

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE VETERINARIA**

**CAMBIOS ANATÓMICOS DEL RUMEN EN TERNEROS HOLANDO  
ALIMENTADOS CON HENO O CONCENTRADO EN LA ETAPA DE LACTANTE  
(CRÍA ACELERADA)**

**“Por”**

Mario LÓPEZ OTEN  
Richard MAS BAZZINO

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**

## PÁGINA DE APROBACIÓN

Tesis aprobada por:

Presidente:

---

Dr. Prof. William Pérez

Segundo miembro:

---

MSc. Dra. Noelia Vazquez

Tercer miembro:

---

Dra. Prof. Cecilia Cajaville

Fecha de aprobación: 04/06/2019

Autores:

---

Mario López Oten

---

Richard Mas Bazzino

## **AGRADECIMIENTOS**

- A nuestra tutora, Dra. Noelia Vázquez por su tiempo, dedicación, compromiso y comprensión en la elaboración del proceso llamado tesis.
- Al Dr. William Pérez, por su colaboración, buena disposición y facilitarnos el material de estudio.
- A la Dra, Dellis Dos Santos por su aporte no menos importante en las herramientas para procesar la información de utilidad en nuestro trabajo.
- A la Facultad de Veterinaria por permitir formarnos como profesionales y personas, generándonos valores que perdurarán a lo largo de nuestras vidas.
- A nuestras familias por el apoyo y aliento constante en todos los ámbitos en el transcurso de este trayecto.
- A nuestros amigos y compañeros, también forjadores de nuestros pequeños logros.
- A INIA, La Estanzuela, por el financiamiento del proyecto.
- A la Dra. Cecilia Cajarville por facilitarnos el uso de las instalaciones del IPAV.

## TABLA DE CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN.....	2
AGRADECIMIENTOS .....	3
1- LISTA DE FIGURAS .....	5
2- LISTA DE TABLAS.....	6
3- RESUMEN.....	7
3.1- SUMMARY .....	8
4- INTRODUCCIÓN .....	9
4.1- Los rumiantes .....	9
4.2- Cría tradicional y cría acelerada .....	12
4.3- El estómago de los rumiantes y los procesos.....	15
5- CARACTERIZACIÓN DEL PROBLEMA .....	20
6- OBJETIVOS.....	21
7- HIPÓTESIS.....	22
8- MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
9- RESULTADOS .....	26
10- DISCUSIÓN.....	35
11- CONCLUSIÓN, LIMITACIONES Y PERSPECTIVAS .....	37
12- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	38

## 1- LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Triángulo trazado con líneas imaginarias en el bovino visto de perfil.....	11
Figura 2. Triángulo trazado con líneas imaginarias en el bovino visto desde arriba .....	11
Figura 3. Triángulo trazado con líneas imaginarias en el bovino visto de frente ...	12
Figura 4. Vista de un corte sagital del estómago de rumiante.....	16
Figura 5. Papilas ruminales de animal con dieta de alta producción de AGVs .....	18
Figura 6. Papilas ruminales de animal con dieta de baja producción de AGVs .....	19
Figura 7. Vista derecha de los estómagos de un ternero alimentado con sustituto lácteo y concentrado .....	26
Figura 8. Vista derecha de los estómagos de un ternero alimentado con sustituto lácteo y forraje .....	27
Figura 9. Papila ruminal.....	28
Figura 10. Pliegues saco dorsal. A) Animal alimentado con concentrado. B) Animal alimentado con forraje .....	28
Figura 11. Pilares del rumen .....	29
Figura 12. Papilas del atrio del rumen. A) Animal alimentado con concentrado. B) Animal alimentado con forraje.....	29
Figura 13. Papilas del saco ciego ventral del rumen. A) Animal alimentado con concentrado. B) Animal alimentado con forraje .....	30
Figura 14. Papilas del saco ventral del rumen. A) Animal alimentado con concentrado. B) Animal alimentado con forraje .....	30
Figura 15. Papilas del saco ciego dorsal del rumen. A) Animal alimentado con concentrado. B) Animal alimentado con forraje .....	31
Figura 16. Papilas de los distintos sacos ruminales de un animal alimentado con concentrado .....	31
Figura 17. Papilas de los distintos sacos ruminales de un animal alimentado con forraje .....	32

## 2- LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Grupos y tratamientos .....	23
Tabla 2. Parámetros a medir .....	24
Tabla 3. Peso del rumen lleno y vacío en ambos grupos .....	33
Tabla 4. Media y DS de la altura de las papilas en las distintas regiones .....	33
Tabla 5. Número de papilas por cm <sup>2</sup> en cada una de las cámaras de ambos grupos .....	34
Tabla 6. Resultados del SEF en cada una de las cámaras de ambos grupos .....	34

### 3 - RESUMEN

Existen dos tipos de crianza artificial basadas en el suministro diario de alimento líquido en terneros, el tradicional o convencional y el intensivo o de crecimiento acelerado. Se conoce que las terneras alimentadas con 8 l de leche obtuvieron mayor peso y mayor desarrollo corporal al momento del desleche, alcanzaron la pubertad a una edad más temprana sin un aumento del depósito de grasas y tuvieron un mejor desarrollo del parénquima mamario. Para comprender el sistema de cría de los terneros Holando, los cuales representan el reemplazo de los futuros reproductores y productores en los establecimientos dedicados a la producción láctea se hace inminente comprender su desarrollo, crecimiento y cambios fisiológicos desde su nacimiento hasta culminado la etapa de cría. 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 del rumen. Permittiéndonos conocer cuál de ellas genera un mayor desarrollo de las papilas, aumentando la superficie de intercambio y absorción de nutrientes y AGV (ácidos grasos volátiles), lo que se refleja en una mejor adaptación a la vida de rumiante mejorando el desempeño de los mismos. Es el primer trabajo que evalúa el desarrollo morfológico del rumen en la etapa de cría, en terneros alimentados con altos volúmenes de lácteos y dos dietas diferentes. El ensayo experimental se realizó en el Instituto de Producción Animal Veterinaria ubicado en ruta 1 Km 42, Libertad, San José. Se utilizaron 20 terneros machos, recién nacidos, de la raza Holando. Se dividieron al azar en 2 grupos de 10 animales cada uno. Los animales 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 le fue administrado alimento balanceado iniciador comercial *ad libitum* desde el inicio del ensayo hasta el desleche (56-60 días de vida). El método de estudio de los animales fue la disección simple o con el uso de microscopio estereoscópico binocular. Las medidas anatómicas se tomaron siguiendo los procedimientos estándar para los rumiantes. Durante la etapa de cría, los terneros alimentados con concentrado desarrollaron un mayor número de papilas y un mayor SEF (surface enlargement factor) en las distintas cámaras del rumen. Lo que podría determinar que al momento de la recría, la absorción de los AGV y la utilización eficiente del alimento sea mejor en estos animales. A pesar del mayor consumo de leche y la menor ingesta de sólidos, en el período estudiado se apreciaron diferencias significativas en el desarrollo del rumen de ambos grupos.

### 3.1 SUMMARY

This is the first work that evaluates the morphological development of the rumen in the breeding stage, in calves fed with high volumes of milk and two different diets. There are two types of artificial breeding based on the daily supply of milk in calves, the traditional or conventional and the intensive or accelerated growth one. It is known that calves fed 8 liters of milk obtained greater weight and greater body development at the time of weaning, reached puberty at an earlier age without an increase in fat deposits and had a better development of the mammary parenchyma. To understand the breeding system of Holstein calves, which represents the replacement of future breeders and producers in establishments dedicated to dairy production, it is important to understand their development, growth and physiological changes from birth to the end of the breeding stage. The objective of the present study was to determine the effect of two diets based on a milk substitute with the inclusion of concentrate and forage on the development of the rumen. This allows us to know which of them generates greater development of the papillae, increasing the area of exchange and absorption of nutrients and VFA (volatile fatty acids), which is reflected in a better adaptation to the life of ruminants improving the performance of them. The experimental part was carried out in the Instituto de Producción Animal located in route 1 Km 42, Libertad, San José, Uruguay. Twenty male calves, newborns, of Holstein breed were used. They were randomly divided into 2 groups of 10 animals each. The animals were fed a high quality commercial milk substitute, supplied at 20% body weight. Alfalfa hay *ad libitum* was added to a group, the other group was given balanced feed starter commercial *ad libitum* from the beginning to the weaning (56-60 days of life). The method of study of the animals was simple dissection or with the use of binocular stereomicroscope. The anatomical measurements were taken following the standard procedures for ruminants. During the breeding stage, the calves fed with concentrate developed a greater number of papillae and a higher SEF (surface enlargement factor) in the different chambers of the rumen. This could determine that at the time of rearing, the absorption of the VFA and the efficient use of the food is better in these animals. In spite of the higher consumption of milk and the lower intake of solids, significant differences in the rumen development of both groups were observed in the period studied.

## 4- INTRODUCCIÓN

### 4.1- Los rumiantes

Los rumiantes se corresponden con el orden de los cetartiodáctilos, con una evolución que data de 50 millones de años (Vrba y Schaller, 2000), siendo una especie con variaciones ecomorfológicas marcadas debido a su inminente adaptación a diversidad de ecosistemas, lo que le ha permitido distribuirse por todos los continentes con excepción de Antártida y Oceanía. Viven en bosques, desiertos y llanuras, entre otros. Dependiendo del ecosistema al que pertenecen, los rumiantes pueden ser ramoneadores, pastoreadores o mixtos (Roberts, 1996; Nieto, 1998; Berger y Gompper, 1999; Brashares y col., 2000; Blob y LaBarbera, 2001; Christiansen, 2002; Bro-Jorgensen, 2008).

El orden cetartiodáctila incluye los sub órdenes Tylopoda (Camellos y llamas), Suiformes (cerdos y pecaríes), Hippopotamidae (Hipopótamos), Cetácea y Rumimantia, el cual se diferencia de los otros por su mecanismo de locomoción y dieta, presentando los representantes actuales del sub orden, un estómago con cuatro cámaras que les permite realizar el proceso de la rumia, molares con cuatro cúspides incurvadas en forma de media luna, incisivos superiores que se han perdido con la evolución o de existir son vestigiales, mientras que los caninos inferiores son incisiviformes con forma espatulada. Sufriendo modificaciones en la anatomía de sus miembros tales como la fusión del navicular y el cuboides, que dio origen al cubonavicular, fusión y mayor longitud del 3er y 4o metacarpiano-tarsiano mientras que el 1º, 2º y 5º se redujeron, de igual forma que lo hizo la ulna y fíbula (Marcot, 2007; Agnarsson y May-Collado, 2008; Geisler y Theodor, 2009).

