consta de dos capas de músculo liso en los divertículos estomacales, una circular interna y otra longitudinal externa, entre las cuales se encuentra el plexo mientérico o de Auerbach. En el abomaso se agrega una tercera capa oblicua interna. La serosa está compuesta por el mesotelio y por tejido conjuntivo laxo con grasa, vasos sanguíneos, vasos linfáticos y nervios (Relling y Mattioli, 2003).

El segundo compartimiento del estómago de los rumiantes, el retículo, es el órgano de la clasificación, ya que mediante sus contracciones dirige las partículas flotantes más grandes al rumen y las más finas y densas junto a los fluidos hacia el omaso. Su lumen desaparece en esta última etapa en el caso del bovino. La altura de las crestas reticulares y consecuentemente la profundidad de las celdillas varía considerablemente entre las especies de rumiantes (Fig 1) (Hofmann, 1973; Langer, 1988).

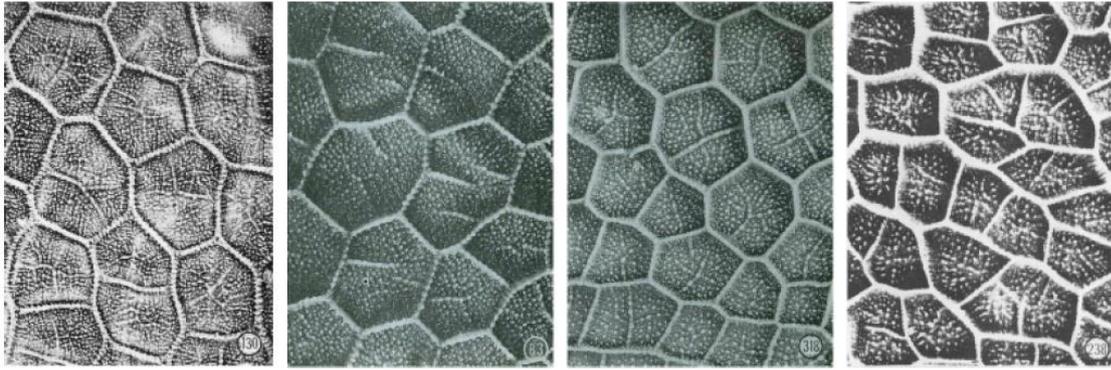


Figura 2. Ejemplos de diferencias en la mucosa reticular, de derecha a izquierda: *Giraffa camelopardalis*, *Neotragus moschatus*, *Aepyceros melampus* y *Kobus elipsiprymnus*. Tomada de Hofmann (1973).

Los rumiantes que tienen mayor porcentaje de pasto en su dieta natural, tienen en general crestas reticulares más altas que los ramoneadores y crestas secundarias, terciarias y hasta cuaternarias más pronunciadas (Hofmann, 1973; Langer, 1988). (Fig. 2).

Clauss y col. (2010) determinaron que la altura de las crestas reticulares se correlaciona significativamente con el porcentaje de pasto en la dieta, pero no así con la altura y ancho del retículo. En qué etapa del desarrollo postnatal el retículo adquiere su desarrollo y funcionalidad adulta y si es influenciado o no por la dieta es un tema que tampoco se ha explorado.

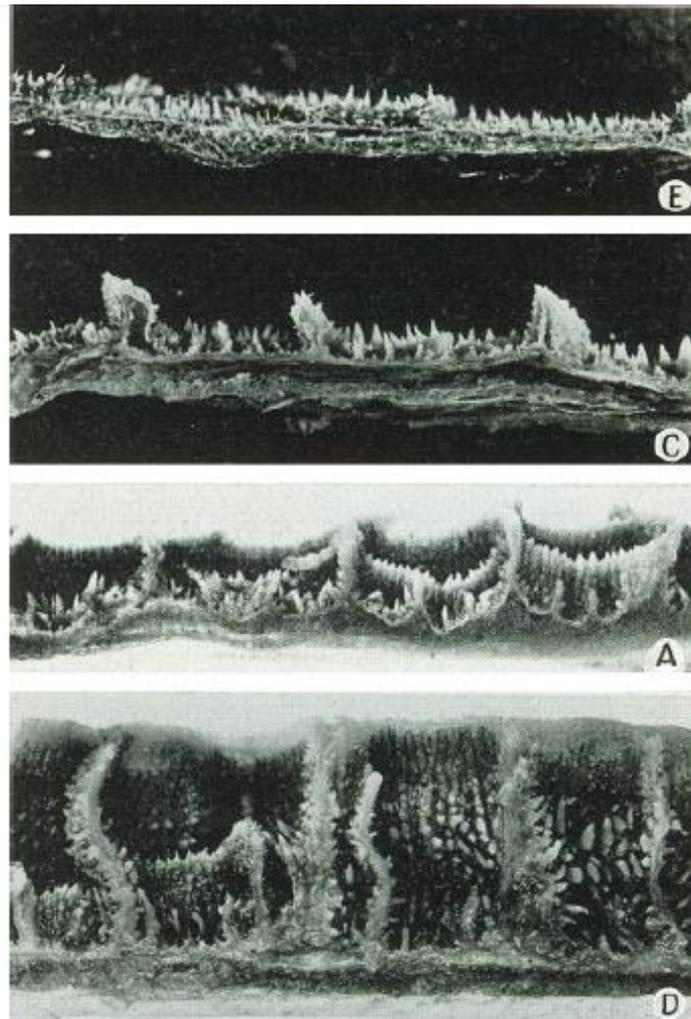


Figura 3. Fotos de la mucosa reticular con ejemplos de diferencias en la altura de las crestas reticulares. De arriba a abajo: *Tragelaphus scriptus*, *Connochaetes taurinus*, *Alcelaphus buselaphus*, *Bos primigenius indicus*. Tomado de Hofmann (1989).

Los pastoreadores tienden a tener un orificio retículo-omasal más pequeño que los ramoneadores, lo que determinaría un tránsito más lento, retardando el paso de la digesta y dando más tiempo para la fermentación de la celulosa (Clauss y col., 2010). También se ha sugerido que las papilas unguiculiformes, de desarrollo variable entre las diferentes especies de rumiantes actúan como un filtro o barrera para el pasaje de grandes partículas al omaso (Teixeira y col., 2009). Pero, ¿existen o no diferencias en el desarrollo papilar del retículo al ingerir diferentes dietas?, es otra de las tantas interrogantes que aún se desconocen.

Hofmann (1989) sugirió que la fermentación de los componentes solubles de la dieta en el intestino puede jugar un rol importante en algunos rumiantes luego del

bypass vía surco reticular, y que el surco reticular era más desarrollado en los rumiantes ramoneadores. Si existe un mecanismo de bypass selectivo vía surco reticular, puede haber una ventaja nutricional que permita evitar en algunas dietas de carbohidratos las pérdidas que se pueden dar en la fermentación ruminal (Ørskov, 1970). Tampoco se conocen en los terneros prerrumiantes, estudios relativos al surco reticular.

