



UNIVERSIDAD DE
CUNDINAMARCA
Generación Siglo 21

Evaluación del crecimiento y desarrollo de las papilas ruminales en terneros lactantes de raza Holstein expuestos a ingestión de microorganismos eficientes y levadura.

Álvaro Esneyder Castañeda Villamil
Juan Felipe Robayo Negro

Universidad de Cundinamarca
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Programa de Zootecnia
Ubaté, Colombia
2019

Evaluación del crecimiento y desarrollo de las papilas ruminales en terneros lactantes de raza Holstein expuestos a ingestión de microorganismos eficientes y levadura.

Álvaro Esneyder Castañeda Villamil
Juan Felipe Robayo Negro

Trabajo de grado como requisito parcial para optar al título de:
Zootecnista

Director:
Edicson Mauricio Rincón Soledad. MSc., Zootecnista.

Universidad de Cundinamarca
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Programa de Zootecnia
Ubaté, Colombia

2019

Contenido	
1.	Introducción.....7
2.	Planteamiento del problema.....10
3.	Objetivos.....11
4.	Justificación.....12
5.	Marco teórico.....13
5.1.	Sistema Digestivo del rumiante.....13
5.1.1.	Los Cuatro Estómagos de los Rumiantes.....14
5.1.2.	Retículo y rumen.....15
5.1.3.	Omaso o librillo.....17
5.1.4.	Abomaso, cuajar o estomago verdadero.....17
5.2.	Histología del retículo y rumen.....17
5.3.	Digestión del pre-rumiante.....18
5.4.	Desarrollo del rumen.....20
5.5.	Crecimiento de las papilas ruminales.....21
5.6.	Bioactividad ruminal y pH.....23
5.7.	Microorganismos eficientes.....24
5.7.1.	Composición microbiológica del EM.....25
5.8.	Levaduras.....28
6.	Materiales y métodos.....31
6.1.	Localización de la investigación.....31
6.2.	Selección de la Finca.....32
6.3.	Unidad experimental.....33
6.4.	Sistema de alimentación.....33
6.5.	Descripción de los tratamientos.....34
6.5.1.	Ganancia de peso y sacrificio.....35
6.5.2.	Bioactividad ruminal y pH.....36
6.5.3.	Desarrollo anatómico y estructural.....36

6.5.4.	Metodología estadística.....	37
7.	Resultados y discusión.....	38
7.1.	Análisis anatómico.....	38
7.2.	pH ruminal.....	43
7.3.	Actividad microbiana.....	44
7.4.	Ganancia de peso.....	46
8.	Conclusiones.....	49
9.	Recomendaciones.....	50
10.	Bibliografía.....	51
11.	Anexos.....	56

Lista de tablas

Tabla 1: Tratamientos experimentales.....	31
Tabla 2: Relación de peso cavidades ruminales.....	36
Tabla 3: Longitud de papilas ruminales por tratamiento.....	37
Tabla 4: Numero de papilas por unidad de Área (cm ²).....	39
Tabla 5: Medida del pH.....	40
Tabla 6: Bioactividad ruminal.....	41
Tabla 7: Relación de la Ganancia de peso por tratamiento.....	42

Lista de figuras

Figura 1: Divisiones del pre estómago y estómago.....	14
Figura 2: Papilas ruminales.....	17
Figura 3: Periodo de transición de lactante a rumiante.....	22
Figura 4: Esquema uso de los microorganismos eficientes.....	24
Figura 5 : Esquemas ventajas del uso de las levaduras.....	28
Figura 6: Imagen satelital finca el rabanal Guachetá Cundinamarca.....	29
Figura 7: Contraste de pigmentación de los rúmenes de las unidades experimentales.....	35
Figura 8: Comparación cavidades ruminales para T3.....	37
Figura 9: Variación de peso de cada uno de los tratamientos eje X edad en días, eje Y peso en Kg donde se relaciona el promedio por tratamiento en cada uno de los pesajes realizados.....	45

Lista de anexos

Anexo 1: Unidades experimentales.....	51
Anexo 2: Pesaje unidades experimentales.....	51
Anexo 3: Entrada a sacrificio Unidades experimentales.....	52
Anexo 4: Divertículos estomacales de las unidades experimentales, peso en lleno.....	52
Anexo 6: Filtración de fluido ruminal para centrifugación.....	53
Anexo 7: Conteo papilas.....	55
Anexo 8: Medición de papilas.....	56
Anexo 8: Prueba de Bioactividad ruminal y pH.....	53
Anexo 9: Papilas ruminales animales alimentados con leche.	54
Anexo 10: Papilas ruminales animales alimentos con Leche + ME + Levadura.	54
Anexo 11: Papilas ruminales alimentados con Leche + ME.....	55
Anexo 12: Peso unidades experimentales a los 90 días.....	50
Anexo 13: Pesos al nacimiento y al final del estudio machos.....	50

Resumen

Evaluación de crecimiento y desarrollo de las papilas ruminales en terneros lactantes de raza Holstein expuestos a ingestión de microorganismos eficientes y levadura. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto que tiene la ingestión de microorganismos eficientes y levadura en el desarrollo anatómico y estructural del rumen, como el desarrollo del animal (GDP) en los primeros 90 días de vida. Se utilizaron 36 terneros de raza Holstein con peso promedio de 35 kg al nacimiento, estos se asignaron aleatoriamente a uno de tres tratamientos: T1 (leche), T2 (leche + microorganismos eficientes (ME) + Levadura), T3 (leche + ME), el cálculo de la ganancia de peso e realizaron cada 15 días hasta terminada la fase experimental. A las 12 semanas de edad, se sacrificaron dos terneros por tratamiento los cuales fueron sometidos a un ayuno previo, se recolectaron los divertículos estomacales para determinar la altura, número de las papilas ruminales por unidad de área, bioactividad ruminal y pH, al evaluar la altura de las papilas ruminales, pH y peso de los animales no se encontraron diferencias significativas, para el número de papilas por unidad de área y bioactividad ruminal se encontraron diferencias principalmente entre el T1 y el T3. Al utilizar ME y levaduras hay un aumento de peso frente al tratamiento control de ± 6 , aunque estadísticamente no existan diferencias. Por lo tanto, el uso de ME y Levadura dentro de la dieta no indujo un efecto superior para ganancia de peso, pero que podrían ser útiles aprovechando sus diversos beneficios, dejando abierto el camino para la búsqueda de alternativas de asociación de los ME y Levadura con otros sustratos de fácil fermentación que potencien sus ventajas a nivel ruminal.

Palabras clave: Microorganismos Eficientes, Levadura, bioactividad ruminal, papilas, rumen.

Abstract

Evaluation of growth and development of ruminal papillae in lactating Holstein calves exposed to ingestion of efficient microorganisms and yeast. The objective of the present study was to evaluate the effect that the ingestion of efficient microorganisms and yeast has on the anatomical and structural development of the rumen, such as the development of the animal (GDP) in the first 90 days of life. Thirty-six Holstein calves with an average birth weight of 35 kg were used and randomly assigned to one of three treatments: T1 (milk), T2 (milk + efficient microorganisms (ME) + yeast), T3 (milk + ME), the weight gain measurements were performed every 15 days until the end of the experimental phase. At 12 weeks of age, two calves were slaughtered for treatment which were submitted to a previous fast, the stomach diverticula were collected to determine the height, number of ruminal papillae per unit area, ruminal bioactivity and pH, when evaluating the height of the ruminal papillae, pH and weight of the animals no significant differences were found, for the number of papillae per unit area and ruminal bioactivity differences were found mainly between T1 and T3. When using ME and yeasts there is an increase in weight compared to the control treatment of ± 6 , although statistically there are no differences. Therefore the use of ME and Yeast within the diet did not induce a superior effect for weight gain, but that could be useful taking advantage of their diverse benefits, leaving the way open for the search of association alternatives of ME and Yeast with other substrates of easy fermentation that enhance their advantages at ruminal level.

Keywords: Efficient Microorganisms, Yeast, ruminal bioactivity, papillae, rumen.

Agradecimientos

El presente trabajo de grado va dedicado a Dios, quien como guía estuvo presente en el caminar de nuestras vidas, bendiciéndonos y dándonos fuerzas para continuar con las metas trazadas sin desfallecer. A nuestros padres que con apoyo incondicional, amor y confianza permitieron que
lográramos culminar nuestra carrera profesional.

A Hacienda Santa Ana S.A.S por prestarnos sus instalaciones, animales y mano de obra, ya que sin su apoyo no hubiera sido posible llevar a cabo este proceso académico e investigativo.

Agradecemos a nuestro director de tesis Edicson Mauricio Rincón Soledad quien con su experiencia, conocimiento y motivación nos orientó en la investigación, a todos los docentes en especial al doctor Rene Adolfo Gonzales y José Fernando Pérez que con su sabiduría, conocimiento y apoyo, motivaron a desarrollarnos como personas y profesionales en la
Universidad de Cundinamarca Seccional Ubaté.

1. Introducción

En años recientes la tendencia mundial de productividad animal específicamente en lechería ha venido cambiando a sistemas más tecnificados, lo que ha inducido cambios en las características del sistema intensivo de producción de leche bovina, las grandes potencias mundiales en producción lechera como Estados Unidos y Nueva Zelanda cada día alcanzan nuevos ítems productivos de alto valor representados en la relación costo beneficio de la producción láctea, los cuales superan los 98000 millones de toneladas métricas de leche comparado con Colombia que produce 7000 millones de litros al año (7 toneladas métricas por año), de los cuales el 52% proviene de lecherías doble propósito el 42.5 de lecherías especializadas y un 5.5 % de animales de raza cebuina (Fedegan, 2019) , estos cambios implican una tendencia en mejorar los sistemas de crianza artificial en terneras; los cuales continuamente se han adaptado de una forma similar en cada país en desarrollo; Colombia no ha sido la excepción por lo que se ha planteado la necesidad de un sistema eficiente de recambio bovino, el cual se ha tornado como el pilar para un mejoramiento efectivo de la producción láctea, la adaptación continua este tipo de sistema se ha desarrollado con gran armonía dentro del territorio nacional al tomar como base la separación del ternero de su madre después del nacimiento, y siendo alimentado con cantidades controladas de leche (1 litro x cada 10 kg de peso), heno y concentrado a voluntad, este sistema de crianza es utilizado principalmente en el trópico alto con lo que se ha logrado la aplicación de dos objetivos fundamentales que son la ausencia de altas tasas de mortalidad (< 5%) además de un desarrollo continuo y controlado del animal (Lanuza, 2006)

Este sistema de crianza artificial es común en el altiplano Cundiboyacense (Fedegan, 2019), ya que principalmente en esta región están establecidas las lecherías especializadas, las cuales cuentan con razas de alta producción (Holstein, Jersey, Ayrshire, entre otras), en estos sistemas intensivos de producción se hace necesario un aumento anual en la tasa de remplazo animal, que se acerca al 25 a 35% por el aumento en el desgaste de los animales en producción, en este sentido el enfoque productivo se ha tornado en la adaptación e innovación de nuevas técnicas que aceleren el desarrollo del recambio generacional, los cuales son sometidos a planes de alimentación controlada, buscando obtener un desarrollo óptimo en las primeras etapas de vida, condicionando animales con un peso de 90 a 110 kgPV en un destete de 90 días, de 160 a 170 kgPV a los 6 meses de edad y de 320 a 350 kgPV necesarios para el primer servicio con una edad entre los 12 y 15 meses (Lanuza, 2006) ítems productivos que generan confiabilidad.

Aunque la adaptación continua de las técnicas de cría han mejorado los ítems productivos, se dejó atrás el conocimiento sobre el bovino lactante y sus etapas de desarrollo, por lo que se recalca la importancia de la lactación y la relación con el crecimiento post-destete de los animales, la cual es totalmente dependiente de la habilidad de los mismos para consumir y digerir alimentos sólidos, y por ello la importancia que se le da al desarrollo ruminal en cualquier sistema de crianza de terneros (Castro & Elizondo, 2012). Puesto que en esta etapa existe un cambio drástico en la fuente de alimentación, donde a nivel digestivo dejan de ser monogástricos y pasan a ser poligástricos, es por esto que durante esta transición se debe tener un manejo adecuado de la alimentación, pues de su correcto desarrollo adaptativo dependerá la eficiencia en la conversión alimenticia y por ende favorecerá el crecimiento y desarrollo del animal (Rodríguez, *et al* 2011).

Por lo que el punto de enfoque durante la etapa de lactancia debe ser la optimización y el aprovechamiento efectivo de los forrajes, con la estimulación del desarrollo anatómico del sistema poligástrico comprendido por rumen, retículo y omaso, los cuales además mantener las condiciones necesarias para el crecimiento y desarrollo efectivo de las poblaciones microbianas, son necesarios para la obtención y asimilación de la proteína microbiana, además de presentar sobre su superficie una gran cantidad de papilas, siendo estas base de la absorción y el aprovechamiento de los Ácidos grasos volátiles (AGV), donde se ha observado que entre más número de papilas se alojen sobre la pared ruminal mayor será la asimilación y el aprovechamiento de estos, lo que se traduce en una mejor ganancia de peso (Zavaleta. 2007),

Como fuente del desarrollo digestivo poligástrico en rumiantes se ha hecho uso de dietas ricas en carbohidratos de fácil degradación como el almidón, el cual está presente en cada uno de los alimentos concentrados producidos a nivel comercial con formulaciones altamente palatables que inducen la producción de AGV por parte de la bacterias ruminales, en algunas ocasiones se ha descrito la utilización de probióticos los cuales dentro de su composición incluyen un gran cantidad de unidades formadoras de colonia (UFC) de tipo fermentativo, las cuales al entrar en contacto con las condiciones óptimas del rumen inciden directamente en la rápida asimilación del alimento, siendo una de las fuentes más eficientes, pero que en contraste dispone de un costo elevado y poco accesible para los productores del altiplano cundiboyacense, por lo que se hace necesario la identificación de técnicas de desarrollo ruminal más económicas, que generen un impacto eficaz que se evidencie tanto a nivel anatómico como a nivel productivo, una posible fuente a utilizar en la ganadería son los microorganismos eficientes (ME), los cuales han descrito amplia gama de aplicaciones que van desde la recuperación de pastos, alimentación, sanidad animal y limpieza de las instalaciones, además de aumentar la digestibilidad y asimilación de los

nutrientes por otro lado tienen un efecto positivo sobre la disminución de la producción de gases como el metano (Acosta, 2012).