Dentro de la familia Bóvidos, sub familia Bovinos, género Bos están comprendidos el bisonte, búfalo, cebú y la vaca doméstica. Los cuales tienen sus orígenes en Europa y Asia durante el neolítico, en dos antecesores: Bos Índicus y Bos Taurus. El primero refiere a los bovinos con joroba, adaptados a climas tropicales y húmedos, de baja precocidad sexual y fertilidad, con alta resistencia a los endo y ecto parásitos, el rendimiento de la res es bueno aunque la calidad carnicera es regular, encontramos al cebú con su origen en India y África, así como el Brahman cuyo origen es en Estados Unidos de América, representados por las razas Nelore y Brahman. Mientras que el segundo (*Bos Taurus*) tiene origen

europeo descendiendo del Uro (*Bos primigenius*) y del Celtic Shorthorn (*Bos longifrons*). Este género está representado por razas tales como las criollas de diferentes regiones, producto de una evolución en estado salvaje y selección natural luego de su llegada por medio de los conquistadores, como también las razas comprendidas en el biotipo Continental: Charolaise, Limousin, Pardo Suizo y Simmental. Presentando estas razas gran desarrollo corporal, con buena calidad carnicera y rendimiento de la res, adaptadas a climas templados; las correspondientes al biotipo Británico: Aberdeen Angus, Hereford y Shorthorn. Estos biotipos presentan alta fertilidad y mayor precocidad sexual, buena calidad carnicera, con rendimiento de res bueno; y la raza Holstein Fresian y Jersey de biotipo lechero (Zeballos, s.f).

En cuanto al biotipo lechero es caracterizado por ser un animal longilíneo (clasif. de Barón), con gran desarrollo del miembro posterior, ubre con buena conformación y bien constituida, desarrollo muscular escaso, representado esquemáticamente por tres triángulos, uno de perfil donde se trazan dos líneas, trazadas en los límites del individuo donde se observan que las mismas no son paralelas (figura 1). Otro triángulo se observa visto el animal desde arriba, donde las líneas parten de la tuberosidad coxal pasando por la espalda (figura 2). Un tercer triángulo lo observamos con el animal visto de frente, trazando las líneas imaginarias tangenciales a la espalda, donde su prolongación se tiende a unir en la región interescapular (figura 3).

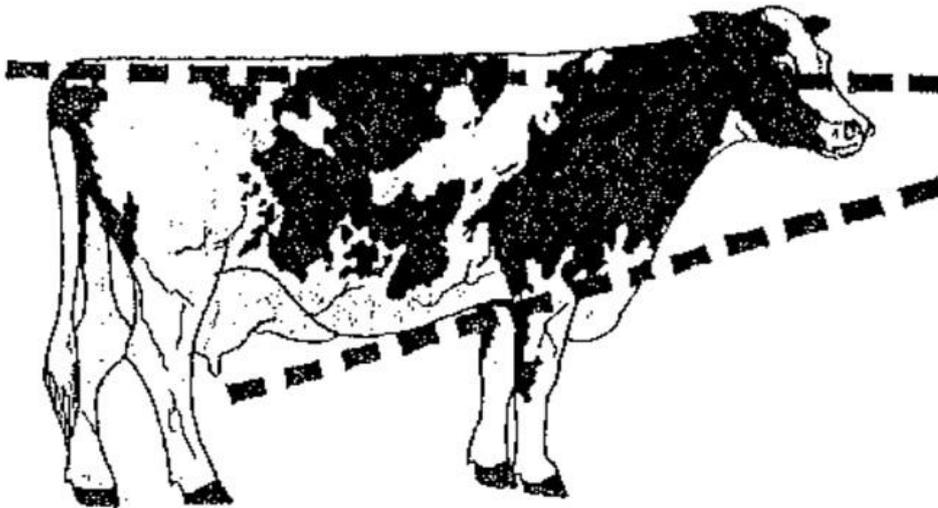


Figura 1. Triángulo trazado con líneas imaginarias en el bovino visto de perfil. Tomada de UNNE. FCV. Facultad de Ciencias Veterinarias. 2014. Introducción a la producción animal.

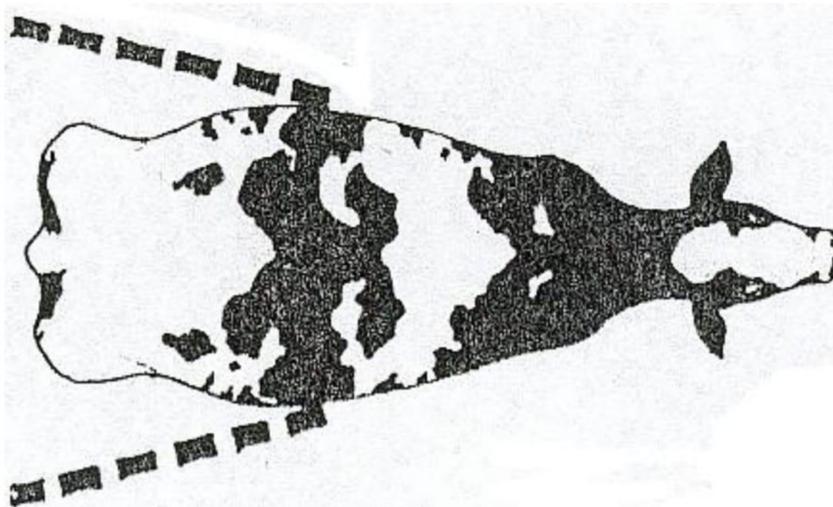


Figura 2. Triángulo trazado con líneas imaginarias en el bovino visto desde arriba. Tomada de UNNE. FCV. Facultad de Ciencias Veterinarias. 2014. Introducción a la producción animal.

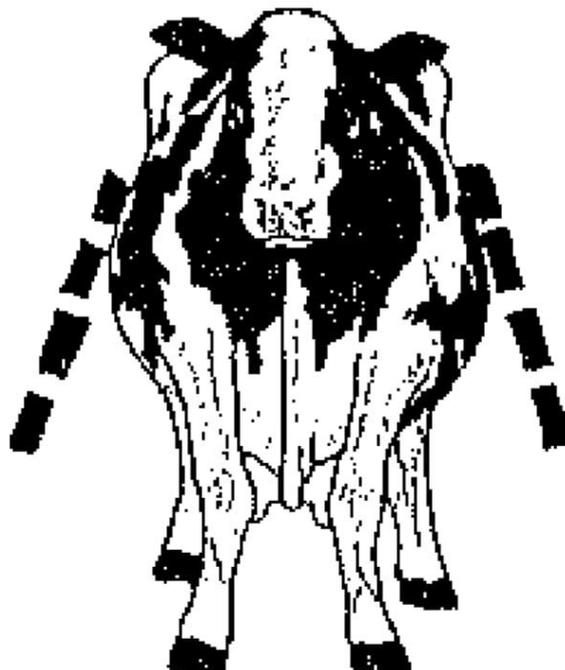


Figura 3. Triángulo trazado con líneas imaginarias en el bovino visto de frente. Tomada de UNNE. FCV. Facultad de Ciencias Veterinarias. 2014. Introducción a la producción animal.

La raza lechera Holstein- Fresian tiene su origen en el norte de Holanda, siendo de las razas explotadas más antiguas (más de 2000 años) y principal productora de leche. Tienen un peso vivo al nacer de 40-45 kg con una leve variación según su sexo (macho o hembra) mientras que de adulto varía entre 580 a 650 kg en hembras y en los machos entre 1000 a 1200 kg, con una producción de 10000 a 12000 kg/ lactancia donde el promedio de grasa en la leche, típico para la raza es del 3,6 % (Torres, 2003; Escalona, 2011).

#### **4.2- Cría tradicional y cría acelerada.**

Para comprender el sistema de cría de los terneros Holando, los cuales representan el reemplazo de los futuros reproductores y productores en los establecimientos dedicados a la producción láctea, se hace inminente comprender su desarrollo, crecimiento y cambios fisiológicos desde su nacimiento hasta culminado la etapa de cría. La cual podemos describir en tres etapas de desarrollo (Davis y Drackley, 2001):

- Etapa de pre rumiante: el único órgano funcional en esta etapa es el abomaso, dado por el uso de alimentos lácteos o lacto reemplazantes líquidos los cuales al ingresar en esta cámara dan origen a la

formación del cuajo por la acción de las enzimas (renina y pepsina) que coagulan la caseína junto con el ácido clorhídrico. La grasa de la leche, minerales y agua quedan atrapados en el cuajo, siendo retenidos en el abomaso para su digestión. La lactosa, algunos minerales y proteínas se separan del cuajo y son absorbidos en el intestino delgado. Brindando junto con la grasa y la caseína la energía requerida por el ternero (Wattiaux, 1994). Esta etapa se extiende desde el nacimiento hasta las 2 a 3 semanas de vida, el cual puede extenderse hasta que el ternero comienza el consumo de alimento sólido (Garzón, 2006 citado por Chávez y Rivera, 2013). Existiendo la limitante para el consumo del mismo del gran volumen de ingesta láctea por parte del ternero que le brinda la sensación de saciedad, disminuyendo el consumo de la dieta sólida por falta de estímulo hacia el mismo (Annon, 2007). La totalidad de los requerimientos nutricionales son suplidos por la leche, ya que son digeridos por métodos enzimáticos y no fermentativos. Debido a esto, los divertículos estomacales no son funcionales en esta etapa, pasando el alimento desde el esófago al abomaso por el surco gástrico (pliegue muscular; Relling y Mattioli, 2002 y 2003).

- Etapa de transición: comienza con el inicio en el consumo de alimentos sólidos, donde se inicia la fermentación ruminal por la flora microbiana con la consecuente producción de AGV (Ácidos Grasos volátiles) que con el efecto físico de la dieta son responsables del desarrollo del rumen, constituyendo junto al abomaso los órganos digestivos involucrados en esta etapa, dado que aún ingiere alimento líquido. Culminando esta etapa con el cese del suministro de alimento líquido (Garzón, 2006 citado por Chávez y Rivera, 2013; Relling y Mattioli, 2002 y 2003).
- Etapa de rumiante: tiene su inicio al desleche y se continúa durante la vida del animal. La fuente de alimentos es sólida y cumple un rol fundamental el consumo de agua para el éxito de los procesos digestivos ruminales. El órgano funcional en esta etapa es el rumen, representando el órgano de mayor volumen del tracto digestivo,

donde se producen grandes cantidades de AGV y proteínas microbianas, de donde se obtiene gran cantidad de la energía y nutrientes necesarios, aunque no todos, ya que una mínima parte continua y es absorbido en el intestino delgado (Garzón, 2006 citado por Chávez y Rivera, 2013).