El rumen y el retículo se comunican por medio del pliegue rumino reticular en forma de U. Los principales pilares ruminales rodean al órgano, dividiéndolo en sacos mayores dorsal y ventral, mientras que los pilares coronarios menores delimitan los sacos ciegos caudales. El pilar craneal sigue una dirección oblicua que divide parcialmente el extremo craneal del resto del saco dorsal poniendo énfasis en la asociación de la primera porción llamada atrio del rumen con el retículo (Dyce y col., 2007).

El interior del ruminoretículo se comunica con el esófago y el omaso a través de aberturas que se encuentran en los extremos del surco reticular, un canal que desciende desde el cardias sobre la cara derecha del retículo hacia el fondo del surco reticular. El surco reticular está limitado por unos bordes engrosados en espiral, el extremo superior del labio izquierdo, esta expandido para sobresalir por encima de la abertura cardial en forma de hendidura, mientras que un engrosamiento similar del extremo ventral del borde derecho oculta en parte la salida redondeada que da hacia el omaso (Dyce y col., 2007).

El cardias está situado en la unión del rumen y el retículo y comunica hacia las dos cámaras. En el ternero no destetado, el surco reticular puede convertirse en un tubo cerrado formando un canal que lleva la leche directamente desde el esófago hasta el surco omasoabomasal, desde donde cae hacia el abomaso. A medida que el animal crece, las alteraciones en la dieta y en el régimen alimentario dan por resultado un uso cada vez menos frecuente de esa vía. El reflejo del surco ruminoreticular es estimulado por la hormona antidiurética. La mucosa ruminoreticular esta revestida por un áspero epitelio cutáneo estratificado que tiene una coloración café marrón verdosa, el surco reticular, sin embargo, es liso y pálido. La mucosa reticular tiene un patrón distintivo formado por bordes de 1 cm de altura que delinear celdas o cedillas de 4, 5 y 6 lados. Esos bordes, y los pisos de las

celdas entre ellos, tienen papilas pequeñas. El epitelio de la mucosa reticular es escamoso estratificado. La capa queratinizada superficial lo protege de la abrasión por la áspera dieta fibrosa, mientras que las capas más profundas metabolizan los ácidos grasos volátiles de cadena corta. Las papilas ruminales tienen distinta longitud y grosor de acuerdo con la edad, la dieta y localización. Dentro de los sacos ciegos normalmente son las papilas más grandes y las más densamente implantadas, son menos numerosas y menos prominentes en el saco ventral y menos desarrolladas en la porción central del techo del rumen y hacia los bordes libres de los pilares ruminales. Las papilas individuales varían desde elevaciones bajas redondeadas, hasta formas cónicas y en forma de lengua hasta en forma de hojas aplanadas de 1 cm de longitud (Dyce y col., 2007).

4.4. Cría tradicional vs cría acelerada

Para cubrir los requerimientos de la ternera lactante se han determinado dos sistemas de manejo. Los sistemas convencionales o tradicionales de alimentación en la etapa de lactante de terneras consisten en el suministro constante de leche con cantidades equivalentes al 10 % del peso vivo al nacer en dos tomas diarias (Terre y col, 2009). Este tipo de manejo facilita las labores cotidianas del productor y además reduce el costo directo debido a la cantidad que es ofrecida (aproximadamente 4 L/d) (Raeth-Knight y col., 2009).

Por otra parte, la crianza intensiva o crecimiento acelerado surge como una nueva propuesta, que toma como base el comportamiento natural, aplicando los principios del bienestar animal, suministrando cantidades semejantes a lo que toma la ternera al pie de la madre, equivalente a 2 o 3 veces más leche que la usada en la crianza convencional y brindando cantidades de concentrado similares a los de este sistema (Raeth-Knight y col., 2009).

Las ventajas de este sistema se verían reflejadas en animales con mayores ganancias de peso y más pesados al desleche (James, 2011). Wiltbank y col. (1966) reportaron que la ganancia de peso pre desleche poseía mayor influencia sobre el inicio temprano de la pubertad que ganancias obtenidas en períodos post desleche; y dicho efecto estaba asociado con un mayor peso al desleche (Greer y col., 1983).

De manera paralela a la ganancia de peso, parámetros de desarrollo corporal como altura a la cruz, altura a la grupa, perímetro torácico y ancho de caderas son variables de buen pronóstico sobre el futuro desarrollo productivo y reproductivo en los vacunos (Heinrichs y Heinrichs, 2011).

La cría acelerada es la alternativa de la cría convencional, donde se suministra leche similar al consumo de un ternero criado al pie de la madre, lo que equivale a un aumento del doble o triple del consumo de leche en un sistema de cría convencional, suministrando el 20 % de PV de leche, o bien sustituto lácteo con 24 a 26 % de proteína cruda en simultáneo con la administración de alimento balanceado hasta el desleche (Lagger, 2010). Este aumento en el aporte de proteínas mejora nutricionalmente al ternero en las etapas críticas, que se corresponden con las primeras semanas de vida (Stamey, 2006 citado por Lagger, 2010).

La cría de las terneras de reemplazo conlleva altos costos al productor. Lograr que las terneras lleguen a la pubertad en el menor tiempo posible, contribuye a que la edad al primer parto sea menor, y la producción comience más temprano en su vida. Al aumentar el aporte de energía y proteínas en la cría acelerada, la ternera tiene un mayor desarrollo corporal y se aprecia una reducción en los costos de cría, al compensar con un mayor aumento de peso al momento del desleche, menor edad a la pubertad y un mayor desarrollo del parénquima mamario (Brown y col., 2005ab).

Las terneras Holstein alimentadas con una mayor oferta de leche durante el período lactante presentaron un status endócrino-metabólico diferencial que indujo efectos inmediatos y residuales a favor de mayor crecimiento y desarrollo corporal, y menor edad y peso vivo a la pubertad. En el período lactante, las terneras con mayor oferta de leche tuvieron mayores ganancias de peso por día durante los tratamientos, determinando un mayor peso al desleche que las terneras con menor oferta (De Trinidad, 2014).

Soutto y Ubilla (2015) a partir de los datos obtenidos en su trabajo concluyeron que suministrar 8 litros de leche entera por día durante la etapa lactante, resultó en una reducción en la edad y el peso con que las vaquillonas iniciaron la pubertad, lo que estuvo asociado a mayores concentraciones de IGF-1 en el período lactante y residual, pero no de Insulina.

5. CARACTERIZACIÓN DEL PROBLEMA

Las variables a analizar en nuestro trabajo experimental permitieron conocer las distintas adaptaciones morfofisiológicas del retículo a las diferentes dietas que se utilizaron.

La ingesta de grandes cantidades de leche (8 litros diarios), trae como consecuencia una disminución en la ingesta de sólidos. Se evaluó el desarrollo de esta cámara a los 60 días de vida. Este estudio permite conocer si este bajo consumo de forraje y sólidos, en la etapa de cría, permite que se aprecien diferencias en ambos grupos.