2. Planteamiento del problema

Dentro de los sistemas de alimentación tradicionales, por lo general se ha dejado de lado la importancia que tiene un desarrollo óptimo del rumen en los animales que serán la base del recambio generacional, por lo que se evidencia constantemente un retraso en el crecimiento animal, observando animales con una edad de 5 a 6 meses con un peso de oscila entre los 130 y 150 kg (García *et al*, 2016) lo que se atribuye a una falta desarrollo ruminal lo que genera una disminución hacia aprovechamiento de los forrajes lo que incide directamente con la respuesta productiva del animal, en condiciones normales la maduración ruminal se ve altamente influenciada por los estímulos externos en la alimentación que inciden sobre el tamaño y volumen del rumen, (Owens & Goetsch, 1988 citado por Araujo O & Vergara J, 2007). La utilización de concentrados y forrajes son importantes desde los primeros días de vida, con el propósito de estimular el desarrollo del complejo ruminal, aunque aceleran el proceso aumentan los costos de producción, por lo que buscar un suplemento adicionado desde los primeros días de vida que ayude a desarrollar con mayor facilidad la anatomía del rumen que induzca una mejora gradual al momento del destete y de acuerdo con Sierra (2010) los ME y levaduras ayudan a mejorar la digestibilidad de los alimentos, por lo tanto su posible uso en la dieta de terneros lactantes, buscara estimular el desarrollo ruminal debido a que los ME y Levaduras por su alta tasa fermentación anaeróbica ayudaran con la producción de ácidos grasos volátiles AGV, los cuales están estrechamente relacionados con el desarrollo papilar mejorando ítems productivos condicionando animales que alcancen un tamaño y peso optimo tempranamente para iniciar la pubertad establecer la preñez a una edad adecuada.

3. Objetivos

General

- Evaluar el desarrollo anatómico y estructural del rumen en terneros lactantes expuestos a ingestión de microorganismos eficientes y levadura.

Específicos

- Comparar bioactividad ruminal y pH del fluido ruminal de cada uno de los individuos sacrificados.
- Evaluar la de ganancia de peso en terneros Holstein sometidos a ingestión de microorganismos eficientes y levadura.
- Contrastar tamaño y cantidad de papilas por unidad de área del rumen post-mortem de cada uno de los individuos sacrificados entre tratamientos.

4. Justificación

La necesidad de un sistema de suplementación bovina en etapa de lactancia debe buscar como objetivo principal fomentar el desarrollo ruminal, el cual es vital para una adaptación al desdoblamiento de carbohidratos presentes en el forraje, de esta forma se plantea como posible suplemento la inoculación de ME y levaduras dentro de la dieta para terneras en etapa de lactancia, esta alternativa podría fomentar un desarrollo anatómico más efectivo, ya que dentro de estos ME se cuenta con una gran cantidad de microorganismos como los *Lactobacillus sp*, *Rhodopseudomonas spp*, *Saccharomyces spp*, que contribuirán a la degradación y producción de AGV, que posteriormente incidirán sobre el desarrollo de las papilas ruminales, por lo que se desea realizar un sistema de alimentación que incluya cierta cantidad de microorganismos eficientes que impacten positivamente a nivel ruminal, debido a que la transición de alimento líquido a alimento sólido en la etapa de destete se convierte en un factor limitante por la falta de maduración y condicionamiento del rumen, por lo que se desea mejorar las características anatómicas ruminales mejorando los parámetros zootécnicos como digestibilidad, ganancia diaria de peso y edad al primer servicio, con lo cual se generará mayor rentabilidad a las explotaciones ganaderas teniendo en cuenta que al mejorar estos parámetros en animales de reemplazo se verá reflejado durante la vida productiva, según Quiroz (2011) Las vacas que paren a los dos años de edad tienen una vida productiva más longeva que aquellas que paren a edades más avanzadas comportamiento que se observa también con respecto a las tasas de producción de leche en las cuales existe una disminución, además de un aumento en el costo de crianza cuando el animal alcanza su primer servicio fuera del rango óptimo de productividad, el cual debe estar dentro de los 23 a 25 meses de edad.

5. Marco teórico

5.1. Sistema Digestivo del rumiante

El rumiante es un animal herbívoro el cual presenta una adaptación digestiva que le permite el desdoblamiento de carbohidratos propios de los pastos como la celulosa, hemicelulosa y pectina. Los ruminantes se distinguen de otro tipo de animales herbívoros de acuerdo a su continuo movimiento mandibular el cual se desarrolla continuamente luego de la provisión alimenticia durante el día, donde por medio del proceso denominado rumia, rompen la pared celular del forraje y abren paso a la digestión inicial del alimento (Wattiaux & Howard, 2000).

El sistema digestivo de un rumiante varía con respecto al herbívoro monogástrico dentro del cual se conocen tres cavidades pre-estomacales que son rumen retículo, omaso además del estómago verdadero llamado abomaso. Cabe enunciar que en los primeros meses de vida de un rumiante la funcionalidad de los pre-estómagos es baja por esto se dice que el becerro se comporta como un animal monogástrico, debido a que el compartimento retículo-rumen no es funcional y la dieta láctea pasa directamente al abomaso (Quintero, 2007).

Uno de los principales puntos a considerar en la alimentación del rumiante, es el desarrollo ruminal con el fin de alcanzar la capacidad de utilizar y aprovechar los forrajes complementados con el alimento balanceado (Castro & Elizondo, 2012). Por lo que se debe constatar que el desarrollo del rumen depende de algunos factores tales como el tiempo de alimentación líquida, la inclusión de alimentos sólidos, además de la cantidad de leche y alimento consumido en la etapa de lactancia, por lo que dietas líquidas implican un desarrollo papilar lento; retrasan el retículo-rumen tanto en el grosor y peso de los tejidos, como en el desarrollo papilar (Matute & Chavarria, 2007).

5.1.1. Los Cuatro Estómagos de los Rumiantes

El sistema digestivo de los Rumiantes se encuentra formado por cuatro compartimentos los cuales son: Rumen, Retículo, Omaso y Abomaso por lo que los tres primeros son a glandulares y el último presenta un sistema glandular bien desarrollado por lo que se conoce como estomago verdadero. Desde el punto de vista fisiológico el aparato digestivo de estos animales se encuentra dividido en dos sectores, el sector anterior donde se encuentra el retículo-rumen y el sector posterior donde encontramos el omaso y el abomaso como se observa en la figura 1 (Díaz, *et al*, 2007)

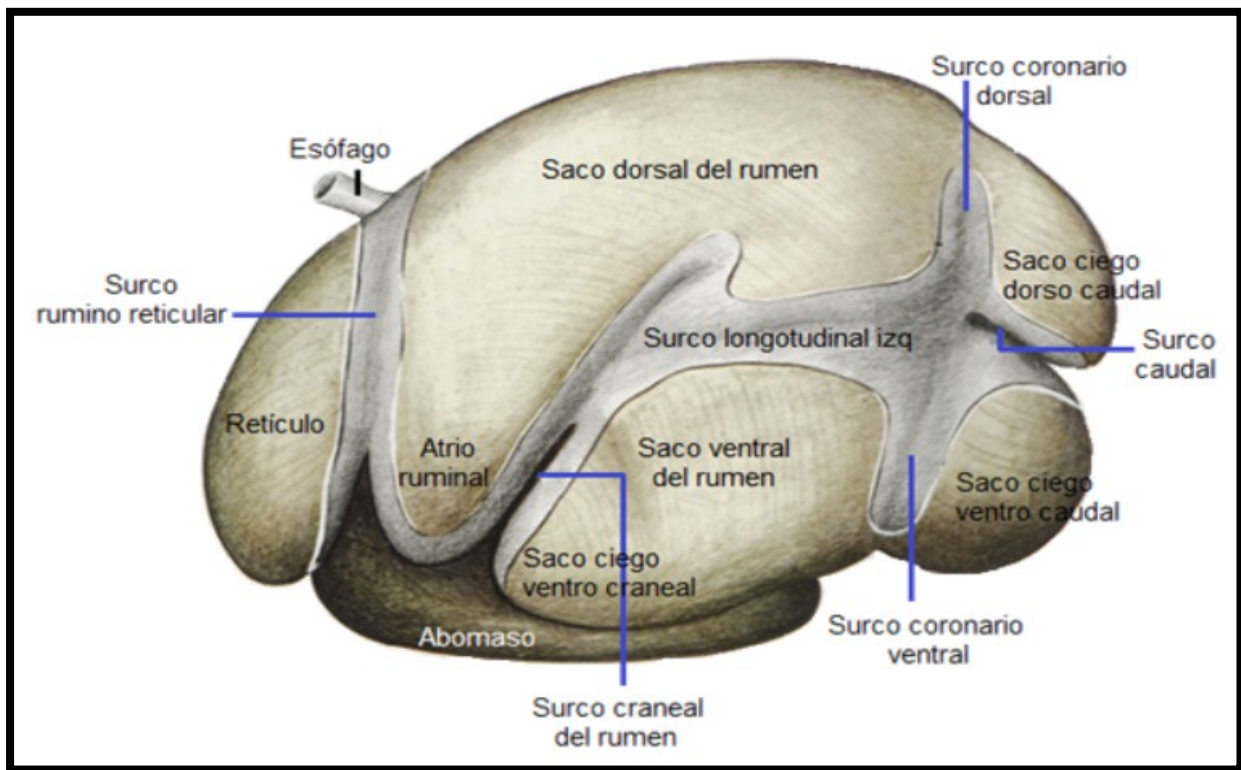


Figura 1: Divisiones del pre estómago y estómago (Elizondo, 2006).

5.1.2. Retículo y rumen

Como es conocido en los rumiantes la presencia de los preestómagos es necesaria para la degradación de la fibra, como primer compartimento encontramos el rumen, y seguidamente en

una asociación muy cercana con el retículo, los cuales trabajan conjuntamente, pero con algunas diferencias anatómicas, el contenido del retículo se mezcla con los del rumen casi constantemente (una vez por minuto). Los dos estómagos comparten una población densa de microorganismos (bacterias, protozoos y hongos) y se llaman frecuentemente el "retículo-rumen" (Wattiaux, & Howard, 2000).

El rumen ocupa tres cuartos del espacio de la cavidad abdominal cerca del 30% del peso vivo de animal (Relling & Mattioli, 2007) dentro de su interior se encuentra una gran cantidad de bacterias, protozoos y hongos, los cuales son la base de la digestión fermentativa que se desarrolla, almacena una cantidad aproximada de 100 a 120 kg de forraje, el cual pasa por una primera ingestión, que luego será deglutido y fraccionado por acción del proceso conocido como rumia, así el alimento se rompe en partes más pequeñas las cuales serán utilizadas por los microorganismo con el fin de extraer la energía y proteína disponible. Durante el nacimiento y en las tres primeras semanas de vida, el ternero no utiliza los tres primeros compartimentos gástricos (rumen, retículo y omaso); su desarrollo demora algún tiempo y está en dependencia de que el animal ingiera un forraje adecuado (Correa, 2006).

El desarrollo del rumen es lento lo que implica, por lo tanto, la implantación de la masa microbiana y la capacidad de absorción de nutrientes, siendo importante el tiempo que transcurra entre el desarrollo morfofisiológico digestivo y los procesos digestivos de fermentación ruminal el cual cuenta con un gran número de papilas observadas en la Figura 2, la cuales inciden directamente sobre la absorción de ácidos grasos volátiles (AGV). Los principales AGV son el acético, el propiónico y el butírico, estos son absorbidos pasivamente en forma no disociada y activamente en forma disociada. El ácido acético atraviesa la pared ruminal rápidamente sin sufrir ningún cambio y es utilizado por el organismo como aporte de energía. El ácido propiónico

es convertido en ácido láctico y succínico para que éste entre directamente al ciclo de Krebs para obtener energía o bien utilizarse como precursor de glucosa. El ácido butírico es metabolizado en la pared ruminal y convertido a β -hidroxibutirato (Bacha, 1999).