La alimentación del neonato inicia con la pronta ingesta de calostro, donde debe aportarse el equivalente al 10 % del PV (Peso vivo) o sea 4 litros, correspondiéndose con el primer ordeño de la vaca parida, a lo sumo el segundo en busca de buena calidad del mismo, siendo la misma entre las 3 y 6 hs de nacido y antes de las 12hs (Bobadilla, 2013).

Existen dos tipos de crianza artificial basadas en el suministro diario de alimento líquido en terneros, el tradicional o convencional y el intensivo o de crecimiento acelerado. El objetivo de la cría artificial de forma tradicional fue económico, tratando de administrar la menor cantidad posible de leche entera o sustituto lácteo tanto como sea posible sin alterar la salud de los terneros, suministrando una cantidad del 8-10% de PV (4 litros diarios) en dos tomas, donde se le agrega un concentrado iniciador desde los primeros días de vida, en el orden del 0,2 a 0,25 % de PV hasta alcanzar un consumo de 1 kg de alimento diario durante 3 días, donde se realiza el desleche, periodo que dura unos 60 días con ganancias diarias promedio de 450gr (Lagger, 2010). Estos alimentos iniciadores son cruciales para iniciar el desarrollo del rumen, así como permitir un destete temprano, por lo que es de suma importancia que sea de buena palatabilidad, con un buen peletizado y contenga un 18 % de proteína cruda y 80 % de TDN (Nutrientes digeribles totales) en base seca (Quigley, 1997.b).

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., 2005a; Brown y col., 2005b).

#### **4.3- El estómago de los rumiantes y los procesos digestivos**

En los sistemas de cría de los terneros es muy utilizado el suministro de forrajes con el fin de promover el desarrollo ruminal, mediante la producción de AGV, resultando en un aumento del crecimiento de la capa muscular de éste y ayudando a mantener la salud del epitelio, evitando la formación de queratina en las papilas y aumentando el desarrollo de las mismas. Al ofrecer heno y concentrado a los animales, ellos consumen preferentemente este último, por lo que se busca comenzar a brindárselo a las 6-7 semanas de vida, próximo al desleche, donde se hace muy importante su ingesta (Quigley, 1997.a).

El uso de los distintos tipos de dieta está determinado por la posibilidad de degradar los hidratos de carbono como celulosa, hemicelulosa y pectina presentes en el forraje, relacionado con los cambios anatómicos y fisiológicos que ocurren durante la transición entre las diferentes etapas de los rumiantes, los cuales constan de un sistema digestivo particular con 4 cámaras (pre ventrículos): Retículo, Rumen, Omaso y Abomaso. En la figura 4 se visualizan estos pre ventrículos con un corte sagital, observándose desde el lado derecho del animal, en el cual se indica la dirección que toma el alimento al llegar a éstos por el esófago durante la digestión y la rumia. La degradación del alimento se lleva a cabo en su mayoría por medio de la digestión fermentativa realizados por diferentes tipos de micro organismos que coexisten dentro del rumen (Arias, 1982; Relling y Mattioli, 2002 y 2003).

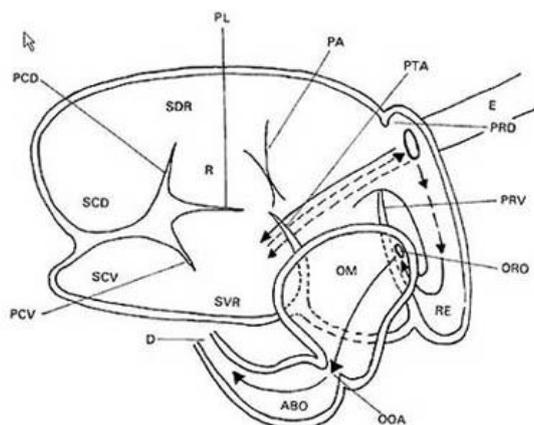


Figura 4: Vista de un corte sagital del estómago de rumiante. Tomado de Arias, 1982.

ABO: abomaso; D.: duodeno; E: esófago; OM: omaso; OOA: orificio omaso-abomasal; ORO: orificio retículo omasal; PA: pilar craneal; PCD: pilar coronario dorsal; PM: pilar coronario ventral; PL: pilar longitudinal; PRD: pilar reticular dorsal; PRV: pilar reticular ventral; PTA: pilar craneal; R: rumen; RE: retículo; SCD: saco ciego dorsal; SCV: saco ciego ventral; SDR: saco ruminal dorsal; SVR: saco ruminal ventral; →: dirección del alimento durante ingestión y pasaje; - - →: dirección de la digesta durante la rumia.

El compartimiento craneal es el retículo, separado del rumen por el pliegue ruminoreticular, en su parte dorsal se comunica con el esófago a través del cardias y con el omaso por medio del orificio retículo omasal, lugares desde donde transcurren pliegues que demarcan un surco denominado surco reticular. La mucosa que recubre a éste órgano está dispuesta en forma de panal de abeja, pero están elevadas en crestas que se anastomosan para delimitar celdas poligonales (Arias, 1982).

El omaso es un compartimento ubicado hacia la derecha del retículo-rumen, comunicándose mediante el orificio retículo-omasal con éstos y con el abomaso por medio del orificio omaso-abomasal. Presenta un gran número de láminas, proyectadas desde el ángulo mayor hacia el piso de la víscera, las cuales están recubiertas por papilas queratinizadas (Arias, 1982; Relling y Mattioli, 2002 y 2003).

La parte glandular del estómago de los rumiantes es el abomaso, un órgano tubular, localizado ventromedial al rumen y comunica el omaso con el duodeno, su mucosa presenta pliegues longitudinales oblicuos. El epitelio presenta células secretoras de ácido clorhídrico, pepsina y mucus (Arias, 1982; Relling y Mattioli, 2002 y 2003).

De los compartimentos digestivos del rumiante, el rumen es el que representa mayor tamaño (el 90%) del estómago siendo una formación sacular que presenta dos caras, dos curvaturas y dos extremidades. La cara parietal es convexa,

contactando con el diafragma, bazo, piso del abdomen y pared abdominal izquierda; mientras que la cara visceral se encuentra contactando con el hígado, intestino, páncreas, riñón y útero. Externamente presenta 4 surcos, dos longitudinales (izquierdo y derecho) y dos transversales (craneal y caudal) que delimitan dos sacos: el saco dorsal y el saco ventral, los cuales son divididos por el surco transversal craneal en atrio y receso (saco ciego ventral craneal) ruminal, y el surco transversal caudal delimita los sacos ciegos caudodorsal y caudoventral. Dentro de los surcos se alojan vasos sanguíneos, linfáticos, nódulos linfáticos, nervios y grasa propios del sistema digestivo (Contreras y Noro, 2010)

Los procesos fermentativos dentro del rumen se llevan a cabo por medio de los microorganismos (bacterias, hongos y protozoarios) presentes en éste, debiendo mantenerse un ambiente que permita el crecimiento y multiplicación de los microorganismos, con la elaboración de productos finales aprovechados por el animal, como son los AGVs, proteínas bacterianas, aminoácidos esenciales y no esenciales, así como vitaminas hidrosolubles. Tienen la capacidad también de inactivar sustancias tóxicas para el animal, como son los nitritos, fitoestrógenos y toxinas vegetales o de hongos, por lo que la relación de simbiosis entre el animal y la flora ruminal es fundamental para la vida de ambos (Contreras y Noro, 2010).

En la figura 5 y 6 (García y González, 1980) se observa el epitelio escamoso estratificado del rumen (papilas ruminales), que conforman el principal sitio de absorción de los productos finales de la fermentación ruminal, el cual con el comienzo de la ingesta de alimentos sólidos sufre modificaciones, principalmente hiperplasia de las células epiteliales, más que por hipertrofia o hiperfunción de ellas. La tasa de mitosis de dichas células es estimulada por la formación de los AGVs (acético, propiónico y butírico), lo cual está directamente relacionado con la calidad del alimento ofrecido (kg de materia seca). Éstos cumplen un rol fundamental en la funcionalidad celular, el butírico estimula la absorción rápida al ser el principal promotor de la mitosis; el propionato es un ácido gluconeogénico promotor de la síntesis proteica; y el acetato proporciona la energía necesaria para mantener estable el requerimiento y multiplicación celular. Otro factor que determina el desarrollo del epitelio es el tamaño de partícula del alimento proporcionado, lo que tiene un efecto físico sobre el mismo (García y González, 1980).