6. HIPÓTESIS

El desarrollo del retículo y de las crestas reticulares será mayor en los animales alimentados con sustituto y forraje que los alimentados con sustituto y concentrado.

7. OBJETIVOS

7.1. Objetivo General:

Describir cuanti y cualitativamente el retículo de terneros Holando alimentados con heno o concentrado en la etapa de lactante y 8 litros de sustituto lácteo diarios.

7.2. Objetivos Particulares:

1. Describir la anatomía macroscópica del retículo.
2. Medir y pesar cada una de las partes del órgano.
3. Comparar los parámetros evaluados entre ambos grupos de terneros.

8. MATERIALES Y MÉTODOS

8.1. Animales utilizados

El ensayo experimental se realizó en el Instituto de Producción Animal Veterinaria ubicado en ruta 1 Km 42, Libertad, San José. Para este estudio se utilizaron 20 terneros machos, recién nacidos, de la raza Holando. Durante la cría fueron alojados bajo techo en jaulas individuales de 2 x1 metros, estando todas en las mismas condiciones sanitarias y ambientales. Se dividieron al azar en 2 grupos. Los grupos de 10 animales cada uno fueron alimentados con sustituto lácteo comercial de alta calidad, suministrado al 20% de peso vivo, a un grupo se le adicionó la alimentación con heno de alfalfa *ad libitum*, al otro grupo se le administró alimento balanceado iniciador comercial *ad libitum* desde el inicio del ensayo hasta el desleche (56-60 días de vida).

Se llevó a cabo un período de adaptación a las dietas de 4 días. Se mantuvieron en este régimen alimenticio hasta los 60 días de edad. A los 60 días se eutanasiaron.

Luego de mantener los animales en las condiciones experimentales del grupo al que pertenecen, se procedió a la eutanasia. La misma se realizó 2 horas post ingesta. El método de sacrificio fue el uso de pistola de perno cautivo y posterior desangrado mediante incisión de la vena yugular y la arteria carótida. Es un método aprobado por la Comisión Honoraria de Experimentación Animal con el número 685 de aprobación.

8.2. Composición de los alimentos

Tabla 2. Composición del sustituto lácteo

Sustituto	
Parámetros	
Proteína Bruta (%)	25.0
Grasa (%)	20.0
EM (Kcal)	1.6
Fibra Cruda (%)	0.3
Extracto etéreo (%)	20.0
Lactosa (%)	44.0
Cenizas (%)	4.5
Calcio (%)	1.3
Fósforo total (%)	0.6
Sodio (%)	0.4
Cloro (%)	0.5
Cobre inorg. (ppm)	11.0
Zinc inorg. (ppm)	44.0
Hierro (ppm)	111.0
Vitamina A (UI/Kg)	27000.0
Vitamina D3 (UI/Kg)	5300.0
Vitamina E (UI/Kg)	50000.0
Ionoforo (ppm)	100000.0
Lisina total (% MS)	2.7
Metionina total (%MS)	0.9

EM: Energía metabolizable MS: Materia seca

Preparación: Calentar 600 cc de agua potable hasta alcanzar los 50 °C, agregar entre 80 y 130 g del producto y 400 cc de agua a temperatura ambiente. Mezclar hasta obtener una composición homogénea. Se recomienda ofrecer el sustituto a una temperatura entre 37 °C y 39 °C.

Tabla3. Composición del alimento iniciador de terneros.

Párametros	
Humedad (%)	12.1
Proteína (%)	18.1
Fibra cruda (%)	3.3
FDA (%)	4.0
FDN (%)	15.0
Extracto etéreo (%)	3.4
Cenizas (%)	4.9
EnL (Mcal/Kg MS)	1.9
Aflatoxinas (B1, B2, G1, G2) (ppb)	< 5
DON (ppb)	< 500
Zearalenona (ppb)	< 50

FDA: Fibra Detergente Ácida FDN: Fibra Detergente Neutra EnL: Energía neta de Lactación

Del Heno de alfalfa el único dato que obtuvimos es Proteína Cruda 17%.

8.3. Métodos de estudio

El método de estudio de los animales fue la disección simple. Las medidas anatómicas se tomaron siguiendo los procedimientos estándar para los rumiantes (Hofmann y col., 1995; Pérez y col., 2015; Sauer y col., 2016). Para evitar sesgo en las mediciones, las mismas se realizaron por el mismo investigador.

Se pesó el retículo en fresco, el día de la eutanasia, lleno y vacío. Se tomaron las medidas que se indican en la tabla más abajo (Tabla 2).

Con el órgano conservado en solución de formalina al 10% se midió la altura, de las crestas, así como la longitud y espesor (mediante corte transversal) de los labios del surco reticular. La altura de las crestas se midió seleccionando 5 celdillas representativas de cada sector del retículo (próximo al cardíaco, zona media, próximo al omaso). Se midieron las crestas y se hizo un promedio.

Tabla 4. Mediciones tomadas.

Estructura a medir

Peso del retículo lleno (g)

Peso del retículo vacío (g)

Altura del retículo (cm)

Largo del retículo (cm)

Altura máxima de las crestas reticulares primarias (mm)

Espesor de ambos labios del surco reticular (mm)

Para la descripción se utilizó y adaptó la nomenclatura de la versión online de la Nómina Anatómica Veterinaria del 2017.

Análisis Estadístico

Para comparar los resultados cuantitativos de ambos grupos se utilizó el Test de T para dos muestras independientes. Para la realización del mismo se utilizó el Software libre <https://www.socscistatistics.com/tests/studentttest/default2.aspx>. Se consideró significativo, un $p < 0,05$.

9. RESULTADOS

El retículo era el más craneal de los compartimentos del estómago (Fig.4). El peso del retículo vacío representaba el 0,39% del peso corporal en los animales alimentados con forraje y el 0,38% en los alimentados con concentrado. Mientras que los valores de este órgano lleno representaba el 0,73% del peso corporal en los alimentados con forraje y el 0,70% en los alimentados con concentrado.