El retículo toma su nombre de la disposición en forma de red de los pliegues de su mucosa es la cavidad situada más craneal y con un tamaño más pequeño de los cuatro compartimentos gástricos. Su mucosa presenta varios pliegues que se interceptan, los que miden aproximadamente 1 cm de altura y al igual que las papilas ruminales son órganos de absorción. El retículo se considera como el rector o marcapaso de la motilidad retículo-ruminal, como también del estómago en su totalidad (Vargas, 2009), la musculatura lisa de la pared reticular está dispuesta en dos capas que se continúan con la musculatura estriada del esófago (Dyce, 2003), la que permite realizar un patrón de contracciones. Esta motilidad del retículo rumen es esencial para efectuar la mezcla, regurgitación y el eructo (Banks, 1995). Se comunica con el rumen a través del pliegue retículo-ruminal que los convierte en una sola unidad funcional (Relling & Mattioli, 2007). Tiene una particularidad la cual no permite el paso de alimento con un tamaño mayor a 2 mm y una densidad mayor a 1,2 g/ml, una de las funciones principales del retículo es dar movimiento seguido al contenido ruminal con el fin de exponer todas las partículas continuamente al proceso digestivo (Matute & Chavarría, 2007).

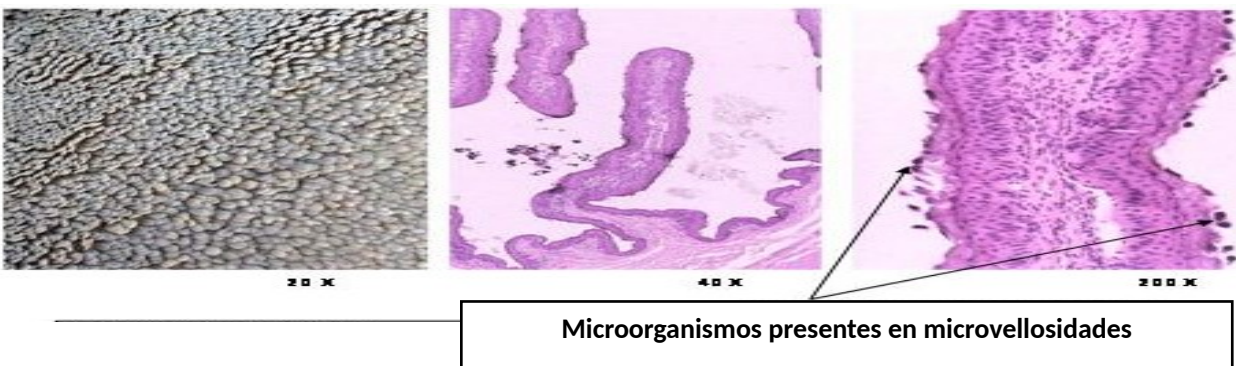


Figura 2: Papilas ruminales (Bacha, 1999)

5.1.3. Omaso o librillo

Es el tercer pre-estomago es un saco con forma de balón y tiene una capacidad de aproximadamente 10 Lts. Conocido también como librillo debido a su conformación interna en forma de hojas (Wattiaux, & Howard, 2000). La función del omaso aún no se comprende totalmente, pero parece ser que atrapa las partículas pequeñas de la ingesta, comprime los alimentos y extrae líquido. Además, en este órgano se absorbe agua y otras especies moleculares pequeñas (NH_3 , AGV, electrolitos inorgánicos) (Díaz *et al.* 2007).

5.1.4. Abomaso, cuajar o estomago verdadero

El abomaso es un saco alargado que se encuentra en su mayor parte en el suelo del abdomen. Constituye la región glandular del estómago de los rumiantes y es equivalente al estómago de los monogástricos. En esta región ocurre la verdadera digestión ante la presencia de ácido clorhídrico y enzimas (Díaz, *et al.*, 2007). El tamaño del abomaso varía según la edad animal debido a que su funcionalidad es mayor en los primeros meses de vida del individuo debido a su tipo de alimentación líquida por esto en las tres primeras semanas de vida, el rumen se encuentra inactivo, no alcanza ni la mitad del contenido abomasal (Correa, 2006).

5.2. Histología del retículo y rumen

El rumen, tiene como característica principal de identificación a las papilas cónicas proveniente de la mucosa cutánea que se proyectan hacia la luz. Estas papilas pueden ser de 1,5 cm de longitud y contienen tejido conjuntivo bien vascularizado con fibras elásticas y colágenas finas (Banks, 1995). Las papilas cumplen la función de absorción, considerándose

principalmente como dispositivos de aumento de la superficie epitelial. Las características de las papilas varían según la dieta, edad y localización de estas; en el saco craneal y los sacos ciegos son de mayor tamaño y más abundantes, pero son menos numerosas y destacadas en el saco ventral y menos desarrolladas aún en el centro del techo del rumen y en las proximidades de los bordes libres de los pilares (Dyce, 2003).

Histológicamente el rumen está constituido por las capas mucosa, submucosa, muscular, adventicia y serosa (Uribe, 2002)

Internamente el rumen, se encuentra dividido en sacos: dorsal y ventral, por los pilares; estos son pliegues de la pared, reforzados por fibras musculares, que corresponden a los surcos en la cara externa del rumen. Los pilares encontrados son: pilar anterior y posterior, que son los principales, pilares derecho e izquierdo, pilares coronarios dorsal y ventral, y el pliegue rumino reticular. La superficie interna del rumen es de tipo epitelial, presenta un color pardo, excepto en los bordes de los pilares, se encuentra incrustada de grandes papilas que llegan a medir hasta 1 cm de longitud, sin embargo, los bordes de los pilares y una parte del saco dorsal están desprovistas de papilas, la disposición papilar se encuentra más desarrollada en los sacos ciegos. La mayoría de las papilas son foliadas y cónicas, algunas son filiformes y estrechas (García, 2001).

5.3. Digestión del pre-rumiante

Como es conocido los becerros jóvenes en edades de 0 a 2 meses no ostentan la capacidad de digerir los pastos y por lo tanto, el abomaso es el único estómago funcional, dentro de este se encuentra la enzima rennina, que tiene como objeto principal juntar las moléculas de la leche dando una coagulación que aumenta la digestibilidad, este constituye cerca del 60% del tamaño relativo del estómago (Villareal, 2015). Durante el nacimiento y en las tres primeras semanas de

vida, el ternero no utiliza los tres primeros compartimentos gástricos (rumen, retículo y omaso); su desarrollo demora algún tiempo y está en dependencia que el animal ingiera un pienso seco adecuado (Correa, 2006). Por esta razón anatómicamente el aprovechamiento del alimento en las primeras semanas de vida se da por la funcionalidad de la gotera esofágica, este es un pliegue muscular que se extiende en forma descendente desde el cardias hasta el omaso a lo largo de la pared del retículo, funciona como canal de paso directo del alimento líquido desde su ingestión inicial en la boca hasta el abomaso, evitando el paso por los pre-estómagos, este se contrae luego del estímulo que produce el reflejo de alimentación, permitiendo la formación de un canal tubular de conexión directa entre estas dos estructuras, Con respecto a la digestión abomasal la rennina actúa en la generación de coágulo al convertir la caseína soluble en una red de paracaseína de calcio, que a su vez retiene los glóbulos grasos formando el suero de leche que sirve como transporte de las proteínas y carbohidratos para su consecuente absorción intestinal (Relling & Mattioli, 2007).

El sistema digestivo, en forma anatómica, fisiológica y metabólica madura gradualmente de pasar de digestión monogástrica a rumiante durante los dos primeros meses de vida, esto dependiendo de la dieta del animal (Solano, 2006), el adecuado desarrollo del rumen es esencial para un crecimiento saludable y una subsiguiente mejora productiva (Elizondo, 2006). El desarrollo del rumen implica, tanto, la implantación y desarrollo de la microbiota ruminal y la capacidad de absorción de nutrientes.

5.4. Desarrollo del rumen

En los rumiantes, al momento del nacimiento de los cuatro compartimentos, sólo el abomaso cumple una función digestiva durante las primeras etapas de vida, Después del nacimiento, las porciones anteriores del aparato digestivo deben desarrollarse hasta lograr las dimensiones y proporciones que tendrán en su vida adulta, lo que produce una serie de cambios anatómicos y fisiológicos de todos los divertículos gástricos, (Bacha, 1999).

Los procesos fisiológicos de la pared del rumen del ternero comienzan desde la primera semana de vida y se considera que a partir de este momento la digestión y el metabolismo del animal están en un estado de transición durante el cual los procesos típicos del animal no rumiante se van transformando en funciones propias de un rumiante adulto (Saquipay, 2011)

Hay notables variaciones, tanto en la forma como en la capacidad, de los distintos compartimientos gástricos, según la edad del animal. Esto va cambiando en los primeros días, semanas y meses (Contreras *et al*, 2010). Especialmente notables son los cambios de tamaño del rumen y abomaso en función de su cambio de condición alimentaria desde lactante a rumiante. (Díaz *et al*, 2008)

La ingestión de alimento sólido es necesario para la estimulación del desarrollo ruminal en el ternero lactante. El desarrollo del retículo-rumen es provocado por la producción de AGV resultantes de la fermentación de los alimentos sólidos en estos compartimentos (Spurgeon, 1995).

El tiempo que tardan los animales en desarrollar anatómicamente y funcionalmente el rumen determina el ritmo al que los procesos digestivos pasan de depender de las enzimas producidas por el animal, a la relación simbiótica que se establece con los microorganismos ruminales

(Triviño, 2010). El consumo de forrajes incide en el rápido desarrollo del rumen en tamaño y funcionamiento, luego de 60 días de nacimiento, el rumen experimenta su máximo crecimiento, alcanzando proporciones próximas a las del adulto con respecto a los otros órganos digestivos y al peso corporal. Para este tiempo el ternero estará preparado para ser destetado y la microbiota Ruminal debe estar completamente desarrollada. (Bacha, 1999)

5.5. Crecimiento de las papilas ruminales

El crecimiento del rumen en tamaño, desarrollo muscular y epitelial está influenciado en forma determinante por el manejo de los insumos alimenticios durante las primeras semanas de vida, por otro lado, la absorción de los productos finales de la fermentación depende del correcto desarrollo de las papilas del epitelio retículo-ruminal y de una abundante circulación capilar (Triviño, 2010).

El contacto continuo de los ácidos grasos volátiles (AGV), especialmente del butírico y en menor medida el propiónico, con el epitelio estratificado del rumen estimula el desarrollo de las papilas y, junto con la presencia del dióxido de carbono, estimulan el flujo sanguíneo hacia el epitelio rumino-reticular (Vera, 2014).

La pared interna del rumen excepto los pilares está cubierta de papilas incrustadas en el epitelio las cuales son más desarrolladas en los sacos ciegos y dorsal, donde parece existir mayor actividad absorbente de los productos finales de la fermentación. En los primeros días de vida se observan múltiples y rudimentarias papilas que miden entre 0.1 y 1.6 mm. Estas papilas, y el tracto digestivo en general, sufren grandes cambios entre el nacimiento y el momento en el cual el rumen se hace funcional (Triviño, 2010).

Estas crecen rápidamente con la ingestión de alimentos sólidos y alcanzan su longitud máxima (5 – 7mm) alrededor de las 8 semanas de edad y desarrollan formas foliadas, filiformes o cónicas, el desarrollo papilar depende de los productos de la fermentación ruminal, dada por la naturaleza química de la dieta y el desarrollo muscular, (Saquipay, 2011).

El desarrollo papilar se estimula más por los productos finales de la fermentación ruminal que por la naturaleza fibrosa del pienso. El espesor del estrato muscular solo se modifica ligeramente, pero las papilas rumiales de la mucosa lo hacen intensamente en terneros alimentados con concentrado, no así en los que reciben grandes cantidades de forraje. (Correa, 2006).

González 2006 muestra en su figura 3 el de desarrollo de papilas rúmiales: bajo desarrollo papilar (izquierda), desarrollo óptimo (derecha).



Figura 3: Periodo de transición de lactante a rumiante (Relling & Mattioli, 2007)

Correa (2006) afirma que la dieta es el factor fundamental o determinante en la morfología de la pared ruminal. El desarrollo papilar se debe en parte a la presencia de ácidos orgánicos, especialmente los volátiles que aparecen normalmente en el rumen adulto, por lo que el consumo de alimentos balanceados, estimula el crecimiento y la presencia de productos que originan AGV que es un factor necesario para la maduración papilar.

5.6. Bioactividad ruminal y pH

La bioactividad ruminal es un sistema indirecto de medición de actividad microbiana, con el cual se busca analizar de forma rápida la respuesta metabólica oxidativa reductiva de las bacterias, para lo cual se utiliza una solución de azul de metileno al 0.03%, la cual será adicionada en una proporción de 1 a 20 partes de fluido ruminal, basándose en el principio de medición de calidad higiénica y bacteriana de la leche por reducción del azul de metileno, donde se busca medir la rapidez con que cambia de color está en función de la población bacteriana y por ello puede ser un índice del grado de contaminación de la leche, siendo el mismo principio de la prueba de bioactividad ruminal, donde por la gran cantidad bacteriana por mililitro de fluido se obtiene un resultado con mayor rapidez, la cual fue descrita por Rosenberger (1983) y Roussel (2003) quienes describieron el análisis de los resultados basados en un tiempo fijo, con el cual estableció un sistema de medición basado en el control de tiempos de reacción decolorativa, siendo los 6 minutos el tiempo de partida para tomar un resultado Roussel (2003), cuando el tiempo supera este límite se relaciona con una bioactividad ruminal baja, y por otro lado cuando el lapso es menor se relaciona con una mayor cantidad bacteriana. Aunque particularmente es una prueba subjetiva ya que en ningún momento se realiza un conteo exacto de la cantidad de

colonias microbianas presentes. Por otra parte como complemento de esta prueba se realiza la medición de pH del fluido ruminal, el cual está estrictamente relacionado con la colonización de los microorganismos ruminales, quienes se ven afectados por la variación y los cambios bruscos de pH, cada microorganismo posee un rango de pH óptimo para desarrollarse por lo que la flora normal del rumen se desarrolla en un rango de pH de 5,5 a 6,9. Fuera de éste rango el pH extremo favorece el desarrollo de otros microorganismos que alteran el patrón metabólico del rumen y enferman al rumiante (Relling & Mattioli, 2007), además de entender que la variación de pH depende de la dieta animal el estado de salud así como de la producción diaria de AGV, por lo que en diferentes horas del día existe variación en cuanto a las lecturas de pH, por otra parte la bioactividad ruminal y el pH se pueden tomar como una fuente cuantitativa de variación y desarrollo ruminal.