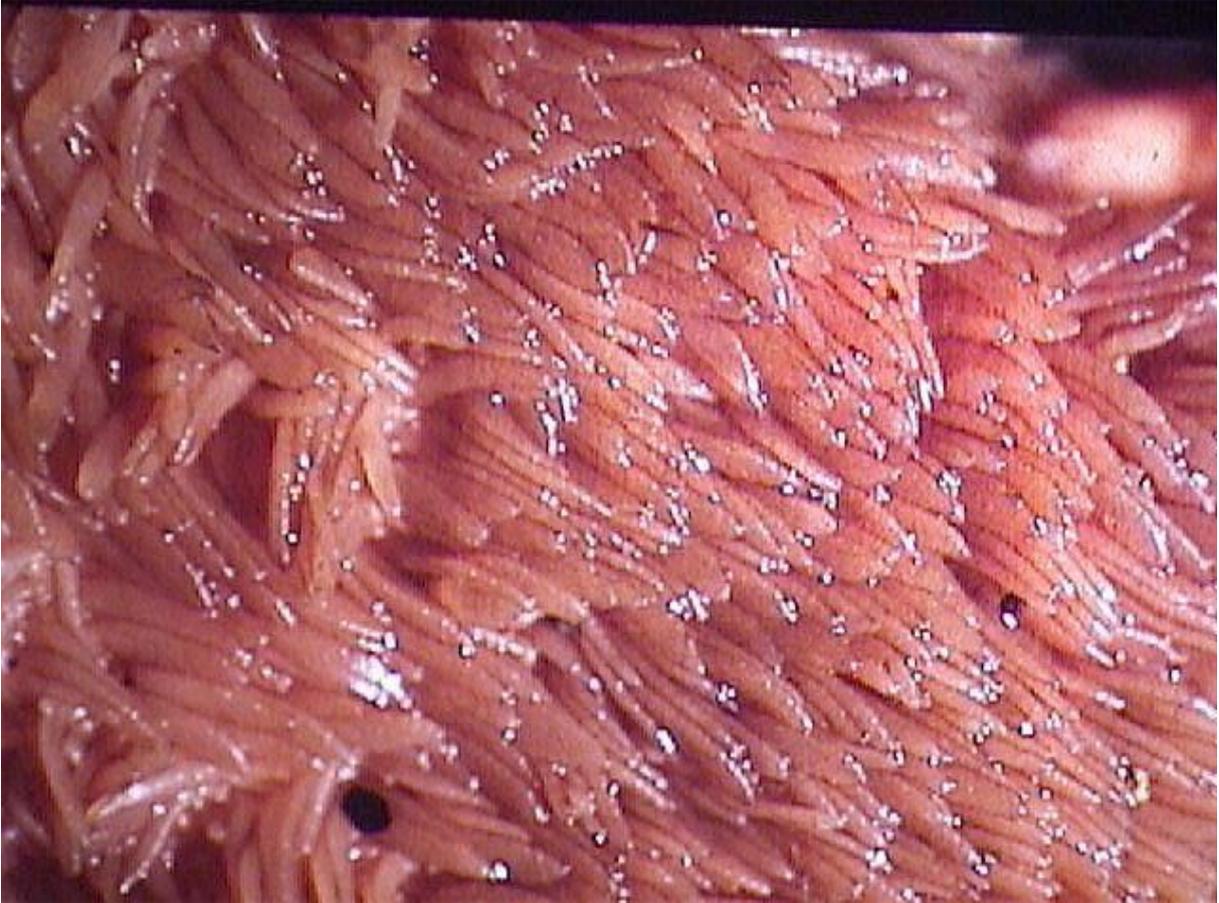


Figura 5. Papilas ruminales de animal con dieta de alta producción de AGVs tomado de Relling y Mattioli, 2002 y 2003.



Figura 6. Papilas ruminales de animal con dieta de baja producción de AGVs.. Tomado de Relling y Mattioli, 2002 y 2003.

## **5- CARACTERIZACIÓN DEL PROBLEMA**

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

Las terneras alimentadas con 8 l de leche diario en la etapa de cría obtuvieron mayor peso y mayor desarrollo corporal al momento del desleche, que las alimentadas con 4 l (De Trinidad y col., 2014). Este tipo de cría permite también que alcancen la pubertad a una edad más temprana sin un aumento del depósito de grasas (Brown y col., 2005a) y un mejor desarrollo del parénquima mamario (Brown y col. 2005b).

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.

El objetivo del presente experimento fue determinar el efecto de dos dietas basadas en sustituto lácteo, con la inclusión de concentrado o forraje, sobre el desarrollo del rumen. Esto nos permite conocer cuál de ellas genera un mayor desarrollo de las papilas, aumentando la superficie de intercambio y absorción de nutrientes y AGV, lo que se refleja en una mejor adaptación a la vida de rumiante mejorando el desempeño de los mismos.

## **6- OBJETIVOS**

### **Objetivo General:**

Determinar el efecto de dos dietas basadas en sustituto lácteo (una con la inclusión de concentrado y otra con la adición de forraje de buena calidad) sobre el desarrollo morfológico del rumen.

### **Objetivos Particulares:**

- 1- Estudiar macroscópicamente la anatomía de la mucosa ruminal.
- 2- Evaluar el volumen ruminal en ambas dietas.
- 3- Medir la densidad, altura y ancho de las papilas ruminales.
- 4- Realizar comparaciones entre los registros morfofisiológicos obtenidos entre los dos grupos de tratamiento.

## **7- HIPÓTESIS**

El desarrollo de las papilas será mayor en los terneros Holando alimentados con sustituto lácteo de alta calidad y concentrado, que el de aquellos alimentados con el mismo sustituto y forraje.

## 8- MATERIALES Y MÉTODOS

### Animales

El ensayo experimental se realizó en el campo experimental n° 2 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 2x1 metros, estando todos en las mismas condiciones sanitarias y ambientales (Quigley, 1997.b). Se dividieron al azar en 2 grupos de 10 animales cada uno (tabla 1). Los animales 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 le fue administrado 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.

Grupo	Alimentación
A	Sustituto lácteo + Concentrado
B	Sustituto lácteo + Forraje

Tabla 1. Grupos y tratamientos.

### Métodos de estudio

El método de estudio de los animales fue la disección simple o con el uso de microscopio estereoscópico binocular. 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 fueron realizadas por el mismo investigador.

### Rumen

Se liberó el rumen de todo el peritoneo y se procedió a pesarlo lleno y vacío. Para tomar el peso vacío, se quitó manualmente todo el contenido, se enjuagó el órgano con agua corriente y se dejó escurrir, colgado, durante 10 minutos.

Se realizaron las mediciones indicadas en la tabla 2. Se procedió a tomar muestras de unos 3cm<sup>2</sup> correspondientes al saco dorsal, ventral, atrio, receso, saco

ciego caudo dorsal (SCCD) y saco ciego caudo ventral (SCCV). Las mismas fueron colocadas en recipientes con solución de formalina al 10%. Estas muestras fueron utilizadas para el cálculo del SEF (surface enlargement factor). Se determinó el SEF de piezas de 1 cm<sup>2</sup> de cada región contando las papilas, midiendo su altura y ancho (utilizando las 10 más representativas para calcular la media).  $SEF = [(número\ de\ papilas \times altura \times ancho \times 2) + área\ basal\ en\ cm^2] / área\ basal\ en\ cm^2$ . Dorsalmente el SEF es a menudo 1 si no hay papilas.

Parámetro	Unidad
Peso lleno del Rumen	En kg
Altura del rumen	Línea recta, en cm
Largo del saco dorsal (cardias a saco ciego CD),	Línea recta, en cm
Largo del saco dorsal (receso a saco ciego CV),	Línea recta, en cm
Distancia cardias – saco ciego CV	Línea recta, en cm
Longitud máxima de las papilas ruminales	En mm
Ancho de las papilas ruminales	En mm
SEF (surface enlargement factor)	

Tabla 2. Parámetros a medir.

### **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>

## **Eutanasia**

Luego de mantener los animales en las condiciones experimentales del grupo al que pertenecen, se procedió a la eutanasia. La misma se realizó 2 hs 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 . La faena fue predial. Es un método aprobado por la Comisión Honoraria de Experimentación Animal (Protocolo N°685) .

## **Equipamiento, infraestructura y recursos materiales.**

En lo que refiere a las actividades de índole experimental, se llevaron a cabo principalmente en el Instituto de Producción Animal que dispone la Facultad de Veterinaria sobre Ruta 1 Km. 42. Dichas instalaciones están destinadas al trabajo en las áreas Bovinos, Ovinos, Caprinos y Lanas, Animales de Granja y Reproducción animal, entre otras. Se cuenta con seis laboratorios especializados para la investigación y la enseñanza en esas áreas, además de oficinas, biblioteca y campo experimental que incluye instalaciones para la cría de ganado lechero. El IPAV cuenta con laboratorios completos de análisis de alimentos y alimentación. Por otra parte, en el IPAV se cuenta con instalaciones de experimentación con animales vivos y personal entrenado para tal fin, que reúnen todas las características necesarias para trabajar con animales en condiciones controladas, en forma individual, siguiendo las pautas de bienestar y cuidado de los animales requeridas por la Comisión Nacional de Experimentación Animal.

El Área de Anatomía de la Facultad de Veterinaria cuenta con 4 freezers, una cámara de frío y un laboratorio de disección. En el mismo se cuenta con balanza de mano, balanza de precisión, formol, acetona, lupas y cámara fotográfica. Se cuenta con vehículos de la Facultad de Veterinaria para el traslado de las muestras y el personal.

## 9- RESULTADOS

El rumen era la mayor de las 4 cámaras (Figura 7 y figura 8). El peso del rumen está representado en la tabla 3. El peso vacío del rumen en los animales del grupo A tuvo una media de 1,99 Kg, mientras que el del grupo B fue más bajo (1,54 Kg). Siendo la diferencia significativa ( $p < 0,05$ ). El porcentaje de peso corporal que representaba el rumen lleno en el grupo A fue de 10,57, mientras que en el B fue de 10,93. Con respecto al peso corporal que representaba el rumen vacío, en el grupo A fue de 2,18 y en el B de 1,76. En ambos datos la diferencia no fue significativa para un  $p < .05$ . La altura medida del saco ventral al saco dorsal en el grupo A fue de 42,6cm  $\pm$ 3,69 mientras que en el B fue de 40,3 cm ( $\pm$ 5,08) (siendo la diferencia no significativa para  $p < 0,05$ ).