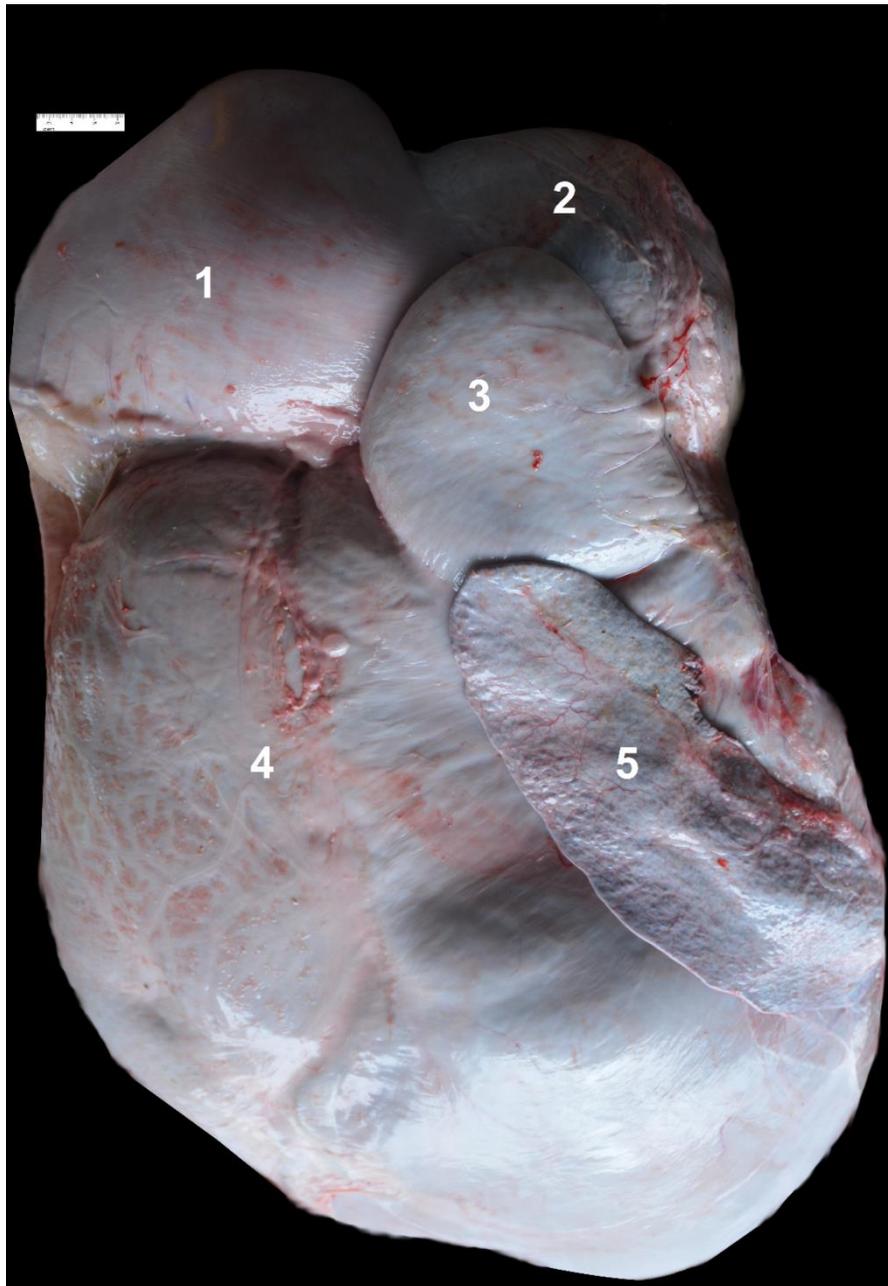


Figura 4. Estómago de ternero alimentado con concentrado. 1: Abomaso; 2: Retículo; 3: Omaso; 4: Rumen; 5: Bazo.

Las medidas de altura y largo del órgano se pueden apreciar en la tabla 5, no hubo diferencias significativas en estos parámetros entre los dos grupos.

La mucosa del órgano se encontraba dispuesta formando crestas primarias que se anastomosaban para delimitar celdas poligonales, rectangulares o cuadradas (Fig.5). La media de la altura de las crestas primarias, en los tres sectores del retículo estudiados, no diferían entre los dos grupos (Tabla 6).

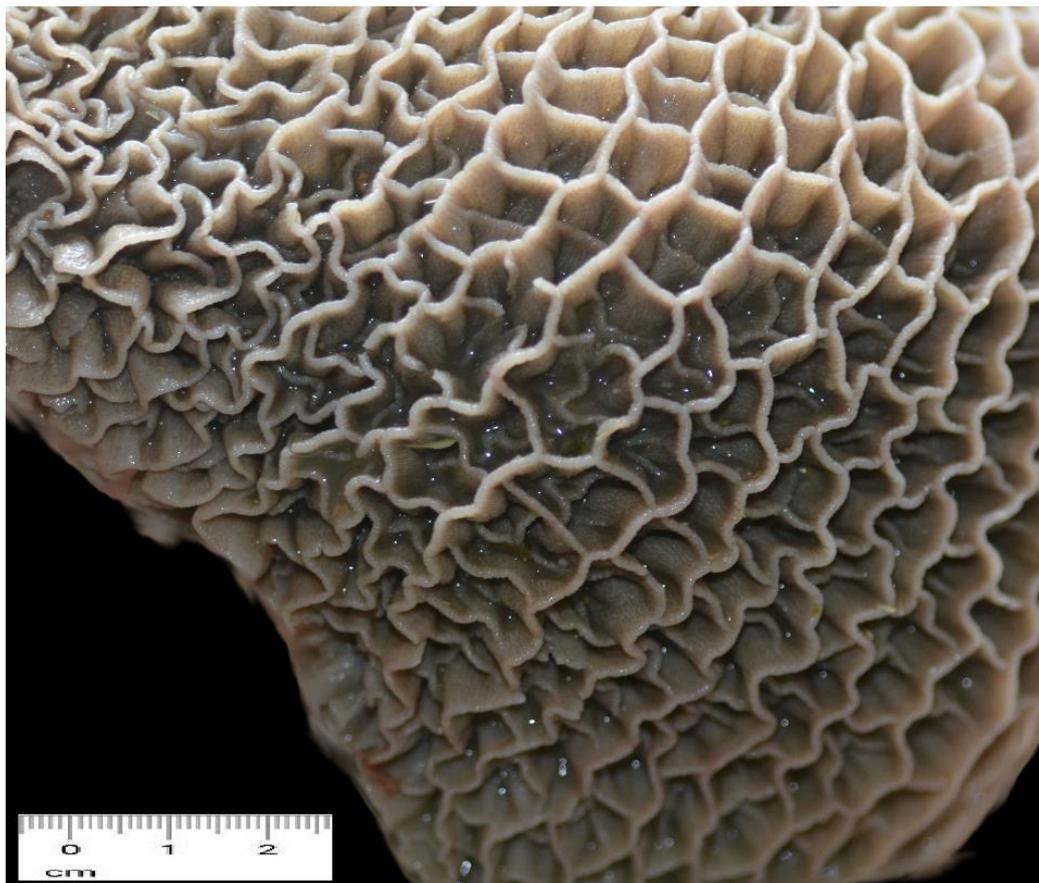


Figura 5. Retículo de ternero alimentado con concentrado.

En la zona del retículo, próximo al cardias, el grupo alimentado con forraje presentó celdas primarias cuadradas y rectangulares. El grupo alimentado con concentrado, en esta zona presentó celdas cuadradas y hexagonales (Fig.6). En la zona media del órgano, los animales alimentados con forraje presentaban celdas primarias cuadradas y hexagonales. Los del otro grupo tenían celdas cuadradas, rectangulares y hexagonales. En la zona más cercana al orificio retículoomasal, los animales que consumían forraje presentaban celdas primarias hexagonales, heptagonales y octogonales. En los que consumían concentrado eran hexagonales.