5.7. Microorganismos eficientes

Los microorganismos eficientes (ME) conocidos como EM por sus siglas en inglés (efficient micro-organisms) fueron desarrollados en la década de los 70, por el profesor Teruo Higa de la Facultad de Agricultura de la Universidad de Ryukyus en Okinawa, Japón. Teóricamente este producto comercial se encuentra conformado esencialmente por tres diferentes tipos de organismos: levaduras, bacterias ácido lácticas, bacterias fotosintéticas entre otras (Escalona, 2014). Todos estos son compatibles entre sí y pueden coexistir en cultivo líquido. (Higa & Parr, 1994). La fermentación, la producción de sustancias bioactivas, la competencia y antagonismo con patógenos, son algunas de las cualidades que estos microorganismos presentan

y ayuda a mantener un equilibrio natural entre los microorganismos que conviven en el entorno, trayendo efectos positivos para la salud y el ecosistema (Acosta, 2012).

Son particularmente efectivos bajo condiciones óptimas de sustrato, disponibilidad de agua, presencia o ausencia de oxígeno (dependiendo de si los microorganismos son aeróbicos o anaeróbicos), pH y temperatura ambiental. Gracias a una mayor conciencia sobre sus múltiples beneficios y los adelantos tecnológicos para reproducirlos de manera eficiente, que aplicados a los animales o hombre, benefician al hospedador toda vez que mejoran las propiedades de la microflora intestinal original (Delgado, *et al.* 2019).

Los microorganismos eficientes tienen una amplia gama de aplicaciones en la ganadería que van desde la recuperación de pastos, alimentación hasta la sanidad del ganado y de las instalaciones se dice que el EM reduce la producción de gases intestinales nocivos (metano) y aumenta la digestibilidad y asimilación de los nutrientes. Pinzón 2019, recalca que su dosificación es variable y depende de la utilización, en alimentación de teneros la dosis a utilizar es de 5ml por litro de leche

5.7.1. Composición microbiológica del EM

5.7.1.1. Levaduras (*Saccharomyces spp.* y otras):

Sintetizan sustancias bioactivas antimicrobianas y sustancias útiles para las plantas, los animales y el hombre, tales como hormonas y enzimas, que ayudan a promover la división celular, todo ello a partir de los aminoácidos y azúcares secretados por las bacterias fotosintéticas (Ecotecnologías, 2009.).

5.7.1.2. Bacterias fotosintéticas (*Rhodospseudomonas spp.* y otras):

Son un grupo de microorganismos independientes y autosuficientes, que sintetizan aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y carbohidratos que promueven el crecimiento y desarrollo de las plantas e impiden o reducen la producción de gases sulfurosos y amoniacales, generadores de malos olores (Ecotecnologías, 2009.).

5.7.1.3. Bacterias ácido lácticas (*Lactobacillus sp.*):

Producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos desarrollados por las bacterias fotosintéticas y las levaduras. El ácido láctico, como agente altamente esterilizador, suprime microorganismos patógenos e incrementa y acelera la transformación de la materia orgánica (Ecotecnologías, 2009).

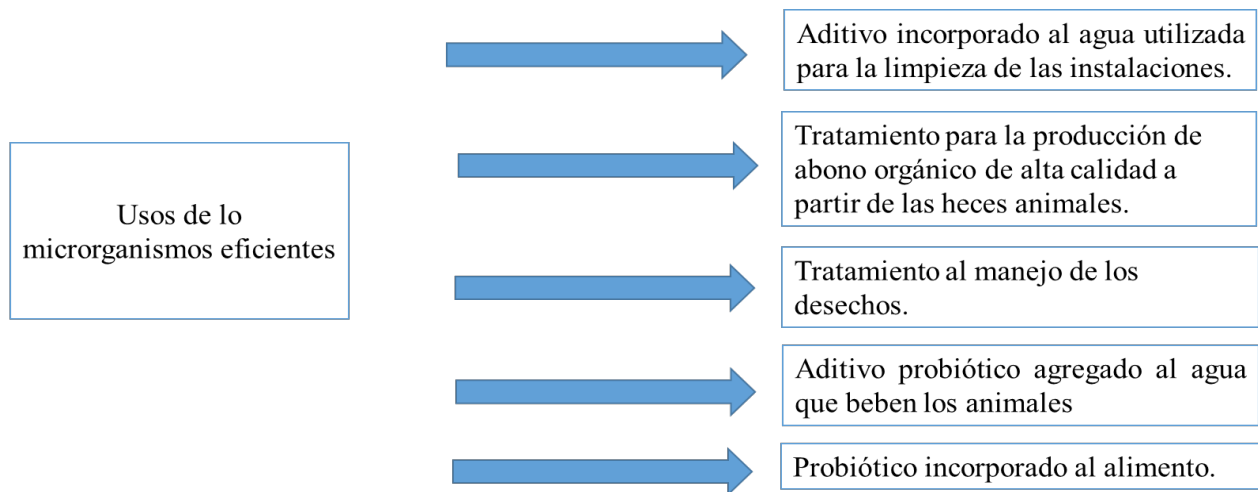


Figura 4: Esquema uso de los microorganismos eficientes. Adaptado de (Sierra, 2010).

Se ha comprobado que los mejores resultados se obtienen cuando se aplican los cinco métodos de manera integral. De todas maneras se obtienen resultados positivos aun aplicando ME en una sola forma (Sierra, 2010).

Dentro de su amplia gama de uso se han empleado aditivos microbianos una alternativa viable en la alimentación del ganado vacuno, debido a que pueden mejorar la salud, promover el crecimiento e incrementar la eficiencia en la utilización de la dieta, para aumentar la producción.

Los probióticos se definen como preparados a partir de microorganismos vivos que, al ser utilizados en dosis apropiadas, benefician al hospedador mejorando las propiedades de la microbiota intestinal original; la dosis debe estar en cantidad suficiente para modificar por implantación o colonización, las poblaciones microbianas de algún compartimiento digestivo del animal hospedero (Lara & Cardona 2012). Aunque los microorganismos probióticos más utilizados son principalmente bacterias capaces de producir ácido láctico, también se incluyen bacterias no lácticas, levaduras y hongos filamentosos.

Los microorganismos eficientes ME prebiótico utilizado en la alimentación de los animales ayudan a balancear la microflora en el tracto digestivo del animal. Los microorganismos benéficos contenidos en el ME incrementan la capacidad de utilización de los nutrientes, disminuyen el olor de las deposiciones, y mejoran la salud de los animales reduciendo el estrés producido por la exposición a gases tóxicos. (Sierra, 2010).

Los Microorganismos eficientes al ser suministrados al animal por medio del alimento o el agua de bebida, incrementan la digestión de los alimentos, se aumenta la población microbiológica que trabaja a nivel ruminal, que al sumarla con los microorganismos propios del rumen tendrá mayor eficiencia en los procesos de degradación y fermentación de la materia orgánica, es así que el trabajo se hace más eficiente y rápido, por lo que se producirán más nutrientes disponibles para la nutrición del Animal, incidiendo directamente en la producción de carne o leche (Sanchez, 2013).

En Colombia los ME son utilizados comúnmente como fuente de inoculación para la producción de compostaje enfocado directamente sobre el mejoramiento de suelos y praderas para la disposición de la ganadería, aunque no se deja atrás su uso como controlador de olores en la industria láctea, uso dentro de la dieta animal ha sido limitada , Bueno & Lesmes (2007) los utilizaron como suplemento dentro de la alimentación de novillas Brahmán relacionando que le uso no negativo para la salud animal pero que tampoco tiene efectos significativos sobre los ítems productivos más comunes.

5.8. Levaduras

Durante los últimos años se ha aumentado de manera considerable el uso de aditivos microbianos que se suplementan en forma directa en sistemas de alimentación animal, formulados principalmente a partir de cepas de bacterias y hongos altamente celulíticos, con esto se ha abierto paso a la utilización de levaduras dentro de la alimentación bovina se ha utilizado durante varios años en rumiantes incidiendo directamente sobre la elaboración de probióticos con variaciones eficientes sobre el desarrollo animal (González & Pérez, 2012).

Se ha documentado que debido al uso de levadura se mejora la eficiencia digestiva, se alteran los patrones de fermentación en el rumen y el intestino grueso, la producción de leche, etc. Factores que mejoran el comportamiento productivo de los rumiantes además existen estudios que demuestran que la levadura viva retira oxígeno del rumen, reduce las poblaciones de estreptococos y de lactobacilos, factores que mejora la eficiencia de la fermentación ruminal (Greene, 2017).

Del grupo de las levaduras *Saccharomyces cerevisiae* se ha empleado ampliamente en la dieta de rumiantes porque tiende a mejorar la producción de leche y a incrementar la ganancia de peso vivo de bovinos en crecimiento. Los productos comerciales a base de la *Saccharomyces* varían ampliamente, tanto en la cepa como en el número y viabilidad de las células de levadura. No todas las cepas son capaces de estimular la digestión en el rumen, posiblemente debido a diferencias en la actividad metabólica (Lara & Cardona, 2012).

Se ha documentado que las levaduras con mayor uso como probióticos pertenecen a los géneros *Saccharomyces*, *Kluyveromyces*, *Hansenula*, *Pichia* y *Candida* y dentro de estos géneros, las especies *S. boulardii*, *S. cerevisiae*, *K. fragilis*, *K. lactis*, *C. saitoana* y *C. pintolopesii* (Suárez & Guevara, 2018).

Dentro de las levaduras la más destacada e importante en la alimentación animal es la *Saccharomyces cerevisiae*, un hongo unicelular, del grupo de los ascomicetos. Este grupo incluye a más de 60.000 especies. En la naturaleza se encuentra sobre sustratos ricos en azúcares o en los exudados y savias dulces de algunas plantas las cuales tienen actividades probióticas diferentes que llevan a respuestas variables en la mejora de la eficiencia de producción. (González & Pérez, 2012)

Existen productos a base de levadura viva desecada donde se busca obtener una concentración de células vivas lo más alta posible. Concentraciones de 10^8 - 10^{10} unidades formadoras de colonia por gramo son las más habituales, Se han empleado levaduras vivas tanto en animales monogástricos como en rumiantes y más específicamente en terneros, y pequeños rumiantes (Suárez & Guevara, 2018).

Además, comercialmente se encuentran varios productos a base de esta levadura. Dentro de estos se encuentra Procreatin C el cual puede ser incorporado en alimentos balanceados,

concentrados, suplementos minerales, raciones a campo u ofrecido directamente a los animales, ya sea en polvo o disuelto en agua fría o leche con una carga de 1.5×10^{10} UFC/g *Saccharomyces cerevisiae*, el cual recomienda una dosis de 3.5 a 5 gramos por ternero al día (Biosur, 2019)

La levadura *Saccharomyces cerevisiae* ha manifestado una comprobada actividad inmunoestimulante en animales de granja, así como mejoras en los procesos de la fisiología digestiva, contribuyendo a obtener mejores resultados productivos (Suarez *et al*, 2016).

Dentro de los principales aportes a la función ruminal y su incremento en el rendimiento están: aumento de la proporción molar de propionato y acetato, creciente de valores a máximos de la proteína bacteriana, mayor degradación de componentes fibrosos de la dieta e incremento de los protozoos, lo que en conjunto ayuda con mayor aprovechamiento de forrajes con altos niveles de fibra y desarrollo muscular y productivo de leche en altas proporciones (Gracia, 2018).

La levadura *S. cerevisiae* cuando es usada como suplemento alimenticio de rumiantes, favorece la anaerobiosis y estimula el crecimiento de bacterias celulolíticas incrementa la síntesis de proteína microbiana entre otras (figura 5).