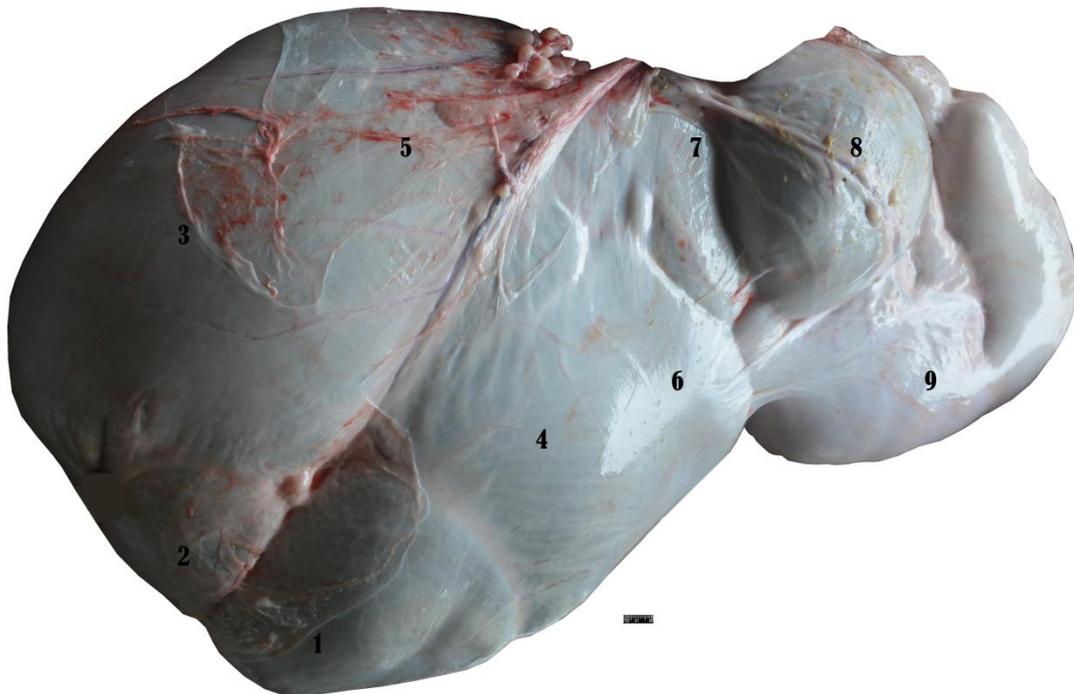


Figura 7. Vista derecha del estómago de un ternero alimentado con sustituto lácteo y concentrado. 1: Saco ciego ventral del rumen; 2: Saco ciego dorsal del rumen; 3: Saco dorsal del rumen; 4: Saco ventral del rumen; 5: Atrio ruminal; 6: Receso ruminal; 7: Retículo; 8: Omaso; 9: Abomaso.

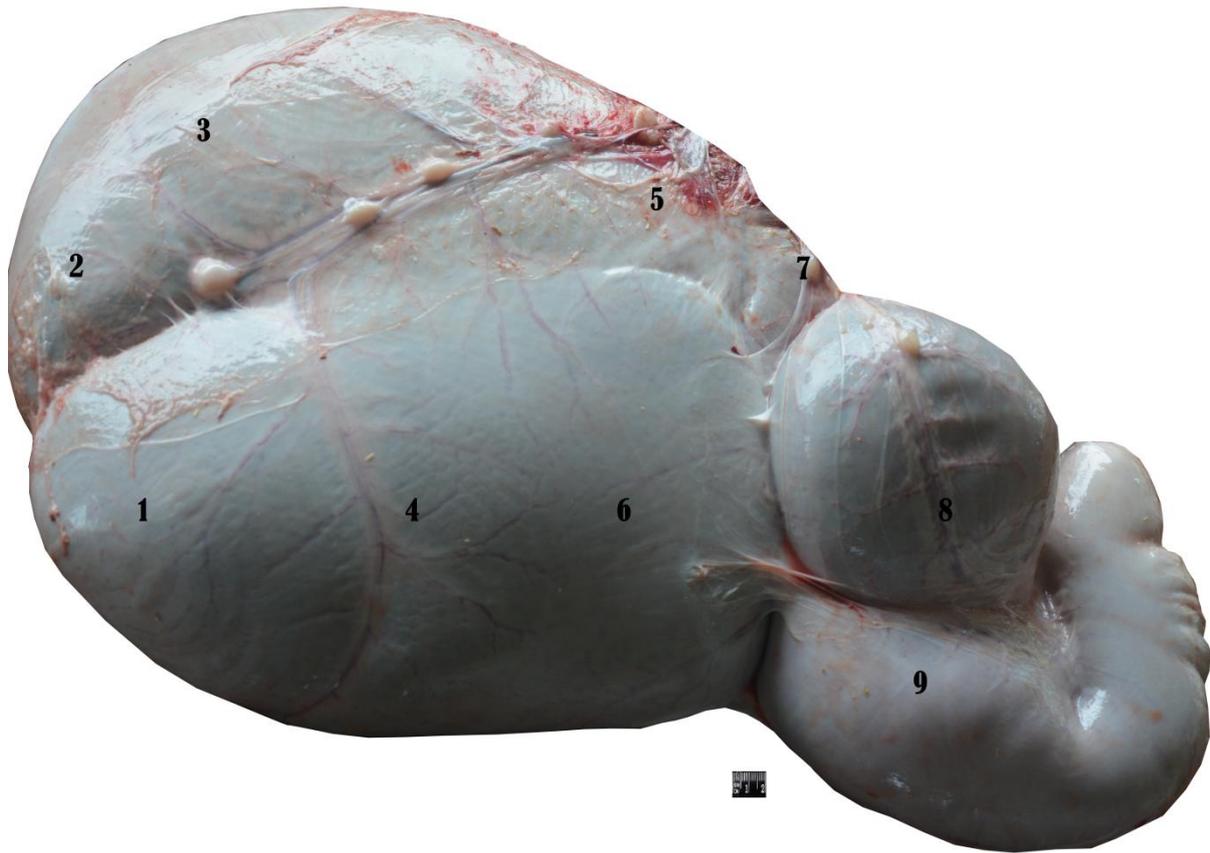


Figura 8. Vista derecha del estómago de un ternero alimentado con sustituto lácteo y forraje. 1: Saco ciego ventral del rumen; 2: Saco ciego dorsal del rumen; 3: Saco dorsal del rumen; 4: Saco ventral del rumen; 5: Atrio ruminal; 6: Receso ruminal; 7: Reticulo; 8: Omaso; 9: Abomaso.

La mucosa ruminal de todos los animales estaba cubierta con las típicas papilas, excepto en los pilares y el saco dorsal (Figura 10). Las papilas tenían formas variables y eran de dos tipos, filiformes y foliadas. Eran mucho menos numerosas y menos desarrolladas en el saco dorsal y en el techo se reducían a simples tubérculos. Cada papila estaba constituida de una lámina de tejido conjuntivo de la propia mucosa, revestida por el epitelio y poseía en sus caras y bordes pequeñas papilas secundarias y adelomorfias (Figura 9).



Figura 9. Papila ruminal.

A nivel de los pilares, la mucosa del rumen era áspera, plisada y arrugada (Figura 11). En otros lugares las papilas eran, al contrario, abundantes. Eran particularmente abundantes y altas en el atrio de los animales del grupo A (Figura 12), disminuyendo su altura hacia los sacos ciegos (Figura 13 y figura 15). En los animales del grupo B la altura de las papilas era muy similar en las cámaras que las presentaban (Tabla 4).

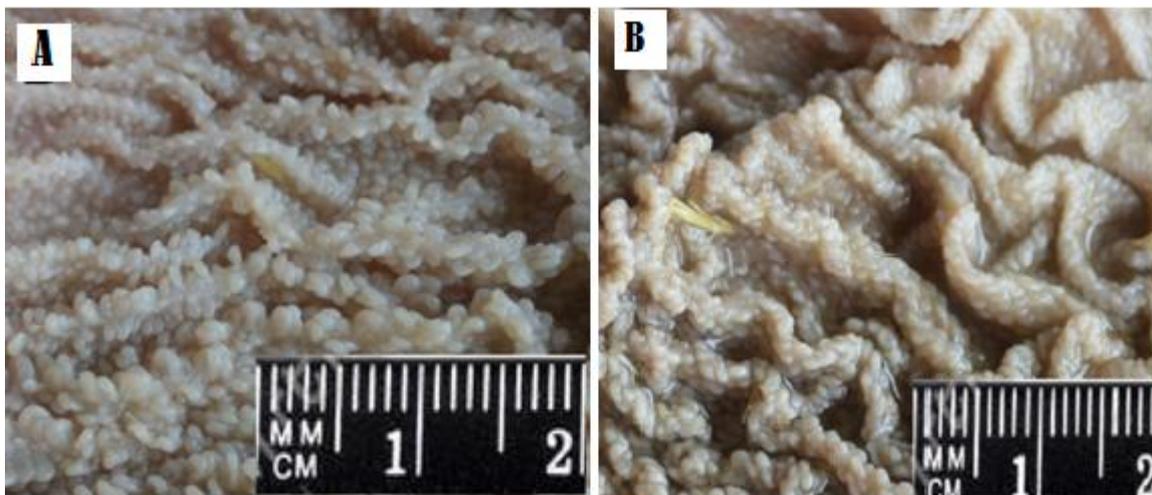


Figura 10. Pliegues saco dorsal. A) Animal alimentado con concentrado. B) Animal alimentado con forraje.

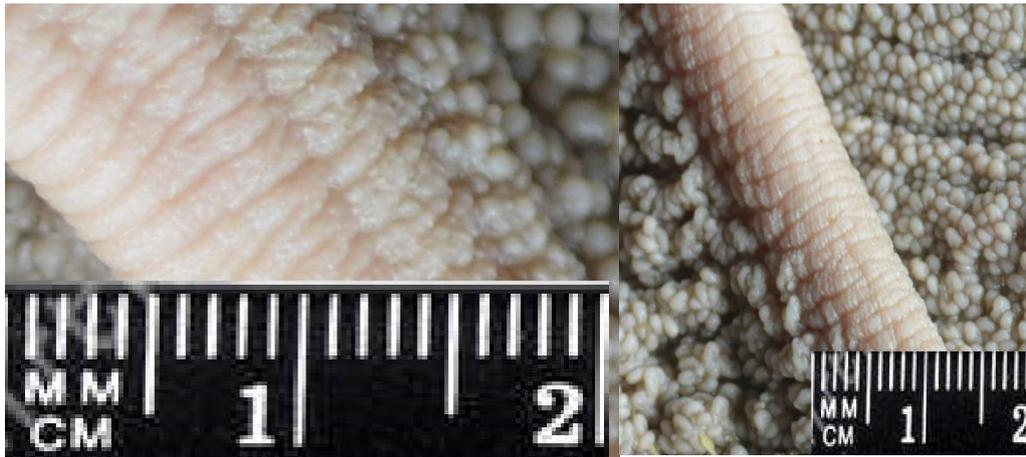


Figura 11. Pilares del rumen.