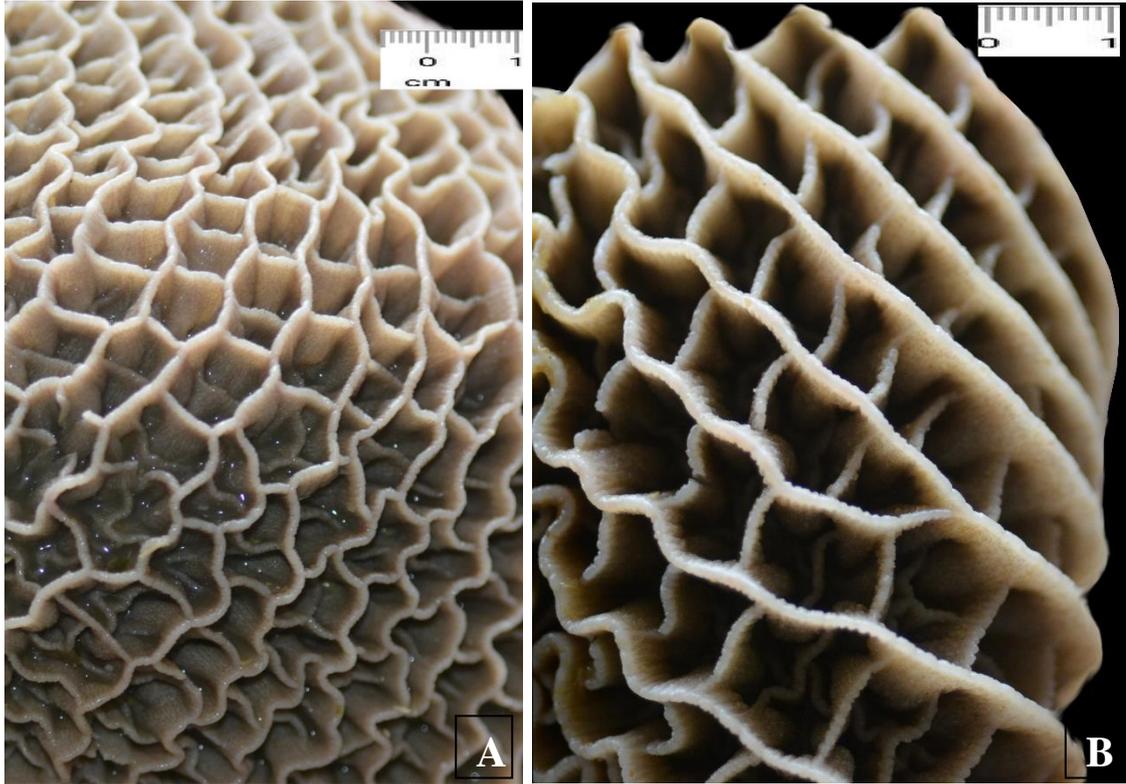


Figura 6. A: Retículo de ternero alimentado con concentrado; B: Retículo de ternero alimentado con forraje.

En ambos grupos el interior de las celdas primarias se subdividía por crestas secundarias, en celdas más pequeñas y de las paredes laterales de estas crestas partían crestas terciarias, aún más bajas, delimitando de esta manera celdas terciarias. El desarrollo de las crestas secundarias y terciarias era mayor en el grupo alimentado con forraje (Fig.7).

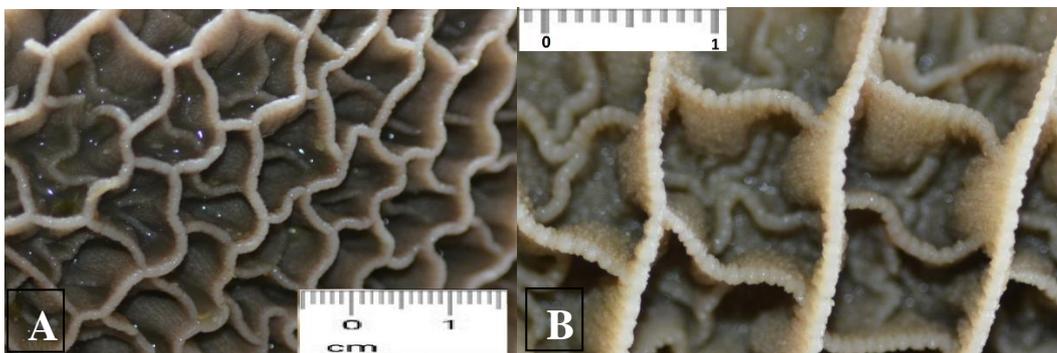


Figura 7. A: Retículo de ternero alimentado con concentrado; B: Retículo de ternero alimentado con forraje.

Todas estas crestas presentaban en su borde libre papilas, y en sus caras papilas más pequeñas. Las papilas del borde libre de las crestas de los animales alimentados con forraje eran más desarrolladas y puntiagudas que las del grupo alimentado con concentrado (Fig.7). En el fondo de las celdas se apreciaban diversos niveles de papilas largas y puntiagudas, también más grandes y en mayor cantidad en el grupo alimentado con forraje (Fig.7).

El surco reticular comenzaba en el cardias y terminaba en el orificio retículo-omasal, más allá del cual se continuaba con el canal omasal (Fig.8). Este surco estaba bordeado por dos labios gruesos y salientes, uno derecho y el otro izquierdo, los cuales no mostraron diferencias significativas entre los dos grupos en lo que respecta a su espesor (Tabla 5).



Figura 8. Retículo de ternero alimentado con concentrado. 1: Surco reticular; 2: Labio reticular; 3: Orificio retículo-omasal.

La mucosa de los labios estaba fuertemente arrugada en el borde libre y sobre las caras externas (Fig.9). En las caras internas y en el fondo del surco, la mucosa era blancuzca, casi lisa, provista de finas crestas longitudinales (Fig.9).