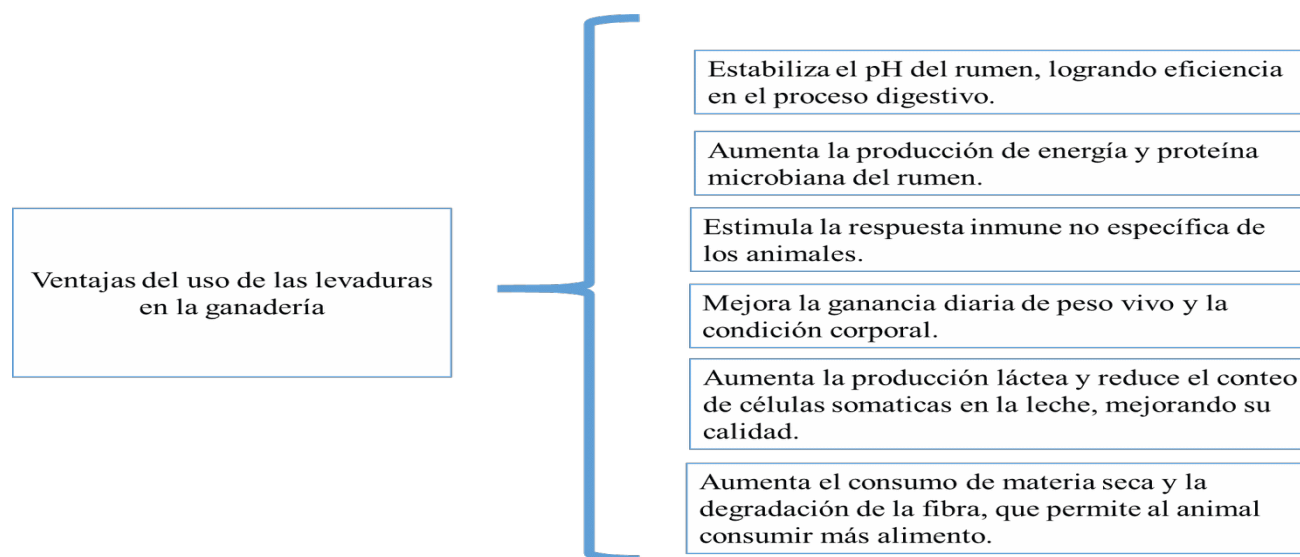


Figura 5: Esquemas ventajas del uso de las levaduras. Adaptada de (Suárez & Guevara, 2018)

La utilización de levaduras en Colombia esta principalmente direccionada hacia la producción de leche donde se han obtenido muy buenos resultados de acuerdo al aumento de la cantidad de litros de leche al día, además Seraquive (2017) describió que la utilización de levadura en ganado Holstein puede aumentar la producción lechera debido a que facilita el aprovechamiento del forraje disponible por medio del aumento de la digestibilidad de la materia seca, además de mantener controlado los niveles de pH, los cuales está relacionado con el desarrollo y crecimiento de las poblaciones ruminales. *Saccharomyces cerevisiae* tiene un efecto positivo sobre la ganancia de peso vivo en terneros de crecimiento y engorde demostrando ser una alternativa viable en la de fácil acceso y con excelentes resultados para la ganadería.

6. Materiales y métodos

6.1. Localización de la investigación

La investigación se desarrolló en el municipio de Guachetá en la finca el Rabanal, perteneciente al grupo empresarial hacienda Santa Ana S.A.S el cual presto las instalaciones de su finca para el desarrollo y ejecución del proyecto.

La finca está ubicada en el municipio de Guachetá en las coordenadas 5° 23' 8" N, 73° 41' 8" W, con una altura de 2500 msnm, una extensión aproximada de 50 hectáreas dentro de las cuales el 70 % está indicado para el manejo y pastoreo de vacas en lactancia, un 12 % para semovientes gestantes y en periodo seco y el 15 % restantes indicado para animales de remplazo. Un 3 % para bodegas y vivienda. Además, cuenta con un sistema de tratamiento de agua potable para el consumo de los animales.



Figura 6: Imagen satelital finca el rabanal Guachetá Cundinamarca. Fuente: Google maps (2018)

6.2. Selección de la Finca

La finca el rabanal cuenta con un sistema de producción bovina de 340 animales en ordeño con un ciclo productivo completo, cuenta con pasto kikuyo en un 80 % de su extensión además de algunas praderas con asociación de pasto ryegrass, una población bovina de la raza Holstein con altos estándares productivos, gracias a su gran genética cuenta con un promedio de 24.4 kilogramos de leche por día, su énfasis productivo se basa en la extracción primaria de leche y su consecuente venta a empresas de transformación, actualmente se producen cerca de 8300 Kilogramos de leche al día, de los cuales se descuenta leche de buena calidad para su posterior utilización en la alimentación de sus hembras de reposición con un sistema de alimentación basado en el consumo de leche cruda pasto y concentrado hasta los 120 días después de su nacimiento donde el sistema de reemplazo se inicia desde el primer día de nacimiento, donde se alimenta con calostro de la madre durante las primeras seis horas además de una limpieza y desinfección del ombligo, con una alimentación inicial de 5 días con consumo *ad*

libitum de calostro, luego su alimentación se inicia con la transición de leche entera, la cual es administrada en baldes tipo estaca con la finalidad de facilitar el manejo además de un acceso continuo a forraje consumible desde el primer día de vida manteniendo un régimen de consumo de dieta de líquida de 6 a 8 litros de leche diarios por animal con acceso a alimento concentrado a partir de los 10 días después del nacimiento con 500g diarios durante el primer mes, el cual aumenta en relación con el consumo diario, para lo cual se realiza control de pesaje una vez por mes, con la finalidad de mantener lotes homogéneos para el destete el cual normalmente se realiza entre el día 90 y 100 post nacimiento luego de esto se alimenta al diario con acceso de forraje concentrado y sal mineralizada a consumo *ad libitum*. Hasta alcanzar la pubertad, donde el primer servicio se realiza entre los 13 y 15 meses de vida, para un parto entre los 22 y 24 meses, con una vida productiva de al menos 8 partos con una producción anual de 9200 kg de leche en lactancia de 305 días, el manejo sanitario se basa en desparasitación control de parásitos externos cada dos meses. Hacienda Santa Ana SAS (2018).

6.3. Unidad experimental

Se emplearon 36 terneros de la raza Holstein, que se evaluaron durante los primeros 90 días de vida los cuales fueron divididos en tres grupos conformados por 12 animales (10 hembras y 2 machos) “ver anexo 1”. Los machos fueron sacrificados al final del estudio como referente en las variables a evaluar.

6.4. Sistema de alimentación

Se utilizó leche como fuente nutricional durante la investigación, se aplicó un plan de alimentación artificial con una cantidad controlada de 8 litros diarios para un total de 720 litros de alimento líquido por individuo durante la fase de lactancia, los cuales fueron repartidos

durante 90 días en dos tomas una en la mañana y otra en horas de la tarde, en periodos de tiempo establecidos con diferencia de 12 horas (6:00 am - 6:00 pm) ,para mantener un control equitativo sobre los animales se realizó un proceso de alimentación en el cual el animal es pastoreado por medio de estacas con acceso *ad libitum* al forraje durante todo el día, para simular de cierta forma las condiciones reales de un individuo con crianza tradicional. Para el consumo del alimento liquido se utilizó baldes para facilitar el manejo y su desplazamiento se mantiene por uso de estacas.

6.5. Descripción de los tratamientos

Para el presente estudio se aplicaron tres tratamientos descritos a continuación:

Tratamiento control (T1) dentro del cual se alimentaron los terneros con leche entera bovina.

Para los dos tratamientos evaluados se realizó una distinción en cuanto al suplemento a utilizar, por este motivo se inició con una dosis determinada para cada tratamiento de microorganismos eficientes la cual fue constante durante la investigación y la variabilidad entre tratamientos será dada por un suplemento nutricional (tabla 1).

Tratamiento 2 (T2) una dosis diaria de 20 ml de microorganismos eficientes más 5 gramos de levadura comercial (*Saccharomyces cerevisiae*) por individuo.

Tratamiento 3 (T3) una dosis de 20 ml de microorganismos eficientes

Tabla 1: Tratamientos experimentales, leche disponible y dosis diaria de ME y levadura según el tratamiento a aplicar

Tratamiento	n	Días en TTO	Leche (lts)	Microorganismos (ml)	Levadura (g)
T1	12	90	8	0	0

<i>T2</i>	12	90	8	20	5
<i>T3</i>	12	90	8	20	0

La obtención de ME y levadura proviene de productos comerciales, EM bioking y Procreatin C, respectivamente. Los individuos fueron alimentados hasta la edad de 90 días siguiendo los tratamientos descritos.

6.5.1. Ganancia de peso y sacrificio.

Para evaluar la ganancia de peso entre los tratamientos se llevó a cabo un control de peso por medio de pesajes establecidos de la siguiente manera, peso al nacimiento y cada 15 días hasta la finalización del tratamiento (día 90) con ayuda de báscula digital de pesaje modelo Bpg X1 con capacidad de hasta 2000 kg (ver anexo 2), teniendo en cuenta que al animal se debe encontrar libre de estrés con un buen apoyo sobre sus cuatro extremidades y la toma de estos datos se hicieron a la misma hora para disminuir variaciones entre pesos.

Los seis machos, dos por tratamiento, fueron puestos en ayuno durante doce horas previo al sacrificio “ver anexo 3”, el cual se llevó a cabo en horas de la mañana, este procedimiento fue realizado en las instalaciones de la planta de beneficio del municipio de Ubaté (Frigorífico Del Valle De Ubaté S.A), departamento de Cundinamarca, el cual cuenta con todos los parámetros sanitarios y de bienestar animal para ejecutar este tipo de actividades, una vez sacrificados se extrajeron los rúmenes los cuales fueron sellados para no tener pérdida de gases ni temperatura durante el transporte al laboratorio.

Se pesaron los cuatro compartimentos estomacales con contenido ruminal (ver anexo 4), luego se realizó un vaciado y lavado con abundante agua fría de todas las cavidades teniendo

especial cuidado para no dañar las estructuras anatómicas presentes, una vez realizado esto se pesó de nuevo en vacío.

6.5.2. Bioactividad ruminal y pH

La evaluación de la actividad microbiana ruminal se realizó por medio de la prueba de bioactividad ruminal (ver anexo 5), por el método del test de reducción del azul de metileno (decoloración), para esto se extrajo contenido ruminal (ver anexo 6) el cual fue centrifugado separando la parte líquida de la parte sólida, se tomó una muestra de 30 ml de líquido ruminal post mortem por repeticiones en cada uno de los tratamientos, cada muestra es separada en tres partes iguales de 10ml depositados en tres tubos de ensayo de 20 ml cada uno, las cuales fueron distribuidas de la siguiente manera: 10 ml de fluido ruminal centrifugado únicamente y dos muestras de la misma cantidad sometidas a una adición de 0.05 ml de azul de metileno al 0.03%, seguidamente cada una es puesta sobre un fondo blanco con el fin de connotar el cambio de coloración y la respuesta de cambio en minutos, para lo cual se utilizó el cronómetro temporizador, observando el cambio de coloración con respecto a la muestra control. Si la decoloración dura más de 6 minutos es baja la actividad microbiana, si dura menos de 6 minutos es alta de acuerdo a la metodología propuesta por Roussel (2001).

Para la medición de pH (ver anexo 5) se tomó en un recipiente de vidrio totalmente estéril una muestra de 50 ml de líquido ruminal post mortem por cada uno de los tratamientos y sus respectivas repeticiones, donde fue sometido al análisis de potencial de hidrogeniones por medio de la utilización de un potenciómetro (Ohaus Starter 300) el cual fue calibrado previamente entre tratamientos.

6.5.3. Desarrollo anatómico y estructural

Para el análisis del desarrollo anatómico y estructural del rumen de los dos animales sacrificados por tratamiento, se extrajo el rumen para medir el desarrollo de las papilas (ver anexo 7), El procedimiento utilizado fue: el retículo-rumen se abrió en un plano sagital, dentro del cual se tomaron 30 muestras totalmente al azar de 0.25 cm² de la porción ventral del rumen, para facilitar el conteo “ver anexo 8” se realizó similar a un aforo de capacidad de carga con ayuda de una hoja milimetrada, luego estos datos se multiplicaron por cuatro obteniendo el número de papilas por cm², la medida del alto de las papilas fue tomada fijando 50 papilas al azar en una hoja milimetrada. Las medidas se llevaron a cabo con la ayuda de: estereoscopio laica Lz4 y calibrador de precisión pie de rey de 0,01 mm.

6.5.4. Metodología estadística

Los datos fueron analizados según un Diseño Completamente al Azar (DCA) con tres tratamientos y 12 unidades experimentales para ganancia de peso, para evaluar longitud papilar, bioactividad ruminal y pH, se utilizaron 2 repeticiones por tratamiento. Datos a los cuales se aplicó el análisis de varianza para determinar la existencia de diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre tratamientos, se aplicó la prueba de Duncan con ($p \leq 0,05$) para establecer cuál de los tratamientos se comportó diferente (Kuehl, 2001). El análisis de la información se utilizó el procedimiento GLM (General Lineal Model) del paquete estadístico SAS 9.1 (2003). El modelo estadístico a emplear será:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + E_{ij}$$

Dónde: Y_{ij} = Variables respuesta a evaluar bajo el efecto de los tratamientos.

μ = Promedio general

τ_i = Efecto de los tratamientos

$i = 1 \dots, t;$

E_{ij} = Error experimental aleatorio

7. Resultados y discusión

7.1. Análisis anatómico

Una notable diferenciación se da en cuanto al color que presentan las estructuras internas de los sacos ruminales para cada uno de los tratamientos aplicados, evidenciando cambios entre tratamientos y repeticiones, para el T1: se observa un rumen de color crema claro que es uniforme entre sus respectivas repeticiones, para T2: el color se observó de igual forma en sus dos repeticiones, siendo estos en comparación al tratamiento control más oscuros de una tonalidad marrón opaca, el T3 muestra una diferenciación marcada entre sus repeticiones, de esta modo la M1 presenta una tonalidad oscura muy marcada en la parte craneal de las papilas, lo contrario es evidenciado en la M2 en la cual se presenta un rumen sin ningún tipo de pigmentación siendo este de un color amarillo claro, los cambios de tonalidad pueden observarse en la (figura 6). Hamada (1970) describió que dependiendo de los minerales presentes en la dieta existe una variación en la pigmentación del tejido ruminal, lo que puede ser un efecto por el que se presentó variabilidad en cuanto a la pigmentación ruminal entre unidades experimentales.