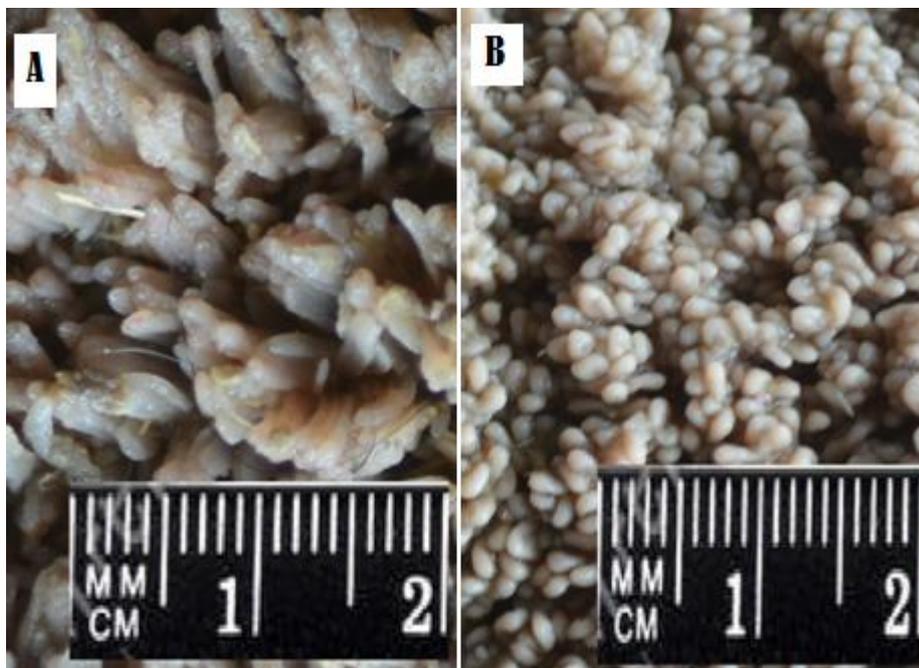


Figura 12. Papilas del atrio del rumen. A) Animal alimentado con concentrado. B) Animal alimentado con forraje.

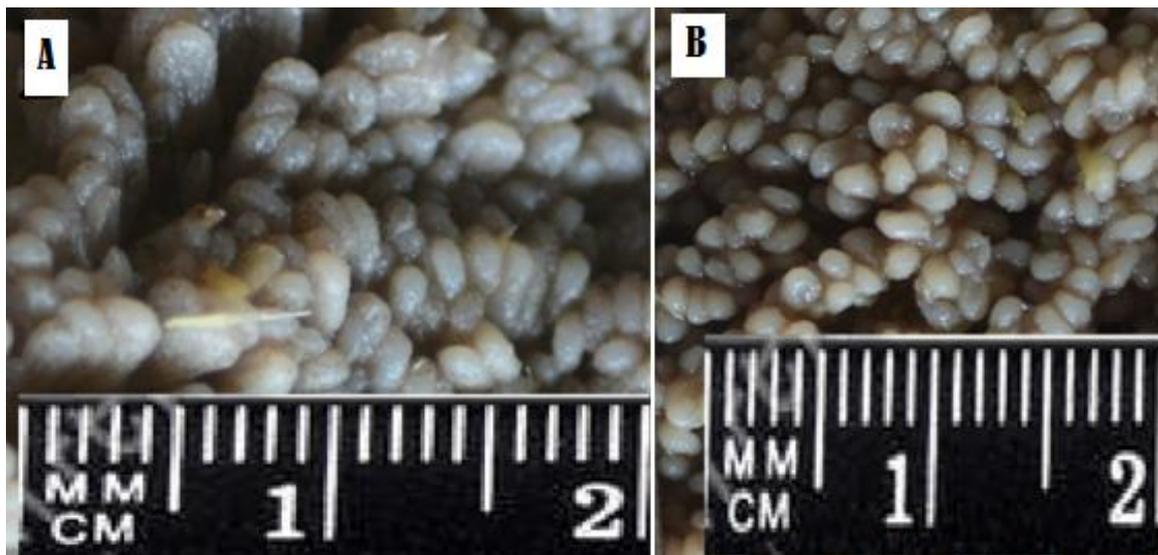


Figura 13. Papilas del saco ciego ventral del rumen. A) Animal alimentado con concentrado. B) Animal alimentado con forraje.

La media de altura de las papilas en el atrio del grupo A fue de 5,25 mm ( $\pm 1,31$ ) y en el grupo B de 2,82 mm ( $\pm 0,59$ ) (tabla 4). El número de papilas en cada una de las cámaras se puede observar en la Tabla 5. En el grupo A se encontró mayor cantidad de papilas en el atrio mientras que en el B el mayor número se encontró en el saco ventral y el SCCD (Figura 14, figura 15).

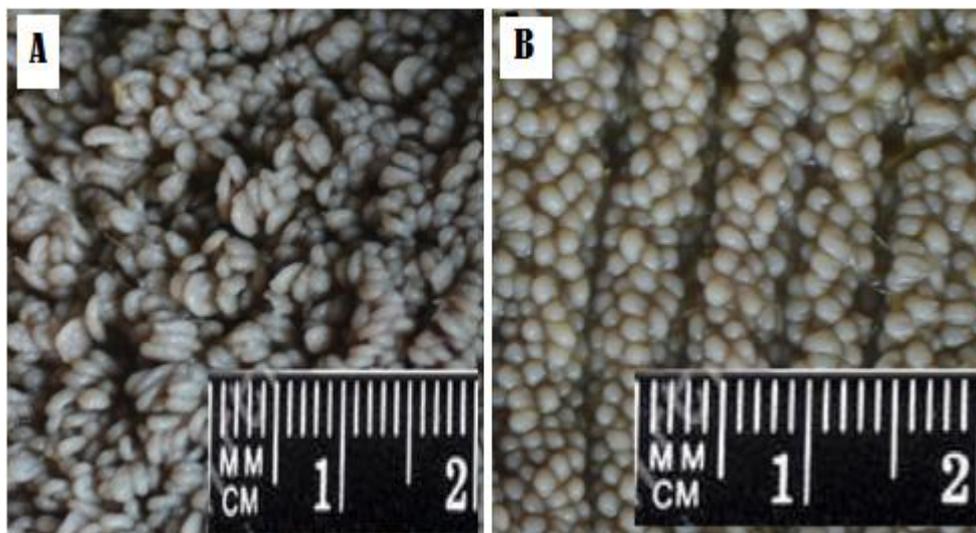


Figura 14. Papilas del saco ventral del rumen. A) Animal alimentado con concentrado. B) Animal alimentado con forraje.

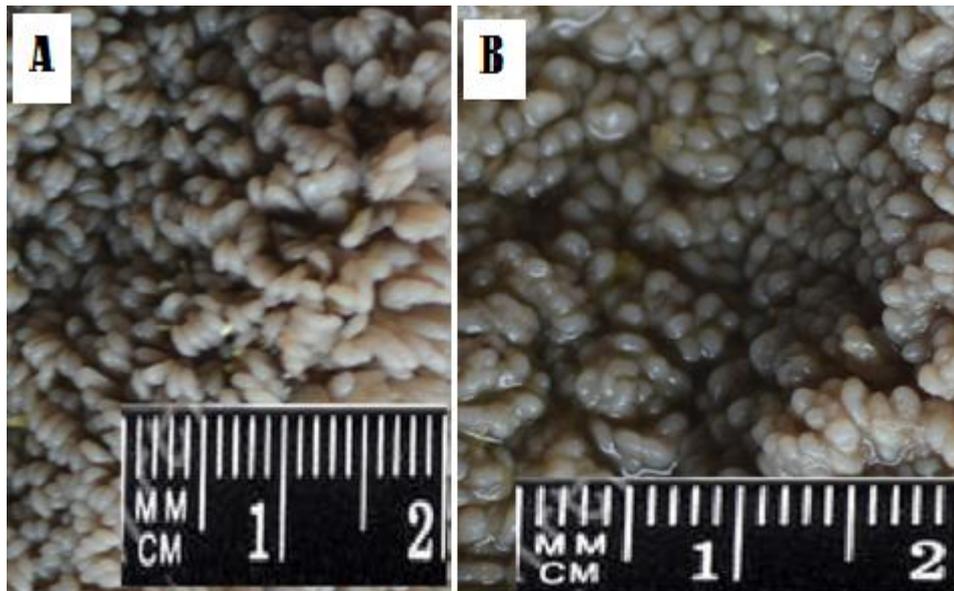


Figura 15. Papilas del saco ciego dorsal del rumen. A) Animal alimentado con concentrado. B) Animal alimentado con forraje.

En la Tabla 6 se pueden apreciar los resultados del SEF en cada una de las cámaras y la comparación entre ambos grupos. En todas las cámaras el SEF fue mayor en el grupo A que en el B, siendo la diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) en todas las regiones excepto en el SCCD. En el grupo A el mayor SEF se observó en el atrio, mientras que en el B lo fue en los sacos ciegos.

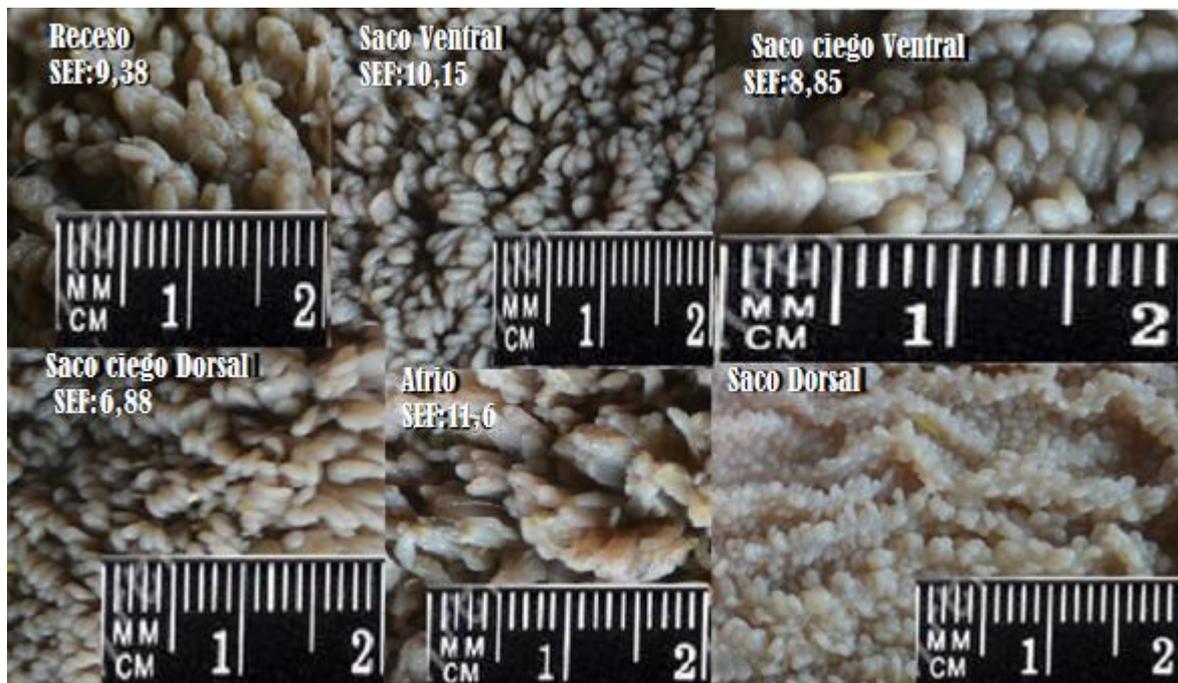


Figura 16. Papilas de los distintos sacos ruminales de un animal alimentado con concentrado.