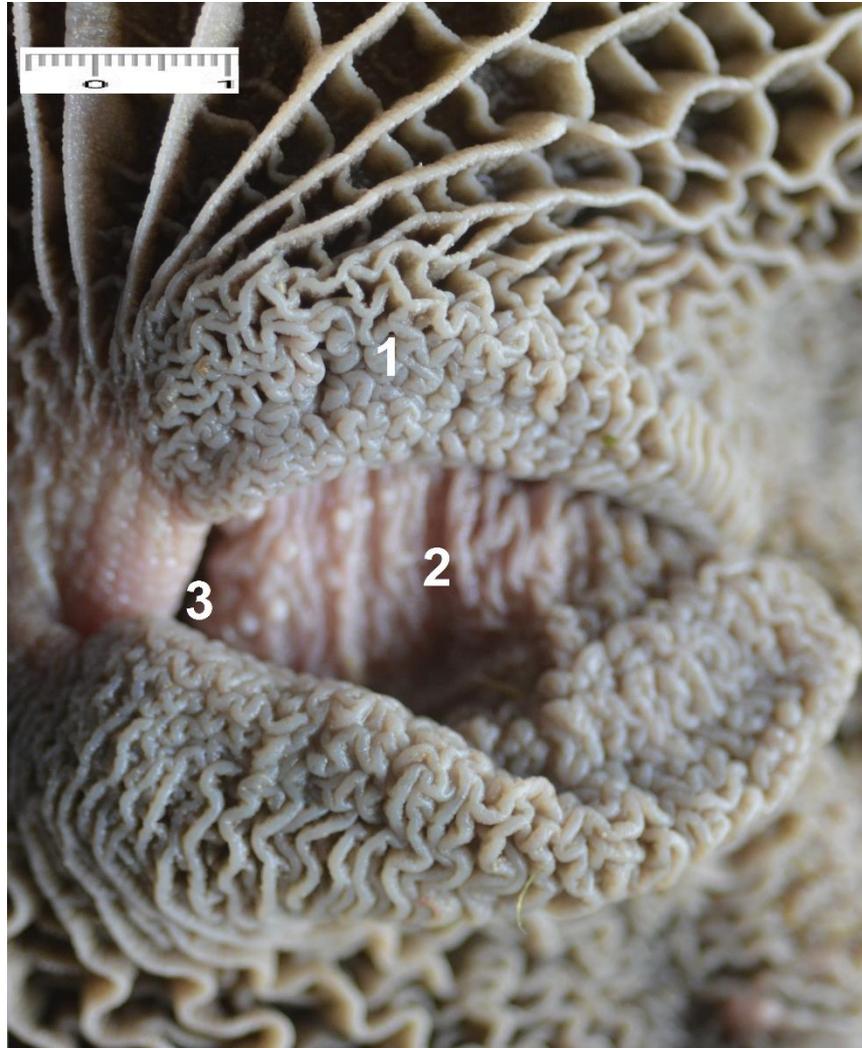


Figura 9. Retículo de ternero alimentado con concentrado. 1: Labio reticular; 2: Surco reticular; 3: Orificio retículo-omasal.

Cerca del orificio retículo-omasal existían algunas papilas cónicas muy queratinizadas, son las papilas unguiculiformes, más desarrolladas en el grupo alimentado con forraje (Fig.10).

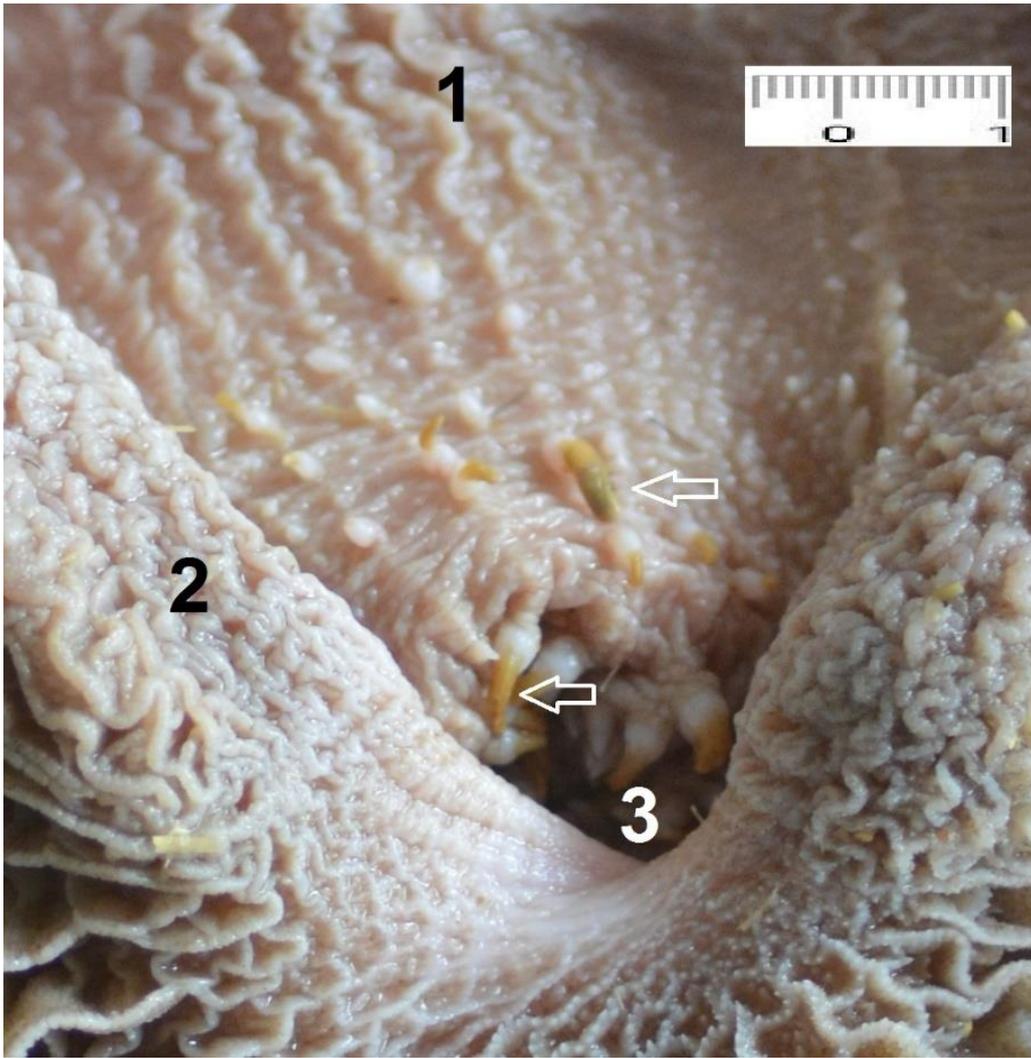


Figura 10. Retículo de ternero alimentado con concentrado. 1: Surco reticular; 2: Labio reticular; 3: Orificio retículo-omasal; Flechas blancas: Papilas unguiculiformes.

Tabla 5. Media y desvío estándar (DS) del peso, altura, largo del retículo y espesor de los labios del surco reticular de terneros Holando de 60 días alimentados con 8 litros de sustituto lácteo por día, agua *ad libitum* y forraje o concentrado *ad libitum*. Resultado del Test de t.

	Forraje (Media ± DS)	Concentrado (Media ± DS)	p	
Peso vivo del ternero antes del sacrificio (Kg)	87,75 (7,66)	91,9 (8,72)		
Peso del retículo lleno (g)	641,89 (96,61)	642,5 (217,4)	0,994	
Altura del retículo (cm)	14,44 (1,94)	14,11 (1,45)	0,686	
Largo del retículo (cm)	17,00 (2)	16,44 (2,46)	0,606	Tab la 6- Med ia y des
Peso del retículo vacío (g)	343,07 (67,85)	349,28 (68,81)	0,931	
Espesor labio derecho del surco reticular (mm)	21,17 (4,67)	24,88 (8,87)	0,373	
Espesor de labio izquierdo del surco reticular (mm)	20,00 (3,16)	21,13 (6,6)	0,708	

vío estándar (DS) de la altura de las crestas reticulares primarias en tres niveles del retículo, de terneros Holando de 60 días alimentados con 8 litros de sustituto lácteo por día, agua *ad libitum* y forraje o concentrado *ad libitum*. Resultado del Test de t.