Figura 7: Contraste de pigmentación de los rúmenes de las unidades experimentales.

En la tabla 2, se presentan los resultados obtenidos en cuanto al peso de los compartimentos estomacales con contenido ruminal y vacíos, no se presentaron diferencias estadísticamente significativas $P (0.4982) > (P>0.05)$ entre los tratamientos, pero cualitativamente se hallaron las siguientes características del contenido ruminal para cada uno de los tratamientos aplicados, el T1: se observa gran cantidad de contenido ruminal con tamaños de partículas grandes pasto entero, T2 presenta un contenido fragmentado con partículas de ± 10 mm, el forraje ingerido evidencia alto proceso de digestión, el T3 evidencia un contenido ruminal con partículas no mayores a 5mm. Lo que puede ser un efecto positivo de los ME y levadura los cuales pueden incidir directamente sobre la degradación del alimento.

Tabla 2: Relación de peso de los divertículos estomacales.

Tratamiento	n	Peso lleno(g.)	Desviación Estándar	Peso vacío (g)	Peso R-R (g)	Peso O (g)	Peso AB (g)
Leche	2	5800 (a)	989	1850	1100 (59.4%)	300 (16.2%)	450 (24.4%)
Levadura + ME	2	5275 (a)	1237	1490	870 (58.3%)	240 (16.1%)	380 (25.6%)

<i>ME</i>	2	6500 (a)	212	1690	980 (57.4%)	310 (18.3%)	400 (24.3%)
-----------	---	----------	-----	------	----------------	----------------	----------------

Peso en gramos: Rumén-Retículo (R-R); Omaso (O); Abomaso (AB), entre paréntesis proporción porcentual de cada cavidad estomacal de acuerdo con el peso total de la unidad en vacío, letras iguales no difieren estadísticamente entre sí con un valor de ($P>0.05$).

Elizondo (2006) en su artículo reporta que entre el rumen y abomaso existe una relación inversamente proporcional con la edad, durante las primeras ocho semana de vida el divertículo estomacal con mayor tamaño es el abomaso el cual ocupa el 60% del peso total de los compartimentos, de la semana ocho en adelante se evidencia la modificación anatómica y fisiológica ruminal donde existe una disminución del volumen del abomaso y una expansión del rumen, a los 3 meses de vida el rumen ocupará el 65% de las cavidades estomacales mientras el abomaso solo ocupa un 20%, puesto que el desarrollo ruminal está ligado con la producción de ácidos grasos volátiles, siendo estos los principales precursores del desarrollo papilar, los cuales están directamente relacionados con la palatabilidad de la dieta y la presencia de carbohidratos de fácil fermentación (almidón). Comparado con el presente estudio donde el peso de la cavidades ruminales varía según el tratamiento pero el desarrollo con respecto al tamaño de las cavidades estomacales se relaciona con lo reportado anteriormente por Elizondo (2006), donde el rumen retículo está ocupando 55 % (± 3) del peso total mientras abomaso ocupa un 24% (± 3), además de observar la modificación en la anatomía estructural de crecimiento y desarrollo papilar, que es un indicativo de la presencia de AGV en el rumen, cabe destacar que dentro del presente estudio se evidencia un desarrollo papilar en los tratamientos donde se utilizó ME y levaduras.

La longitud de las papilas ruminales no presento cambios significativos entre tratamientos con un valor de $P(0.4549) > (P>0.05)$, el cambio más notorio se da en cuanto a la estructura

anatómica de las papilas para cada tratamiento (ver anexos 9, 10 y 11), el T1 se observó una creciente formación de papilas triangulares que en su gran mayoría presentan una fase inicial de formación, siendo más notoria su presencia en el saco dorso ventral, con respecto a otras cavidades ruminales que se observan menos desarrolladas, para T2 se encuentran algunas estructuras papilares con mayor tamaño y evidencia de un desarrollo más completo, que adoptan una forma cilíndrica de mayor longitud comparadas al tratamiento control, para el T3 hay diferencia entre repeticiones Figura 8 para M1 las papilas son de mediana longitud presentan una forma alargada de poco grosor distribuidas en mayor proporción a lo largo y ancho del saco dorso ventral, la M2 evidencia una estructura interna papilar muy desarrollada respecto a las demás tratamientos como se muestra en la tabla 3.

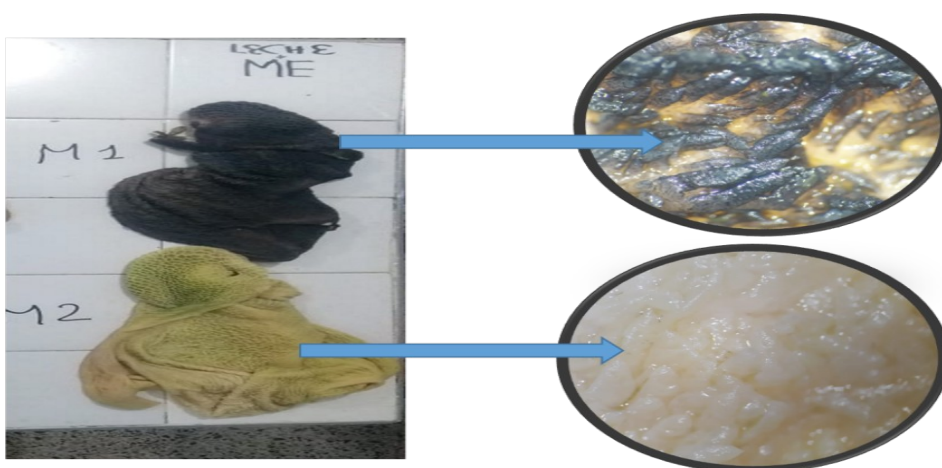


Figura 8: Comparación cavidades ruminales para T3.

Según Elizondo (2006) el cambio de tonalidad de las paredes ruminales puede ser resultado es una mayor vascularización o crecimiento del tejido capilar. Esto puede notarse por la coloración más oscura de las paredes ruminales.

Tabla 3: Longitud de papilas ruminales por tratamiento.

<i>Tratamiento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>
--------------------	-----------------	----------------------------

<i>Leche</i>	1.55 mm _(A)	0.35
<i>Levadura + ME</i>	1.65 mm _(A)	0.63
<i>ME</i>	2.40 mm _(A)	0.84

Letras iguales no difieren entre sí con un valor de ($P > 0.05$).

Vera, (2014) en su investigación, realizó cuatro diferentes tratamientos identificando el desarrollo de las papilas ruminales, sacrificó un animal por tratamiento a los 76 días de edad. Donde el largo de las papilas para cada uno de los tratamientos fue T1 4.8 mm (leche + concentrado), T2 3.6 mm (leche 4 litros día) T3 4.2 mm (leche 6 litros día) T4 4.9 mm (leche + concentrado + líquido ruminal) donde se obtuvieron diferencias significativas frente a una dieta a base de leche en respuesta con lo diferentes tratamientos. Por otra parte, Castro & Elizondo (2012) en su estudio en terneros Holstein de 60 días observaron una medida de 1.93 mm de altura y 0.98 de ancho por lo que concluye que el largo de las papilas es la variable más importante en el análisis de desarrollo ruminal. En la presente investigación la altura de las papilas presenta la tendencia de escaso desarrollo papilar, siendo resultado de nula inclusión de dietas de alta digestibilidad, por lo que el efecto pudo ser menor. De acuerdo con Elizondo (2006), el desarrollo óptimo del rumen es más efectivo cuando hay inclusión de materias primas altamente fermentables en alimentos balanceados; además de observar que de acuerdo a los datos obtenidos por Castro & Elizondo (2012), los animales presentan una menor edad al tiempo del sacrificio además de una utilización de dietas con inclusión de alimento concentrado, por lo que relacionar el tamaño de las papilas del presente estudio no sería adecuado debido a que existe una relación directa entre el crecimiento de las papilas, la edad y la fuente de alimentación.

De acuerdo a lo observado en la tabla 4 donde se relaciona el número de papilas por unidad de área se encontró una diferencia significativa con un valor de $P = 0.0265 > (P > 0.05)$, siendo T3 el tratamiento diferente en cuanto al número de papilas por cm^2 , presenta 127 papilas por cm^2 comparado con el T1 que reporta 184 papilas por cm^2 , evidenciando que el tamaño de las

papilas es proporcional al número de las mismas por unidad de área, esto se puede relacionar con la tabla 3 en la cual un tamaño inferior se dio para el T1 y un mayor número de papilas por cm^2 .

Tabla 4: Numero de papilas por unidad de Área (cm^2).

<i>Tratamiento</i>	<i>Promedio (pap/cm^2)</i>	<i>Desviación Estándar</i>
<i>Leche</i>	240.0 ^(A)	14.84
<i>Levadura + ME</i>	199.5 ^(A)	19.79
<i>ME</i>	140.5 ^(B)	19.09

letras diferentes difieren estadísticamente entre si con un valor de ($P>0.05$)

Existen diferencias significativas para el numero de papilas por unidad de área, siendo el T3 el que presenta variación, esto está estrechamente relacionado con el desarrollo de las papilas ya que se ocupa una mayor área por papila reduciendo su número por cm^2 , coincidiendo con Cavalcanti (2014), en un estudio, afirma que el número de papilas varía según el desarrollo ruminal entre más desarrollo mayor área ocupada, así como menor número de papilas por área. Además de incidir que a mayor edad mayor tamaño de papilas, y que sin importar el efecto de la alimentación se mantiene la altura y el área.

7.2. pH ruminal

Las medidas de pH reportadas en la tabla 5, muestran que no existieron diferencias significativas entre los tratamientos aplicados ($P<0.05$). De acuerdo con Escandalo (2017) el pH ruminal no se mantiene estable durante todo el día, si no que fluctúa, especialmente si la dieta es altamente fermentable o si no se da un manejo adecuado de la alimentación. La cuarentena previa al sacrificio a la cual fueron expuestos los animales pudo incidir en la toma de este dato ya que al restringir la alimentación los microorganismos no pueden realizar un efectivo proceso de fermentación que reporte un dato exacto.

Tabla 5: Medida del pH

<i>Tratamiento</i>	<i>n</i>	<i>pH</i>	<i>Desviación Estándar</i>
<i>Leche</i>	2	6.5 _(A)	0.42
<i>Levadura + ME</i>	2	6.0 _(A)	0.28
<i>ME</i>	2	6.1 _(A)	0.14

Toma de pH: Letras diferentes difieren estadísticamente entre sí, con un valor de ($P > 0.05$)

La continua producción de AGV hace que el pH ruminal sea comúnmente ácido dentro del rango fisiológico de 5.5 y 6.9 los cuales se encuentran dentro de los rangos óptimos para el desarrollo de la población bacteriana, por otra parte a medida que el pH desciende se incrementa la motilidad ruminal lo cual favorece el mezclado y la absorción de AGV, que al abandonar el retículo rumen permiten que el pH vuelva a elevarse, según Relling y Mattioli (2007). Scandolo *et al* (2007) en un estudio sobre las variaciones de pH en diferentes tiempos observaron una disminución del pH en horas de la noche 5.99 y en horas de la mañana un pH de 6.7, coincidiendo con Sepúlveda *et al* (2011) quienes afirman que existen variaciones en el pH durante el día, estando estrechamente relacionado con el tipo de alimentación y su capacidad fermentativa. De acuerdo con lo anterior la levadura incluida pudo actuar como agente regulador de pH, lo que disminuyó la acidez ruminal.

7.3. Actividad microbiana

La metodología propuesta para este proceso por varios autores no presenta una descripción detallada, ya que en los primeros ensayos se tuvieron problemas de visualización de la decoloración por la alta concentración de partículas sólidas dentro de la muestra, por lo cual se buscó alternativas para mejorar el proceso a través de la centrifugación del fluido ruminal, la

lectura de los resultados está ligada a la subjetividad del investigador, ya que la medida está dada por la capacidad visual y objetividad de cada persona. El test de reducción del azul de metileno reportó los siguientes tiempos tabla 6. Con lo cual se evidencia la capacidad que presentan los tratamientos expuestos a ME y levadura para degradar el azul de metileno en un tiempo menor a seis minutos, concluyendo que para estos dos tratamientos al enriquecer la flora ruminal hay un mayor metabolismo bacteriano dentro del rumen, en comparación con el T1 que supera el tiempo de reducción del azul de metileno, que frente a los demás tratamientos demuestra baja actividad, con un valor de $P(0.0535) > (P>0.05)$.

Tabla 6: Prueba de bioactividad ruminal, tiempo de reducción del azul de metileno,

<i>Tratamiento</i>	<i>n</i>	<i>Tiempo en minutos</i>	<i>Desviación Estándar</i>
<i>Leche</i>	2	00:07:10 _(A)	00:00:21:20
<i>Levadura + ME</i>	2	00:05:15 _(B)	00:00:28:50
<i>ME</i>	2	00:05:10 _(B)	00:00:42:20

Letras diferentes difieren estadísticamente entre si con un valor de $(P>0.05)$

Rodríguez *et al* (2011) en su estudio, en el cual mide la bioactividad ruminal de los tratamientos en diferentes tiempos, con dosis de 400 ml para el T1 y 200 ml para el T2 ml de líquido ruminal fresco, observó que en el día cero para cada uno de los tratamientos la Bioactividad medida en minutos para T1 y T2 fue de 7.7 y 8 minutos respectivamente frente al control que fue de 7.7 minutos luego de la administración y pasados los 60 días de estudio se menciona que la bioactividad en promedio es de 5.4 min para T1, 6.0 min para T2 y 7.4 min para el tratamiento control, lo que indica que la administración de líquido ruminal fresco, aumenta la bioactividad ruminal observado en la disminución de tiempos en la reducción del azul de metileno. Estableciendo una relación con los resultados obtenidos al administrar ME y levadura que obtuvo tiempos relativamente menores al rango establecido en el test, debido al

aumento de microorganismos aportados por dichos tratamientos que enriquecen la microbiota ruminal aunque no es un dato totalmente objetivo de acuerdo a la cantidad limitada de análisis realizados.

