

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS



Desarrollo de becerras lecheras Holstein bajo dos sistemas de alimentación en
la época de verano

Por:

PATRICIA SOLÍS OLIVAS

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Torreón, Coahuila, México
Septiembre 2020

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS

Desarrollo de becerras lecheras Holstein bajo dos sistemas de alimentación en la época de verano

Por:

PATRICIA SOLÍS OLIVAS

TESIS

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por:

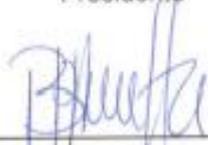
 

DR. OSCAR ÁNGEL GARCÍA

DR. RAMIRO GONZÁLEZ ÁVALOS

Presidente

Vocal

MC. BLANCA PATRICIA PEÑA REVUELTA

MC. MELISA CONCEPCIÓN HERMOSILLO ALBA

Vocal

Vocal Suplente


MC. J. GUADALUPE RODRÍGUEZ MARTÍNEZ
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal

Torreón, Coahuila, México
Septiembre 2020

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS

Desarrollo de becerras lecheras Holstein bajo dos sistemas de alimentación en la época de verano

Por:

PATRICIA SOLÍS OLIVAS

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por el Comité de Asesoría:



DR. RAMIRO GONZÁLEZ AVALOS

Asesor Principal



MC. BLANCA PATRICIA PEÑA REVUELTA

Coasesor



MC. MELISA CONCEPCIÓN HERMOSILLO ALBA

Coasesor



MC. J. GUADALUPE RODRÍGUEZ MARTÍNEZ

Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal

Torreón, Coahuila, México

Septiembre 2020

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por bendecir mi vida, darme fuerza para continuar y llegar a completar mis objetivos y darme fortaleza en los momentos de debilidad y dificultad.

A mis padres Esteban Solís Hernández y Juliana Olivas Vázquez por impulsarme siempre a conseguir las metas establecidas en la vida, por los consejos y valores inculcados.

A mi esposo José Humberto Carranza González, por caminar a mi lado y estar presente en todos los momentos de mi vida

A mis hijos, Naybith Patricia, Nahima Angelica y José Humberto Carranza Solís por apoyarme siempre.

A mis grandes amigos, MVZ. Brhadaranyakopanishadvivekachudamani Erreh Muñoz, MVZ. Rosalinda De La Torre por impulsarme siempre a nuevos retos

A mi asesor, Dr. Ramiro González Avalos, por la confianza ofrecida al realizar este proyecto, por su experiencia y conocimientos

DEDICATORIAS

A mis padres Esteban y Juliana pero sobre todo a mi esposo Jose Humberto e hijos Naybith, Nahlma y Humberto, que sepan que son mi orgullo y mi gran motivación, mi sonrisa de cada día, mi fortaleza y mi debilidad. Ustedes son quienes me impulsan a ser mejor cada día. El camino no ha sido fácil, pero con ustedes a mi lado hemos sabido seguir caminando siempre hacia delante, los amo.

RESUMEN

En la etapa de lactancia la becerro es esencialmente monogástrico por lo que depende del alimento líquido para sobrevivir, no obstante, es conveniente inducirla a la ingestión temprana de alimento, para prepararla para el destete. La presente investigación tuvo como objetivo evaluar diferente sistema de alimentación en becerros lecheras Holstein suministrando leche pasteurizada. 40 becerros de raza Holstein desde su nacimiento fueron utilizadas y de manera aleatoria se incluyeron en 1 de 2 tratamientos: T1= se suministraron dos tomas de leche (3 L am y 3 L pm) hasta el día 57 de vida. T2: dos tomas de leche (4 L am y 4 L pm) hasta el día 45 de vida. Los parámetros evaluados fueron: peso al nacimiento, peso al destete, altura a la cruz al nacimiento, altura a la cruz al destete, ganancia de peso total, ganancia de peso diario y consumo de concentrado, hasta el día 57 de vida. En las variables ganancia de peso total y diaria existió diferencia estadística $P < 0.05$ a favor del T2. Al aumentar la cantidad de leche el desarrollo de las becerros se incrementa.

Palabras clave: Alimentación, Destete, Leche entera, Reemplazo, Rumen.

Índice general

AGRADECIMIENTOS	ii
DEDICATORIAS	ii
RESUMEN	iii
Índice general	iv
Índice de cuadros	v
Índice de figuras	vi
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo	2
1.2 Hipótesis	2
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1 Gotera Esofágica	5
2.2 Alimentación con Leche Entera	8
2.3 Requerimientos Nutricionales	9
2.4 Fases de alimentación de terneras en la etapa de pre-destete	11
2.5 Consumo de Alimento	13
2.6 Compartimiento Estomacal	15
2.7 Morfología del Rumen	18
2.8 Colonización Microbiana del Rumen	23
2.9 Fermentación Ruminal	26
2.10 Consumo de Agua	28
2.11 Estrés Ambiental	31
2.12 Importancia del Calostro	32
2.13 Salud Animal	34
2.14 Destete	35
3. MATERIALES Y MÉTODOS	38
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
5. CONCLUSIONES	45
6. LITERATURA CITADA	46

Índice de cuadros

Cuadro 1.	Ingredientes del concentrado iniciador utilizado en la alimentación de las becerras.	39
Cuadro 2.	Parámetros de crecimiento en becerras lactantes bajo dos sistemas de alimentación	41

Índice de figuras

- Figura 1. Consumo promedio de alimento de becerras con diferente sistema de alimentación. 43
- Figura 2. Consumo promedio de alimento de becerras con diferente sistema de alimentación durante los últimos nueve días de lactancia. 43

1. INTRODUCCIÓN

Dado que las becerras representan el futuro del establo, es preciso que reciban un buen manejo que les permita optimizar su potencial genético. La implementación de programas para la alimentación de becerras es una de las vías para lograr mayor eficiencia en la producción lechera. La alimentación en la vida temprana de la becerro, puede afectar no solamente el desempeño y supervivencia durante el tiempo de la alimentación líquida, sino también la producción futura de leche una vez que la becerro alcanza su edad adulta (Soberon *et al.*, 2012).