	Forraje (Media ± DS)	Concentrado (Media ± DS)	p
Altura de las crestas próximo al cardias (cm)	0,41 (0,07)	0,41 (0,04)	1,000
Altura de las crestas en la zona media (cm)	0,64 (0,1)	0,69 (0,13)	0,471
Altura de las crestas próximo al orificio omaso retículo omasal (cm)	0,58 (0,15)	0,53 (0,09)	0,590

10. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Este es el primer trabajo que estudia las características morfológicas del retículo de animales alimentados en la cría con 8 litros de leche por día y concentrado o forraje. La bibliografía encontrada relacionada al retículo y su desarrollo, es sumamente escasa, sobre todo en lo que refiere a los animales domésticos.

El % de peso del retículo era mayor tanto vacío como lleno en los animales alimentado con forraje vs los alimentados con concentrado, lo que podría ser adjudicado a la función de este órgano y probablemente al desarrollo de las paredes del mismo.

El retículo tiene sobre todo una función mecánica, las crestas y las celdas forman un tamiz, que conserva las partículas pesadas o gruesas y deja flotando el resto, las partículas ligeras y el líquido son enviadas al omaso. Las partes retenidas pueden ser enviadas al rumen o devueltas al esófago (Barone, 2009).

Estudios más recientes revelan que la crestas reticulares podrían no tener solo una función mecánica de trampa, sino servir para apoyar las contracciones reticulares y la reducción del lumen (Clauss y col., 2010). Cuando los músculos lisos en la pared del retículo y la túnica muscular se contraen, las crestas reticulares se presionan juntas y ayudan a reducir la luz formando una superficie interna secundaria dentro del retículo, que será más alta, cuanto más altas son las crestas en relajación (Clauss y col., 2010).

En segundo lugar, las crestas primarias y, a veces, las secundarias están equipadas con una cadena de músculo liso en su extremo, la muscular de la mucosa, que sirve para contraer estas crestas (Clauss y col., 2010). La duración de las contracciones reticulares está más relacionada al flujo de la digesta que a los cambios de frecuencia de contracción o las diferencias de presiones generadas durante la misma (Okine y col., 1998).

En las especies ramoneadoras cuyo contenido ruminal puede ser más viscoso y menos fluido que el contenido reticular, el cierre incompleto del lumen permite que el retículo retenga el fluido necesario para separar las partículas. En las especies

pastoreadoras, cuyo contenido ruminal es más estratificado, un cierre más completo del lumen reticular debido al mayor tamaño de las crestas puede ser beneficioso ya que el retículo puede rellenarse rápidamente con contenido ruminal fluido que contiene partículas estratificadas (Clauss y col., 2010).

En términos de composición y grado de estratificación del contenido ruminal, los animales alimentados con sustituto y forraje tienen una dieta comparable con la de los pastoreadores, y los alimentados con concentrado, con los ramoneadores. Entonces conociendo su función, que es mayormente mecánica, tiene lógica que al ser alimentados con forraje, va a ser mayor su tamaño, ya que tuvo que “trabajar” más para clasificar el alimento y así, lograr un mayor desarrollo.

A pesar de no encontrar diferencias significativas en los parámetros cuantitativos evaluados, se observó un mayor peso y desarrollo de las crestas secundarias, terciarias y las papilas, en el grupo alimentado con forraje. Esto podría estar asociado al trabajo de tamiz que realiza este órgano.

11. LIMITACIONES Y PERSPECTIVA

Para poder comparar y obtener los resultados cuantitativos en las diferencias macroscópicas observadas, es necesario realizar microscopía electrónica de barrido de las papilas y crestas secundarias y terciarias. Así como mediciones de la altura de las mismas.

Para poder establecer las diferencias entre el desarrollo del estómago de ambos grupos sería importante conocer el desarrollo del resto de los órganos que lo componen.

12. BIBLIOGRAFÍA

1. Baldwin RL, McLeod KR, Klotz JL, Heitmann, RN (2004) Rumen development, intestinal growth and hepatic metabolism in the pre-and postweaning ruminant. *Journal of Dairy Science*, 87: E55-E65.
2. Barone, R (2009) Anatomie comparée des mammifères domestiques. Splanchnologie I. Appareil digestif, Appareil respiratoire. Francia (París), Vigot Frères, 853 pp.
3. Beharka AA, Nagaraja TG, Morrill JL, Kennedy GA, Klemm RD (1996) Effects of form of the diet on anatomical, microbial, and fermentative development of the rumen of neonatal calves. *Journal of Dairy Science*, 81: 1946–1955.
4. Brown, E. G.; VandeHaar, M. J.; Daniels, K. M.; Liesman, J. S.; Chapin, L. T.; Keisler, D. H.; Nielsen, M. W. (2005a) Effect of increasing energy and protein intake on body growth and carcass composition of heifer calves. *Journal of Dairy Science*, 88(2): 585-594.
5. Brown, E. G.; VandeHaar, M. J.; Daniels, K. M.; Liesman, J. S.; Chapin, L. T.; Forrest, J. W.; Nielsen, M. W. (2005b) Effect of increasing energy and protein intake on mammary development in heifer calves. *Journal of Dairy Science*, 88(2): 595-603.
6. Clauss, M.; Hofmann, R. R.; Streich, W. J.; Fickel, J.; Hummel, J. (2010) Convergence in the macroscopic anatomy of the reticulum in wild ruminant species of different feeding types and a new resulting hypothesis on reticular function. *Journal of Zoology*, 281: 26 - 38.
7. Cozzi, G.; Gottardo, F.; Mattiello, S.; Canali, E.; Scanziani, E.; Verga, M.; Andrighetto, I. (2002) The provision of solid feeds to veal calves: I. Growth performance, forestomach development, and carcass and meat quality. *Journal of Animal Science*, 80: 357-366.
8. De Trinidad S (2014) Alimentación diferencial durante la etapa lactante en terneras Holstein: efectos inmediatos y residuales sobre el crecimiento, desarrollo corporal y pubertad. Tesis de Maestría. Facultad de Veterinaria, Udelar, 63 p.
9. Dyce KM, Sack WO, Wensing CJG (2007) Anatomía veterinaria. Manual Moderno, 3ª ed. México (DF), ED. Manual Moderno, 929 p.