7.4. Ganancia de peso

Para la relación de la ganancia de peso y el peso final luego del tratamiento, en la tabla 7 se reportan el peso final de cada tratamiento, en el Anexo 12 se muestran los pesos finales de las unidades experimentales para ganancia de peso y en el Anexo 13 se relacionan el pesos al nacimiento y al final de las unidades experimentales sacrificadas. En cuanto a la ganancia de peso y al final del tratamiento, no se obtuvieron diferencias significativas ($P>0.05$). con respecto a cada uno de los tratamientos ejecutados con un comportamiento de pesos similar durante la investigación el cual se presenta en la figura 9.

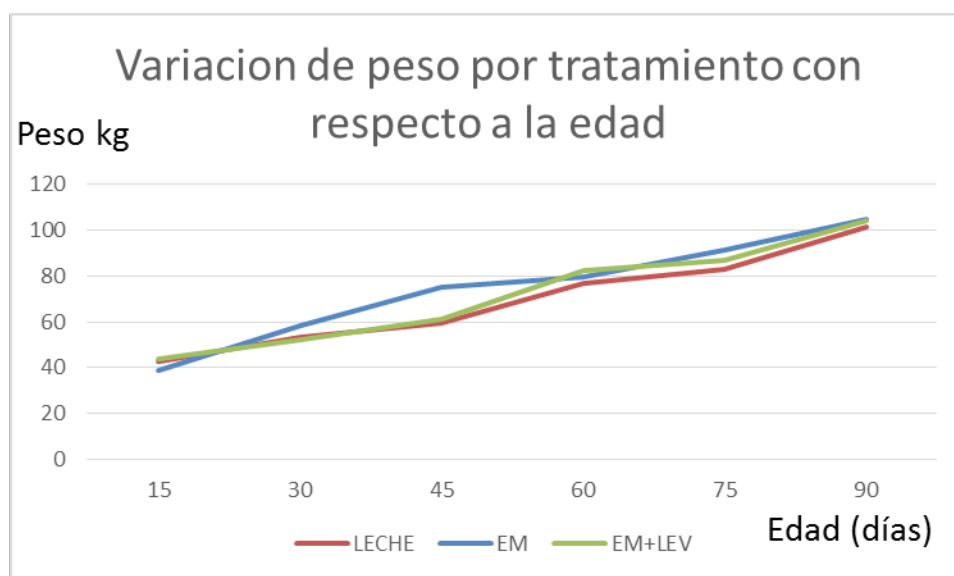


Figura 9: Variación de peso de cada uno de los tratamientos eje X edad en días, eje Y peso en Kg donde se relaciona el promedio por tratamiento en cada uno de los pesajes realizados.

De acuerdo al análisis estadístico realizado el valor de $P (0.2887) > (P>0.05)$, comprobando la inexistencia de diferencias significativas sobre las medias se indica la

homogeneidad entre los grupos con lo cual evidencia que la aplicación de cualquier tratamiento reportado induce el mismo resultado en cuanto al peso final y la ganancia diaria de peso.

Tabla 7: Relación de la Ganancia de peso por tratamiento.

Tratamiento	n	Peso final (Kg)	Ganancia de peso (Kg)	Desviación estandar
Leche	12	101 ^(A)	0.739 ^(A)	5.9
Levadura + ME	12	104 ^(A)	0.769 ^(A)	7.3
ME	12	105 ^(A)	0.800 ^(A)	5.1

Medias con letras diferentes en la misma columna difieren estadísticamente ($p > 0.05$).

En el estudio realizado por García *et al* (2016), en terneras Holstein reporta un peso de 87.8 Kg al destete de 90 días, con ganancias de peso de 544g por día utilizando un sistema de crianza tradicional a base de leche y alimento balanceado, aproximándose a los datos reportados por la asociación Holstein de Colombia para parámetros productivos de ganancia de peso en las primeras etapas de crecimiento es de 650g, los cuales se relacionan con el presente estudio donde el aumento de ganancia diaria de peso presenta un aumento del 32% con relación a los datos referenciados anteriormente, además de obtener un peso al destete de 90 días entre 105 (± 4) el cual se encuentra dentro de los parámetros ideales de crianza bovina, teniendo en cuenta que con la utilización de ME y levaduras como parte de la dieta mejora la relación final de peso con un aumento de ± 4 kg respecto al tratamiento control, concordando con lo reportado por Bueno & Lesmes (2007), González & Pérez (2014) donde concluyeron que al utilizar ME y levaduras respectivamente en sus estudios hay un aumento de peso frente al tratamiento control de ± 6 , aunque estadísticamente no existan diferencias. Por lo tanto el uso de ME y Levadura dentro de la dieta no indujo un efecto superior para ganancia de peso, pero que podrían ser útiles aprovechando sus diversos beneficios.

8. Conclusiones

La evaluación de crecimiento y desarrollo de las papilas ruminales en terneros lactantes de raza Holstein expuestos a ingestión de microorganismos eficientes y levadura no demostró mejoras en el desarrollo de las papilas ruminales, ya que los animales suplementados no obtuvieron una diferencia significativa frente al tratamiento control, pero deja en claro que puede ser un apoyo para el desarrollo anatómico de los animales en posteriores etapas productivas, la actividad microbiana ruminal demostró ser mucho mayor en los tratamientos que fueron expuestos a ME y levaduras, demostrando que su uso en terneros durante la fase de lactancia es una buena alternativa para el enriquecimiento de la flora ruminal, la tendencia de crecimiento papilar y unidades por cm^2 comparada con datos reportados en otras investigaciones, demuestra que los ME y las levaduras no tienen efectos adversos sobre el desarrollo normal de las papilas ruminales por el contrario demuestran viabilidad como acompañante en dietas indicadas para el desarrollo y crecimiento papilar, por lo cual se debe profundizar más ya que es un campo poco explorado dejando a la deriva aspectos de estandarización de cantidades a utilizar, así como el efecto que pueda causar en asociación con diferentes alimentos.

9. Recomendaciones

Desarrollar investigaciones que profundicen sobre el uso de suplementos como los ME y la levadura en la alimentación de terneros en fase de lactancia, y en otras etapas productivas en las cuales su funcionalidad sea más efectiva al combinar la leche con materias primas en las cuales lo ME tengan mayor campo acción.

Un tratamiento control para investigaciones en las que se mida el desarrollo de las papilas ruminales debe tener en cuenta los alimentos concentrados ya que está demostrado el efecto positivo que tienen sobre el desarrollo del rumen, siendo un parámetro de comparación más específico ante cualquier otra alternativa.

La bioactividad ruminal y pH deben ser evaluados in vivo ya que post-mortem los resultados pueden presentar más variación, debido al efecto ambiental y excesiva manipulación a la cual se somete el contenido ruminal.

10. Bibliografía

- Acosta, H. (2012). Microorganismos eficientes de montaña: evaluación de su potencial bajo manejo agroecológico de tomate en Costa Rica. Tesis de maestría. Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza. Costa Rica.
- Araujo, F. O., & Vergara L, J. (2007). Propiedades físicas y Químicas del rumen. Archivo Latinoamericano de Producción Animal, 15(1). 133- 140. Perú.
- Bacha, F. (1999). Nutrición del ternero neonato. XV Curso de Especialización FEDNA: Avances en Nutrición y Alimentación Animal. España.
- Banks, W. (1995). Histología veterinaria aplicada, conducto alimentario. 2ª ed. El manual moderno S.A. México.
- Biosur. (2019). Procreatin C. Levadura para alimentación animal. Ficha técnica del producto.
- Bueno L, C., & Lesmes R, N. (2007). Utilización de microorganismos eficientes en levante de novillas brahmán bajo pastoreo semi- intensivo suplementado en la región de palmira, valle del cauca. Trabajo de grado. Universidad de la Salle. Colombia.
- Castro, P., & Elizondo, J. (2012). Crecimiento y desarrollo ruminal en terneros alimentados con iniciador sometido a diferentes procesos. Agronomía mesoamericana. 23(2):343-352. Costa Rica.
- Cavalcanti, L., Borges. I., Silva. V., Silva. F., Sá. H., Maciel. I., Paula. F & Costa. E. (2011) Morfologia dos pré-estômagos e de papilas ruminais de cordeiras Santa Inês em crescimento submetidas a dois planos nutricionais. Pesq. Vet. Bras. 34(4):374-380, Brasil.

- Contreras, P., & Noro, M. (2010) Rumen: Morfofisiología, trastornos y modulación de la actividad fermentativa. Facultad de ciencias agropecuarias, Universidad austral de Chile. Valdivia. Chile
- Correa, A, F. (2006). Estudio del desarrollo de los estómagos de los rumiantes. Facultad de Medicina Veterinaria Universidad de Granmma. Cuba.
- Delgado, R., Barreto, G. & Rodríguez, H. (2019). Empleo de *Saccharomyces cerevisiae* como tecnología para incrementar la ganancia de peso de terneros. *Avances*, 21(1), 117-128.
- Díaz, R. A., Laurencio, S. M., & Pérez, Q. M. (2008). Factores que influyen en el desarrollo ruminal de terneros de 0 a 6 meses de edad. Universidad de matanzas camilo Cienfuegos. Cuba.
- Díaz, R.A., G, B. J., Bocourt, S. R, .Laurencio, S. M., & Pérez, Q. M. (2007). Los microorganismos del rumen y su papel en la fisiología digestiva del rumiante. Cuba.
- Dyce, W. S. (2003). Anatomía veterinaria, Abdomen de los rumiantes. Mc Graw-Hill Interamericana. México.
- Ecotecnologías. (2009). Los microorganismos eficaces: aliados en el cultivo sostenible de camarones. Artículo de información. Venezuela.
- Escalona, A. M, A. (2014). Microorganismos efectivos, su extracción y uso. *Tecnologías Alternativas para la Agricultura*, Universidad Autónoma de México. México.
- Elizondo, S. J. (2006). Desarrollo del rumen en terneras de leche. *ECAG informa*. 38. 29-32. Costa Rica.
- Fedegan (Federación Colombiana de ganaderos). (2019), Estadísticas ganaderas. Colombia.
- Flores, B. M., Ruiz L. F., Guerrero, C. M., & Romano M. J. (2018) Respuesta productiva de becerros Holstein alimentados con alfalfa de diferente calidad y enzimas fibrolíticas en la etapa pre y pos destete. Universidad Nacional Autónoma México. México.
- García, G. I. (2001). Sistema digestivo en rumiantes, Anatomofisiología. Universidad Nacional Autónoma de Chihuahua. México.
- García, G., Espinosa. M., Estrada. C., Vera. A., Villagómez. A., & Ramírez. R. (2016) Peso corporal al nacimiento y al destete de becerras y su relación con el crecimiento hasta los 7 meses, en sistemas familiares de producción de leche Instituto Nacional de investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México.

- González, M., & Pérez, O. (2012). Evaluación de un suplemento nutricional a base de levadura de cerveza (*Saccharomyces Cerevisiae*) para ganancia de peso en terneros de la granja experimental de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. Trabajo de grado. Colombia.
- Gracia, D. (2018). Uso de probióticos en bovinos Universidad Cooperativa de Colombia Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Colombia.
- Greene, W. (2017). Uso de levaduras en ganado de carne y leche. Tercer Seminario internacional de competitividad en carne y leche. Universidad de Texas. 187-205. Estados Unidos.
- Google Maps (2018). Imágenes satelitales finca el rabanal Guachetá Cundinamarca.
- Hamada, T., Maeda, S., & Kameoka, K. (1970). Effects of Minerals on Formation of Color in the Rumen Epithelium of Kids. National Institute of Animal Industry, Chiba-shi, Japan. Journal of dairy science, Vol-53, N° 5. Japon.
- Higa, T., & Parr, J. F. (1994). Beneficial and Effective Microorganisms for a Sustainable Agriculture and Environment Table of Contents Forward International Nature Farming Research Center. Estados Unidos.
- Kuehl, R. (2001). Diseño de experimentos, principios estadísticos de diseño y análisis de investigación. Thomson editores S.A. Mexico
- Lanaza, F. (2006). Crianza de terneros y reemplazos de lechería. Boletín INIA, 148(1–20), 109–128. Argentina.
- Lara, C., & Cardona, J. (2012). Impacto de un biopreparado con características probióticas sobre la producción de leche bovina en Córdoba-Colombia. Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial vol. 11 no. 1 (75 - 80). Colombia.
- Matute, E., & Chavarría, R. (2007). Transferencia de líquido ruminal o transfaunación en terneros de 2 a 4 meses con trastornos de poco desarrollo corporal en la Finca las Mercedes de la UNA. Tesis de Grado. Universidad Nacional Agraria. Nicaragua.
- Pinzón, N. (2019). Microorganismos eficientes EM. Bioking. Ficha técnica de producto. Colombia.
- Quintero, G, B. (2007). Sustitutos lecheros en la alimentación de terneros. REDVET. Revista electrónica de Veterinaria 1695-7504, 8 (5). Argentina.