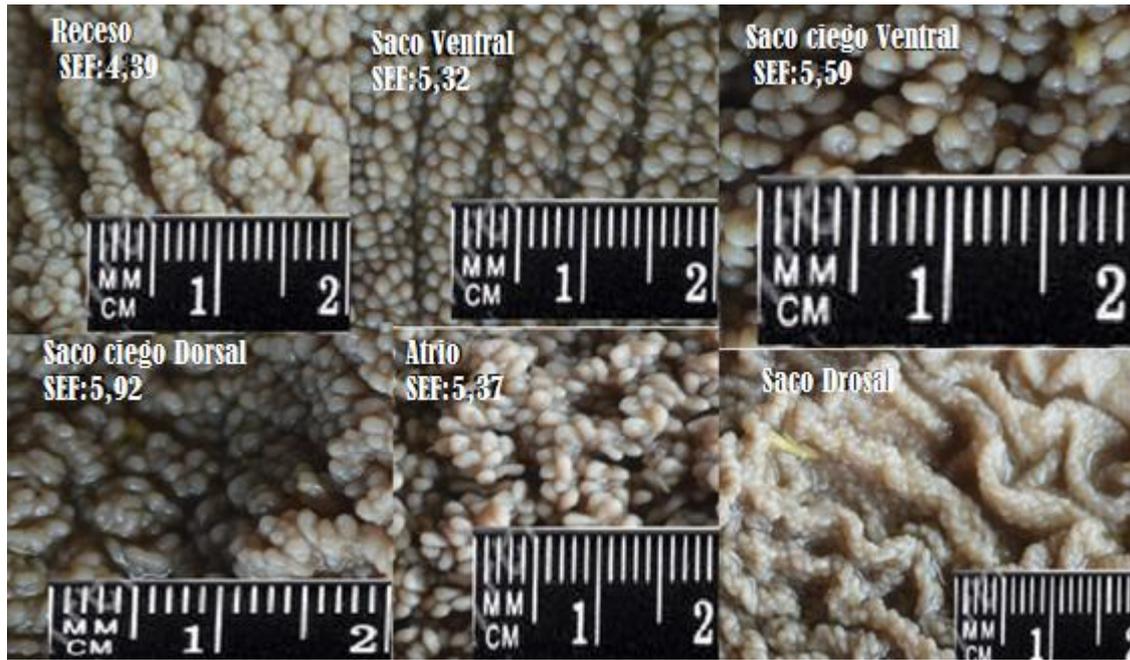


Figura 17. Papilas de los distintos sacos ruminales de un animal alimentado con forraje.

<b>Nº de ternero:</b>	<b>1F</b>	<b>2F</b>	<b>4F</b>	<b>8F</b>	<b>9F</b>	<b>12F</b>	<b>14F</b>	<b>16F</b>	<b>18F</b>	<b>22F</b>	<b>3C</b>	<b>5C</b>	<b>7C</b>	<b>10C</b>	<b>11C</b>	<b>13C</b>	<b>15C</b>	<b>17C</b>	<b>19C</b>	<b>21C</b>	<b>Media F</b>	<b>Media C</b>
<b>Peso vivo del ternero (Kg)</b>	83,5	84,5	80	82	103	93	97,5	88,5	82	83,5	93	101	97,5	83	86,5	82,5	106	94,5	95,5	79,5	87,75 (7,66)	91,90 (8,72)
<b>Peso lleno del rumen (Kg)</b>	11	6,5	7,1	10	12	11,74	10,75	11	6,6	9,7	9,3	9,75	9	10,28	11,2	9,4	10,8	10,3	10,2	6,58	9,64 (2,12)	9,68 (1,29)
<b>Peso vacío del rumen (Kg)</b>	1,5	1,2	1,45	1,96	1,5	1,45	1,56	1,84	1,48	1,42	1,75	1,75	1,66	2	1,98	2,1	2,44	2	2,48	1,76	1,54 (0,22)	1,99 (0,29)

Tabla 3. Peso del rumen lleno y vacío en ambos grupos (F- Forraje; C- Concentrado).

	<b>Media altura de las papilas (mm) Grupo A(±)</b>	<b>Media altura de las papilas (mm) Grupo B(±)</b>
<b>Atrio</b>	5,25 (1,31)	2,82 (0,59)
<b>Receso</b>	4,16 (1,02)	2,63 (0,27)
<b>Saco Ventral</b>	4,16 (0,97)	2,53 (0,91)
<b>SCCD</b>	2,92 (0,88)	2,76 (1,05)
<b>SCCV</b>	3,9 (0,38)	2,99 (0,51)

Tabla 4. Media (mm) y DS de la altura de las papilas en las distintas regiones.

	Media número de las papilas Grupo A(±)	Media número de las papilas Grupo B(±)
<b>Atrio</b>	62 (9)	49,4 (5,46)
<b>Receso</b>	52,8 (12,7)	50,4 (3,29)
<b>Saco Ventral</b>	58,6 (3,36)	56,4 (15,08)
<b>SCCD</b>	59,4 (7,83)	56 (4,95)
<b>SCCV</b>	50,6 (5,94)	51,6 (5,5)

Tabla 5. Número de papilas por cm<sup>2</sup> en cada una de las cámaras de ambos grupos.

	SEF Grupo A(±)	SEF Grupo B(±)	Test de T (p<0,05)
<b>Atrio</b>	11,6 (1,77)	5,37 (1,14)	Significativo (p 0,000165)
<b>Receso</b>	9,38 (2,56)	4,39 (0,08)	Significativo (p 0,00241)
<b>Saco Ventral</b>	10,15 (3,21)	5,32 (2,48)	Significativo (p 0,0288)
<b>SCCD</b>	6,88 (3,62)	5,92 (2,76)	No Significativo (p 0,648)
<b>SCCV</b>	8,85 (1,72)	5,59 (0,65)	Significativo (p 0,004)

Tabla 6. Resultado del SEF en cada una de las cámaras de ambos grupos.

## 10- DISCUSIÓN

Nuestro trabajo evaluó el efecto de dos dietas basadas en sustituto lácteo (una con la inclusión de concentrado y otra con la adición de forraje de buena calidad) sobre el desarrollo morfológico del rumen. Es el primer trabajo que evalúa este aspecto en terneros alimentados con altos volúmenes de lácteos (8 l diarios).

El aporte convencional de leche con el que se hace la cría tradicional (~10% del peso corporal en las primeras semanas de vida) no aporta los nutrientes necesarios para acompañar el potencial de crecimiento de los terneros Holando (Vieira y col., 2008). En la cría se suministra 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).

Es sabido que las variaciones y adaptaciones morfofisiológicas del aparato digestivo de los rumiantes dependen de la dieta a la que están sometidos. El desarrollo de las papilas ruminales en la vida fetal no difiere entre las especies (Scocco y col., 2007). Su desarrollo se ve afectado por el tipo, cantidad y calidad del alimento, lo que influye en su capacidad para absorber AGV (Scocco y col., 2007). Lo que determina el grado de desarrollo de las papilas es el aporte energético del alimento o la velocidad en la que es transformado a AGV (Brownlee, 1956; Weigand y col., 1975).

En el presente estudio el peso vacío del rumen del grupo A representaba un mayor porcentaje del peso corporal que el del grupo B. En el grupo A se observó un mayor desarrollo papilar, mayor altura, ancho y número de papilas por cm<sup>2</sup>. En cuanto al SEF, también fue mayor en el grupo alimentado con concentrado, siendo la diferencia significativa en todos los sectores del rumen, excepto el SCCD. Lo que representa una mayor superficie efectiva de absorción de AGV.

En el presente estudio se observó un mayor desarrollo de las papilas en el grupo alimentado con concentrado, a pesar de tener una mayor ingesta de lácteo y menor consumo de alimento. Terneros alimentados exclusivamente con leche durante 12 semanas de vida, no presentaron desarrollo de las papilas ruminales (Brownlee, 1956). Se observó un mayor desarrollo de las papilas ruminales de terneros alimentados con concentrado que en aquellos alimentados con forraje

(Weigand y col., 1975). Esto conlleva a mayor masa de mucosa y un mayor potencial absorptivo y metabólico (Weigand y col., 1975).

En nuestro trabajo, el peso vacío del rumen fue significativamente mayor en el grupo A, lo que puede deberse al mayor desarrollo de sus papilas. (Khan y col., 2011) evaluaron el desarrollo del rumen en dos grupos de terneros alimentados con 8 l de leche diarios, uno consumía alimento iniciador, y el otro grupo alimento iniciador y heno. En este trabajo el peso del retículo más el rumen fue mayor en el grupo al que se le adicionó heno en su alimentación y sin afectar la ganancia de peso corporal. No encontraron diferencias significativas en cuanto al desarrollo papilar del órgano. Estos resultados se deben, probablemente, al consumo de alimento iniciador en ambos grupos.

## **11- CONCLUSIÓN, LIMITACIONES Y PERSPECTIVAS**

Es el primer trabajo que evalúa el desarrollo morfológico del rumen en la etapa de cría, en terneros alimentados con altos volúmenes de lácteos. Durante la etapa de cría, los terneros alimentados con concentrado desarrollaron un mayor número de papilas y un mayor SEF en las distintas cámaras del rumen. Esto último podría determinar que al momento de la recría, la absorción de los AGV y la utilización eficiente del alimento sea mejor en estos animales. A pesar del mayor consumo de leche (8 litros diarios) y la menor ingesta de sólidos, en el período estudiado se apreciaron diferencias significativas en el desarrollo del rumen de ambos grupos.