10. von Engelhardt W, Hauffe R (1975) Funktionen des Blattermägens bei kleinen Hauswiederkäuern. IV. Resorption und Sekretion von Elektrolyten. *J. Vet. Med. Ser. A* 22, 363–375.
11. Flatt WP, Warner RG, Loosli JK (1959) Evaluation of several techniques used in the study of developing rumen function. Ithaca, Cornell University, 30 p.
12. Gilliland RL, Bush LJ, Friend JD (1962) Relation of ration composition to rumen development in early-weaned dairy calves with observations on ruminal parakeratosis. *Journal of Dairy Science*, 45:1211–1217.
13. Greer RC, Whitman RW, Staigmiller RB, Anderson DC (1983) Estimating the impact of management decisions on the occurrence of puberty in beef heifers. *Journal of Animal Science*, 56(1): 30-39.
14. Hamada T, Maeda S, Kameoka K (1976) Factors influencing growth of rumen, liver, and other organs in kids weaned from milk replacers to solid foods. *Journal of Dairy Science*, 59:1110–1118.
15. Heinrichs A, Heinrichs B (2011) A prospective study of calf factors affecting first lactation and lifetime milk production and age of cows when removed from the herd. *Journal of Dairy Science* 94 (1): 336-341.
16. Hinders RG, Owen FG (1965) Relation of ruminal parakeratosis development to volatile fatty acid absorption. *Journal of Dairy Science*, 48:1069– 1073.
17. Hofmann RR (1973) *The Ruminant Stomach*. Nairobi: East African Literature Bureau.
18. Hofmann R R (1989) Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive system. *Oecologia*, 78: 443–457.
19. Hofmann RR, Knight MH, Skinner JD (1995) On structural characteristics and morphophysiological adaptation of the springbok (*Antidorcas marsupialis*) digestive system. – *Transactions of the Royal Society of South Africa*, 50: 125– 142.
20. James R (2011). Replacement Management in Cattle: Pre-Ruminant Diets and Weaning Practices. En: Fuquay JM, *Encyclopedia of Dairy Sciences*, 2^{da} ed. Academic Press, Elsevier Science, USA, 396-402.
21. Lagger J (2010) Crecimiento intensivo de cría y recría de vaquillonas, aplicando los principios de bienestar. *Rev Vet Arg*, 27(265): 1-28.

22. Langer P (1988) The mammalian herbivore stomach. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag, 557 pp.
23. Nocek JE, Kesler, E. M. (1980) Growth and Rumen Characteristics of Holstein Steers Fed Pelleted or Conventional Diets. Journal of Dairy Science, 63: 249-254.
24. Nocek JE (1997) Bovine acidosis: Implications on laminitis. Journal of Dairy Science, 80:1005–1028.
25. Okine EK, Mathison GW, Kaske M, Kennelly JJ, Christopherson RJ (1998) Current understanding of the role of the reticulum and reticulo-omasal orifice in the control of digesta passage from the ruminoreticulum of sheep and cattle. Canadian Journal of Animal Science, 78(1): 15-21.
26. Ørskov ER, Benzie D, Kay RNB (1970) The effects of feeding procedure on closure of the oesophageal groove in young sheep. British Journal of Nutrition, 24:785–794.
27. Owens FN, Dubeski P, Hanson CF (1993) Factors that alter the growth and development of ruminants. Journal of Animal Science, 71: 3138-3150.
28. Pérez W, Erdogan S, Ungerfeld R. (2015). Anatomical study of the gastrointestinal tract in free-living Axis deer (*Axis axis*). Anatomia Histologia Embryologia, 44: 43 – 49.
29. Perez W, (2016). Anatomía del aparato digestivo del venado de campo (*Ozotoceros bezoarticus*). Tesis de Doctorado. Facultad de veterinaria, UdelaR, 59 p.
30. Raeth-Knight M, Chester-Jones H, Hayes S, Linn J, Larson R, Ziegler D, Broadwater N (2009). Impact of conventional or intensive mil replacer programs on Holstein heifer performance through six months of age and during first lactation. Journal of Dairy Science 92(2) :799-809
31. Relling AE, Mattioli GA (Ediciones 2002 y 2003). "Fisiología Digestiva y Metabólica de los Rumiantes" UNLP, 72 p.
32. Repetto J.L, Mendoza A, Antúnez G, Cajarville C (2016) Nuevos paradigmas en la Cría y Recría de Hembras lecheras. Jornadas Uruguayas de Buiatría. Paysandú, Uruguay, p 31-41.
33. Rickard MD, Ternouth JH (1965) The effect of the increased dietary volatile fatty acids on the morphological and physiological development of lambs with

- particular reference to the rumen, *Journal of Agricultural Science*, 65:371–382.
34. Sander EG, Warner HN, Harrison HN, Loosli JK (1959) The stimulatory effect of sodium butyrate and sodium propionate on the development of rumen mucosa in the young calf. *Journal of Dairy Science*, 42:1600–1605.
 35. Sauer C, Bertelsen MF, Lund P, Weisbjerg MR, Clauss M (2016). Quantitative macroscopic anatomy of the giraffe (*Giraffa camelopardalis*) digestive tract. – *Anatomia Histologia Embryologia*, 45: 338–349.
 36. Smith RH. (1961) The development and function of the rumen in milk-fed calves. II. Effect of wood shavings in the diet. *Journal of Agricultural Science*, 56:105–113.
 37. Soutto JA, Ubilla D (2015) Efectos del manejo diferencial de la alimentación de terneras Holstein en la etapa lactante sobre la llegada a la pubertad. Tesis de grado. Facultad de Veterinaria, UdelaR, 41 p.
 38. Stobo I J F, , Roy JHB, Gaston HJ (1966) Rumen development in the calf. *British Journal of Nutrition*, 20:171–188.
 39. Suárez BJ, Van Reenen CG, Gerrits WJJ, Stockhofe N, Van Vuuren AM, Dijkstra J (2006) Effects of Supplementing Concentrates Differing in Carbohydrate Composition in Veal Calf Diets: II. Rumen Development¹. *Journal of Dairy Science*, 89: 4376-4386.
 40. Suárez BJ, Van Reenen CG, Stockhofe N, Dijkstra J, Gerrits WJ J (2007) Effect of Roughage Source and Roughage to Concentrate Ratio on Animal Performance and Rumen Development in Veal Calves¹. *Journal of Dairy Science*, 90: 2390-2403.
 41. Tamate H, McGilliard AD, Jacobson NL, Getty R (1962). Effect of various dietaries on the anatomical development of the stomach in the calf. *Journal of Dairy Science*, 45:408–420.
 42. Teixeira AF, Kühnel W, Vives P, Wedel T (2009) Functional morphology of unguiculiform papillae of the reticular groove in the ruminant stomach. *Annals of Anatomy-Anatomischer Anzeiger*, 191: 469-476.
 43. Terré M, Tejero C, Bach A (2009) Long-term effects on heifer performance of enhanced-growth feeding program applied during the preweaning period. *Journal of Dairy Research* 76 (3): 331-339

44. Warner RG, Flatt WP, Loosli JK (1956) Dietary factors influencing the development of the ruminant stomach. *Agricultural and Food Chemistry*: 4: 788–801.
45. Wiltblank J, Gregory K, Swiger L, Ingalls J, Koch R (1966). Effects of Heterosis on Age and Weight at Puberty in Beef Heifers. *Journal of Animal Science* 25: 744-751