- Quiroz O, K., Carmona V, O & Echeverri Z, J (2011). Parámetros Genéticos para Algunas Características Productivas y Reproductivas en un Hato Holstein del Oriente Antioqueño, Revista Facultad Universidad Nacional de Medellín. 64(2): 6199-6206. Colombia.
- Relling, A, E., & Mattioli. G. A. (2007). Fisiología digestiva y metabólica de los rumiantes. Facultad de ciencias veterinarias Universidad Nacional de La Plata. Argentinos.
- Rodríguez, M. C., & Rodríguez, S. A. (2011). Efecto de la administración de fluido ruminal fresco en sobre algunos parámetros productivos en ovinos criollos. Universidad pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja. MVZ de Córdoba, Colombia.
- Rosenberger, G. Enfermedades de los Bovinos. 1ª Edición. Tomo II. Editorial Hemisferio Sur S.A 1983; 321-324.
- Roussel, A. (2001). Procedimientos simples para casos complicados en la clínica de ganado vacuno: discusión sobre casos. Provedesa. México.
- Saquipay, B. M. (2011). Alimentación de terneras de reemplazo. Monografía. Universidad de Cuenca. Ecuador.
- Scandolo, D., Noro, M. Böhmwald, H., Contreras, A., Wittwer, F. (2007). Variación diurna del pH y de las concentraciones de magnesio y potasio del fluido ruminal en vacas lecheras a pastoreo. Archivo Medicina Veterinaria. 39, N. ° 2, Universidad austral de Chile. Chile.
- Sepulveda, P., Wittwer, F., Böhmwald, H., Pulido, R., & Noro, M. (2011). pH ruminal y balance metabólico de Mg en vacas lecheras en pastoreo suplementadas con óxido de magnesio. Arch Med Vet 43, 241-250. Chile.
- Sierra, V. (2010). Evaluación de los parámetros zootécnicos obtenidos en conejos de raza nueva zelanda y california suplementados con microorganismos eficientes. Tesis de grado. Universidad Nacional abierta y a distancia. Colombia.
- Solano, G.W, A. (2006). Respuesta a la Suplementación de terneros Lactantes del Sistema de doble Propósito en el Norte del Cesar. Tesis de grado Universidad de la Salle. Colombia.
- Spurgeon, F. Y. (1995). Anatomía y fisiología de los animales domésticos. Mc Graw-Hill Interamericana. México.
- Suarez, M. C. & Guevara, R. A. (2018). Levadura Saccharomyces cerevisiae en la alimentación de rumiantes. Revisión Bibliográfica. Instituto Cubano de Investigaciones sobre los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA). Cuba.

- Suárez, M. C., Garrido, C. N., Guevara, R. C. (2016) Levadura *Saccharomyces cerevisiae* y la producción de alcohol. Revisión bibliográfica: Instituto Cubano de Investigaciones sobre los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA). Cuba.
- Seraquive, M. E. (2017). Evaluación del efecto de levadura *Saccharomyces cerevisiae* sobre la producción láctea en vacas lecheras en el cantón la maná. Facultad de ciencias de la salud veterinaria. Tesis de grado Universidad de las Américas. Ecuador
- Triviño, P. A. (2010). Evaluación de dos sistemas de alimentación en el desarrollo ruminal y la respuesta productiva de terneros criados artificialmente. Tesis de Grado. Universidad de Valdivia. Chile.
- Uribe, M. (2002). Atlas de histología de vertebrados primera edición. MEXICO: Coordinación de servicios editoriales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Vargas, I. (2009). Morfocinética ruminal, Morfofisiología, trastornos y modulación de la actividad fermentativa. (Vol. 2 edición). Valdivia, Chile.
- Vera, J. E. (2014). Identificación del desarrollo de las papilas ruminales en terneros, de 10 a 90 días en la alimentación con: leche, leche más concentrada y leche más concentrado y líquido ruminal. Tesis de grado. Universidad politécnica estatal del Carchi. Ecuador.
- Villareal, L. (2015). Tracto digestivo del ternero lactante y absorción de vitaminas liposolubles. Actualidad Ganadera N° 20. Producciones creativas. Lima, Perú.
- Wattiaux, M.A y Howard, R.T. (2000). digestion en la vaca lechera. Obtenido de Disponible en: <http://www.babcock.cals.wisc.edu/bab/des/digest/ch1/dig.html>
- Zavaleta, E. (2007). Los ácidos grasos volátiles, fuente de energía en los rumiantes. Universidad Nacional Autónoma México. 223-240. México.

11. Anexos

Anexo 1: Unidades experimentales.



Fuente: Autores 2019.

Anexo 2: Pesaje unidades experimentales.



Fuente: Autores 2019.

Anexo 3: Entrada a sacrificio Unidades experimentales.



Fuente: Autores 2019.

Anexo 4: Divertículos estomacales de las unidades experimentales, peso en lleno.



Fuente: Autores 2019.

Anexo 5: Prueba de Bioactividad ruminal y pH.



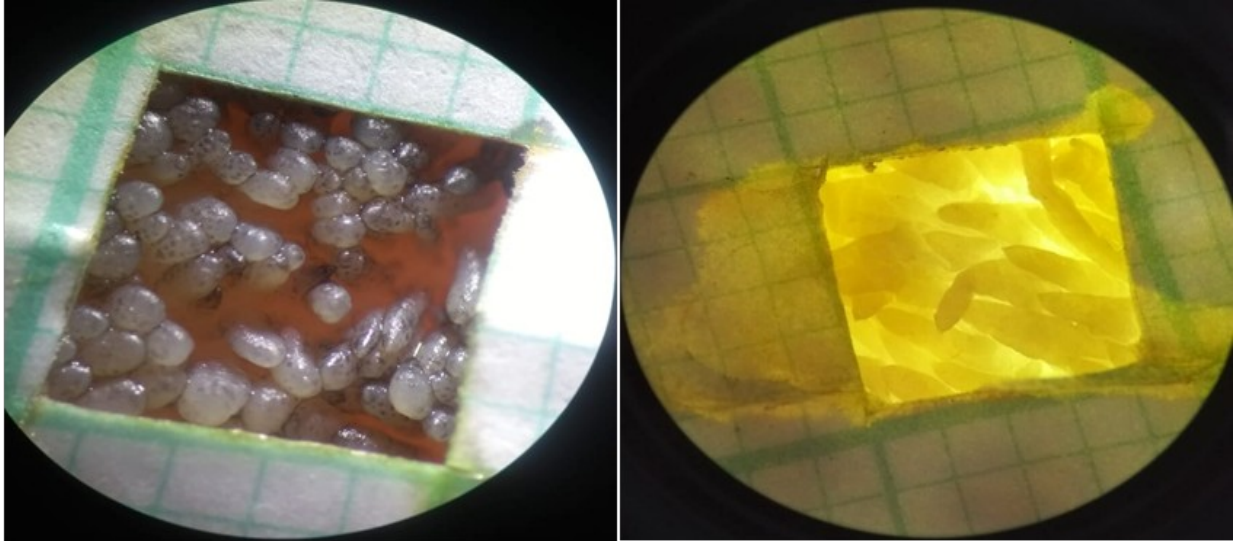
Fuente: Autores 2019.

Anexo 6: Filtración de fluido ruminal para centrifugación.



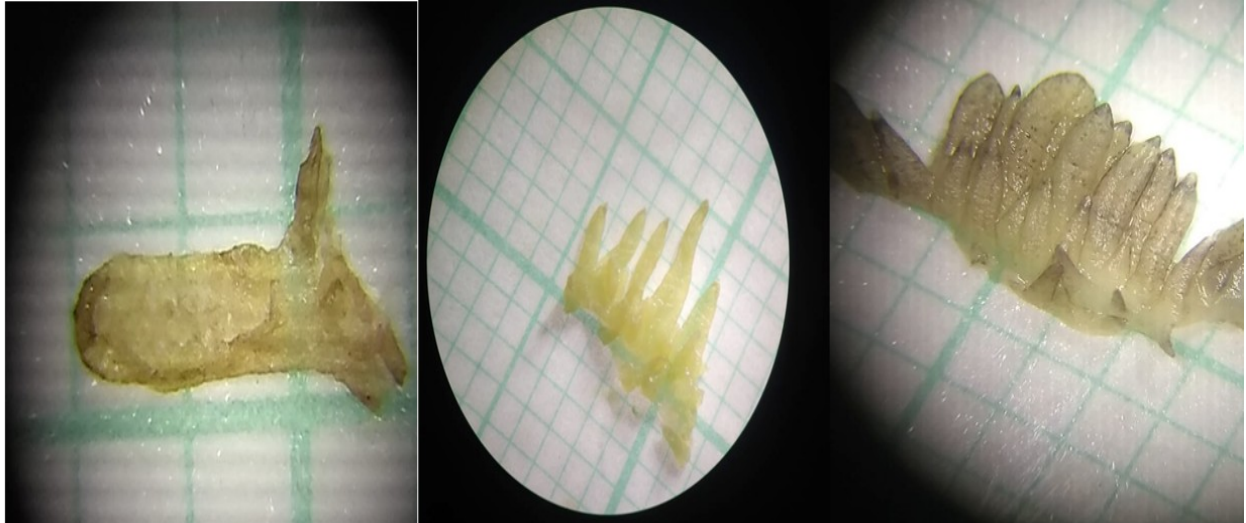
Fuente: Autores 2019.

Anexo 7: Conteo papilas.



Fuente: Autores 2019.

Anexo 8: Medición de papilas.



Fuente: Autores 2019.

Anexo 9: Papilas ruminales animales alimentados con leche.



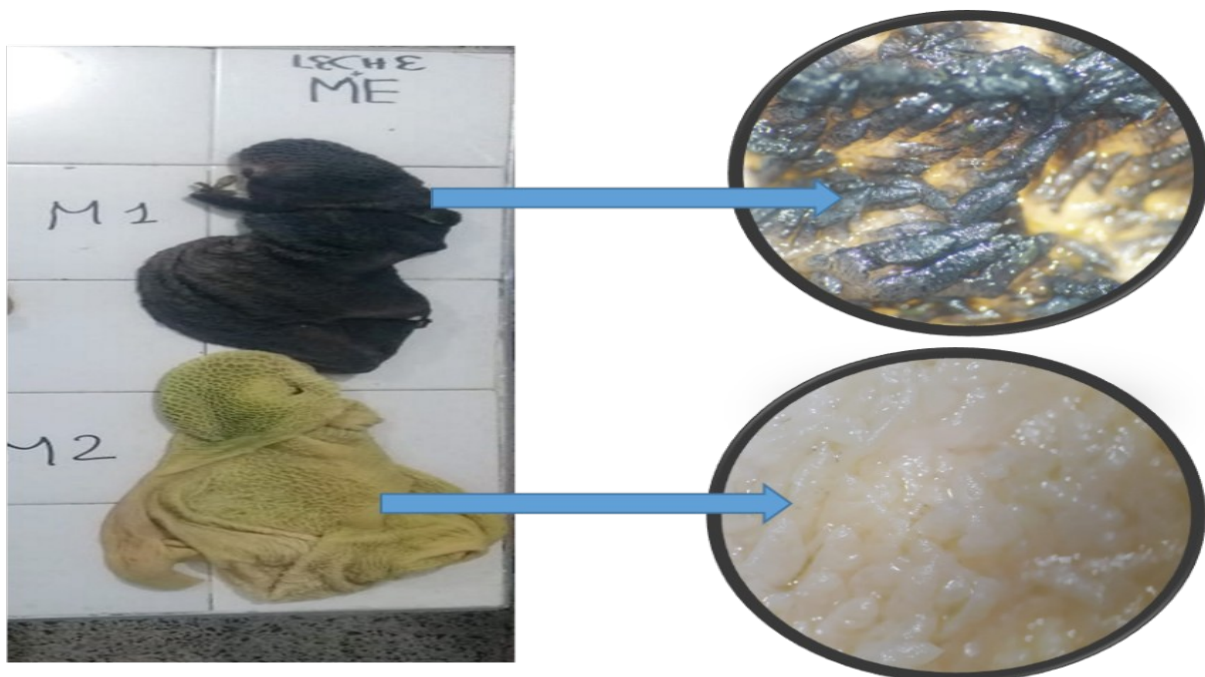
Fuente: Autores 2019.

Anexo 10: Papilas ruminales animales alimentos con Leche + ME + Levadura.



Fuente: Autores 2019.

Anexo 11: Papilas ruminales alimentados con Leche + ME.



Fuente: Autores 2019.

Anexo 12: Pesos al nacimiento y al final del estudio machos.

<i>Tratamiento</i>	<i>Peso Nacimiento</i>	<i>Peso Final</i>
<i>Leche (1)</i>	31	98
<i>Leche (2)</i>	31	104
<i>Levadura + ME (1)</i>	41	112
<i>Levadura + ME (2)</i>	31	100
<i>ME (M1)</i>	31	110
<i>ME (M2)</i>	40	119

Fuente: Autores 2019.

<i>Anexo 13: Peso unidades experimentales a los 90 días. LECHE PV kg a 90 días</i>	<i>Leche + EM PV kg a 90 días</i>	<i>Leche +ME + Levadura PV kg a 90 días</i>
98	110	112
104	119	100
107	101	103
106	101	106
98	104	98
109	97	110
95	94	103
105	112	102
109	103	103
96	98	104
99	111	103
91	109	105
102	105	104
<i>X = 102</i>	<i>X = 105</i>	<i>X = 104</i>

Fuente: Autores 2019.