En cuanto a las limitaciones del trabajo, se podría citar que en algunos de los parámetros estudiados, no se pudieron detectar diferencias significativas ya que los valores dentro del mismo grupo presentaban alta variabilidad. Este artefacto podría ser minimizado aumentando el número de animales estudiado.

A futuro sería importante evaluar tanto las paredes ruminales como la estructura y queratinización de las papilas, utilizando microscopía óptica y microscopía electrónica de barrido. Esto permitiría dilucidar si el desarrollo de las mismas acompaña el aumento de la capacidad absortiva efectiva.

## 12- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1- Agnarsson, I.; May-Collado, L. J. (2008). The phylogeny of Cetartiodactyla: the importance of dense taxon sampling, missing data, and the remarkable promise of cytochrome b to provide reliable species-level phylogenies. *Mol Phylogenet Evol* 48(3):964-85.
- 2- Annon, N. (2007). Crianza de terneros. REDVET. 4(5) Disponible en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n050507/050702.pdf> . Fecha de consulta 8/5/19.
- 3- Arias, J. L. (1982). Aspectos generales de la biología del rumen. Monografías de Medicina Veterinaria. 4(1). Disponible en: [https://web.uchile.cl/vignette/monografiasveterinaria/monografiasveterinaria.uchile.cl/CDA/mon\\_vet\\_seccion/0,1419,SCID%253D7669%2526ISID%253D411,00.html](https://web.uchile.cl/vignette/monografiasveterinaria/monografiasveterinaria.uchile.cl/CDA/mon_vet_seccion/0,1419,SCID%253D7669%2526ISID%253D411,00.html). Fecha de consulta 8/5/19.
- 4- Berger, J.; Gompper, M. E. (1999). Sex ratios in extant ungulates: products of contemporary predation or past life histories? *J Mammal* 80(4):1084-113.
- 5- Blob, R. W.; LaBarbera, M. (2001). Correlates of variation in deer antler stiffness: age, mineral content, intra-antler location, habitat, and phylogeny. *Biol J Linn Soc* 74(1):113-120.
- 6- Bobadilla, P. (2013). Buenas prácticas para la cría de terneros. Libertad. Universidad de la República. Facultad de veterinaria. 10 p. Disponible en <http://www.bienestaranimal.org.uy/files/Terneros%20P.%20Bobadilla.pdf>. Fecha de consulta 8/5/19.
- 7- Brashares, J.; Garland, T.; Arcese, P. (2000). Phylogenetic analyses of coadaptation in behavior, diet, and body size in the African antelope. *Behav Ecol* 11(4):452-463.
- 8- Bro-Jorgensen, J. (2008). Dense habitats selecting for small body size: a comparative study on bovids. *Oikos* 117(5):729-737.
- 9- Brownlee, A. (1956). The development of rumen papillae in cattle fed on different diets. *Br Vet J*, 112: 369-375.
- 10- Chávez, A.; Rivera, F. (2013). Evaluación productiva y financiera en la crianza de terneros machos puros de la raza Holstein fisian, empleando lacto reemplazantes en la lactancia y su compartamiento hasta el final del crecimiento, en la hacienda la fontana-cantón mejía en la provincia de Pichincha. Tesis Ing. En Administración y producción agropecuaria. Universidad Nacional de Loja. 100 p.
- 11- Christiansen, P. (2002). Locomotion in terrestrial mammals: the influence of body mass, limb length and bone proportions on speed. *Zool J Linn Soc* 136(4):685-714.
- 12- Contreras, P.; Noro, M. (2010). Rumen: morfofisiología, trastornos y modulación de la actividad fermentativa. 3<sup>a</sup>. Valdivia, América. 145 p. Disponible en [http://www.consorciolachero.cl/chile/documentos/publicaciones/rumen\\_web.pdf](http://www.consorciolachero.cl/chile/documentos/publicaciones/rumen_web.pdf). Fecha de consulta 8/5/19.
- 13- Davis, C. L.; Drackley, J. K. (2001). Desarrollo, Nutrición y Manejo del Ternero Joven. Inter-Médica, Buenos Aires, 314p.
- 14- Escalona, F. (2011). Bovinos. Zulia, Universidad del Zulia. Facultad de ciencias veterinarias. 60 p. Disponible en

[http://www.fcv.luz.edu.ve/images/stories/catedras/zootecnia/teo\\_2/lecheras.pdf](http://www.fcv.luz.edu.ve/images/stories/catedras/zootecnia/teo_2/lecheras.pdf).

Fecha de consulta 8/5/19.

- 15-García, G. F.; González, M. F. (1980). Avances en nutrición y alimentación de terneros. Monografías de Medicina Veterinaria, 2 (1). Disponible en [https://web.uchile.cl/vignette/monografiasveterinaria/monografiasveterinaria.uchile.cl/CDA/mon\\_vet\\_seccion/0,1419,SCID%253D13956%2526SID%253D356,00.html](https://web.uchile.cl/vignette/monografiasveterinaria/monografiasveterinaria.uchile.cl/CDA/mon_vet_seccion/0,1419,SCID%253D13956%2526SID%253D356,00.html). Fecha de consulta 8/5/19.
- 16-Geisler, J. H.; Theodor, J. M. (2009). Hippopotamus and whale phylogeny. *Nature* 458(7236):E1-4.
- 17-Hofmann, R. R.; Knight, M. H.; Skinner, J. D. (1995). On structural characteristics and morphophysiological adaptation of the springbok (*Antidorcas marsupialis*) digestive system. – *Trans R Soc S Afr*, 50: 125– 142.
- 18-Khan, M. A.; Weary, D. M.; Von Keyserlingk, M. A. G. (2011). Hay intake improves performance and rumen development of calves fed higher quantities of milk. *J Dairy Sci*, 94(7): 3547-3553.
- 19-Lagger, J. (2010). Crecimiento intensivo de cría y recría de vaquillonas, aplicando los principios de bienestar. *Rev Vet Arg*, 27(265): 1-28.
- 20-Marcot, J. D. (2007). Molecular phylogeny of terrestrial Artiodactyls: conflicts and resolution. En: Prothero DR, Foss SE. *The evolution of Artiodactyls*. Baltimore, Hopkins University, pp. 4-18.
- 21-Nieto, M. (1998). Relaciones entre comportamiento, ecología y morfología en formas actuales de bóvidos: aplicaciones a la paleoecología Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Madrid, 391p.
- 22-Pérez, W.; Erdogan, S.; Ungerfeld, R. (2015). Anatomical study of the gastrointestinal tract in free-living Axis deer (*Axis axis*). *Anat Histol Embryol*. 44: 43 – 49.
- 23-Pinto, E. (2013). Producción ganadera. *Pariaguan-, Instituto Universitario de Tecnología José Antonio Anzoategui*, 10p.
- 24-Quigley, J. (1997.a). ¿Acaso el heno desarrolla en rumen?. Nota acerca de terneros #19. Disponible en el URL: <http://www.calfnotes.com/pdf/CN019e.pdf>. Fecha de consulta 8/5/19.
- 25-Quigley, J. (1997.b). Palatabilidad de los iniciadores para terneros. Nota acerca de terneros #47. Disponible en el URL: <http://calfnotes.com/pdf/CN047e.pdf>
- 26-Relling, A.; Mattioli, G. (2002 y 2003). Fisiología Digestiva y Metabólica de los Rumiantes. La Plata, Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Nacional de La Plata, 72p.
- 27-Roberts, S. C. (1996). The evolution of hornedness in female ruminants. *Behaviour* 133(5- 6):399-442.
- 28-Sauer, C.; Bertelsen, M. F.; Lund, P.; Weisbjerg, M. R.; Clauss, M. (2016). Quantitative macroscopic anatomy of the giraffe (*Giraffa camelopardalis*) digestive tract. – *Anat Histol Embryol*, 45: 338–349.
- 29-Scocco, P.; Ceccarelli, P.; Gatti, R.; Catorci, A. (2007). Use of a geographic information system to evaluate morphometric variations of rumen papillae related to diet and pasture vegetative cycle. *Vet Ital*, 43(3), 425-429.
- 30-Stobo, I. J. F.; Roy, J. H. B.; Gaston, H. J. (1966). Rumen development in the calf: 2.\* The effect of diets containing different proportions of concentrates to hay on digestive efficiency. *Br J Nutr*, 20(2), 189-215.

- 31-Torres, J. (2003). La producción de leche de ganado bovino en México. 1990-2001. Monografía Licenciado en economía agrícola y agronegocios. Universidad autónoma agraria "Antonio Narro". 69 p. Disponible en <http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/Unarrow/0240.pdf>. Fecha de consulta 8/5/19.
- 32-Vi, R. B.; McLeod, K. R.; Klotz, J. L.; Heitmann, R. N. (2004). Rumen development, intestinal growth and hepatic metabolism in the pre-and postweaning ruminant. *J Dairy Sci*, 87: E55-E65.
- 33-Vieira, A. D. P.; Guesdon, V.; De Passille, A. M.; Von Keyserlingk, M. A. G.; Weary, D. M. (2008). Behavioural indicators of hunger in dairy calves. *Appl Anim Behav Sci*, 109(2-4): 180-189.
- 34-Vrba Es; Schaller, G. B. (2000). Introduction. En: Vrba Es; Schaller, G. B. Antelopes, Deer, and Relatives: Fossil Record, Behavioral Ecology, Systematics and Conservation. New Haven, Yale University, pp 1-8.
- 35-Wattiaux, A. M. (1994). Alimentación con leche y sustituto de leche. En: Universidad de Wisconsin-Madison, Instituto Babcock. Guía técnica lechera. p. 113-116. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/71923814/Guia-Tecnica-Basica-de-lecheriaUniversidad-de-Wisconsin-Madison> .Fecha de consulta: 20/03/2019.
- 36-Weigand, E.; Young, J. W.; McGilliard, A. D. (1975). Volatile fatty acid metabolism by rumen mucosa from cattle fed hay or grain. *J Dairy Sci*, 58(9): 1294-1300.
- 37-Zeballos, H. s.f. Origen del bovino. Razas. Buenos Aires, Universidad Nacional del centro de la provincia de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Veterinarias. 4 p. Disponible en [http://www.vet.unicen.edu.ar/ActividadesCurriculares/Zootecnia/images/Origen\\_d el\\_Bovino\\_Razas.pdf](http://www.vet.unicen.edu.ar/ActividadesCurriculares/Zootecnia/images/Origen_d_el_Bovino_Razas.pdf). Fecha de consulta 20/03/2019.