La crianza de reemplazos presenta numerosos retos que pudieran impactar negativamente su desempeño si no se manejan adecuadamente, sin embargo también se presentan oportunidades para mejorar el desempeño del animal y disminuir los costos de recría si se saben aprovechar (Belloso, 2005). La implementación de programas para la alimentación de becerras es una de las vías para lograr mayor eficiencia en la producción lechera, ya que en la etapa pre-destete se utilizan cantidades reducidas de leche o sustitutos de leche durante un corto período de tiempo. Desde la primera semana de vida, es necesario el consumo de concentrado iniciador para que la becerro obtenga el desarrollo adecuado del rumen y, por consiguiente, un mejor comportamiento durante el crecimiento (Saucedo *et al.*, 2005).

Establecer y satisfacer los requerimientos de los animales de la mejor forma posible, repercutirá significativamente sobre el bienestar y productividad de los mismos. Excepto por el agua, el primer requerimiento de un animal es por energía. La proteína es el segundo componente nutricional más importante de la

dieta y regularmente recibe la mayor atención ya que es el componente más caro de la ración para la ternera (Elizondo, 2013).

Uno de los principales objetivos de la alimentación temprana de terneras es maximizar el desarrollo del rumen, para alcanzar la capacidad de utilizar y aprovechar los forrajes complementados con el alimento balanceado. Para alcanzar dicho desarrollo, el tracto gastrointestinal y específicamente el rumen, debe sufrir una serie de cambios anatómicos y fisiológicos que son estimulados o acelerados por el tipo de dieta (Castro y Elizondo, 2012). Por otro lado, la respuesta que se obtiene en la crianza del ternero, guarda estrecha relación con el tipo y cantidad de alimento lácteo ofrecido. Así, se conocen resultados del uso de diferentes formas de suministro y cantidades de alimento lácteo con resultados satisfactorios en todos los casos, en dependencia de la cantidad y calidad del alimento ofrecido, tanto el lácteo, como el pienso seco complementario (Garzón, 2008).

1.1 Objetivo

Evaluar diferente sistema de alimentación en becerras lecheras Holstein suministrando leche pasteurizada.

1.2 Hipótesis

A mayor cantidad de leche ofrecida a la becerro, mayor será su desarrollo.

2. REVISION DE LITERATURA

Las terneras que nacen en cualquier explotación lechera, representan una oportunidad para incrementar el tamaño del hato, para mejorarlo genéticamente y para aumentar el ingreso económico de los productores (Elizondo, 2013). El costo de criar un ternero puede reducirse mediante un manejo juicioso de la alimentación para lograr el desarrollo temprano del rumen (Govil *et al.*, 2017).

La respuesta que se obtiene en la crianza del ternero, guarda estrecha relación con el tipo y cantidad de alimento lácteo ofrecido. Así, se conocen resultados del uso de diferentes formas de suministro y cantidades de alimento lácteo, con resultados satisfactorios en todos los casos, en dependencia de la cantidad y calidad del alimento ofrecido, tanto el lácteo, como el pienso seco complementario (Garzón, 2007).

El destete definitivo es una operación a la cual no se le da generalmente la importancia que tiene. El hecho de separar los terneros de sus madres es considerada una práctica más de manejo rutinario, que se cumple en cada campo todos los años. (Bavera, 2008). El principal factor que determina el desarrollo ruminal es la ingesta de alimento seco. Para promover el desarrollo temprano del rumen y permitir el destete temprano, el factor clave es el consumo temprano de una dieta seca para promover el crecimiento del epitelio ruminal (Govil *et al.*, 2017). La leche de desecho puede ser un excelente alimento para los becerros, pues tiene la nutrición de la leche entera y no se puede usar para otros propósitos (Quigley, 2001).

De manera general el desarrollo del estómago de los terneros que ingieren alimentos líquidos y sólidos, sean concentrados o forrajes o con dietas integrales, transita por diferentes fases o etapas. Así, se puede identificar una fase

prerumiante, una fase de transición y una final de rumiante como a continuación se describe (Garzón, 2007).

Fase de prerumiante: El abomaso constituye el principal órgano del estómago relacionado con el proceso digestivo, pues en esta fase de la alimentación es en base al uso de alimentos lácteos o sustitutos líquidos, básicamente, dependiendo casi exclusivamente de esta dieta para el aporte de nutrientes para el mantenimiento y el crecimiento. Esta fase se extiende desde el nacimiento hasta las 2 ó 3 semanas de vida, cuando el ternero inicia el consumo de alimentos sólidos, por tanto, esta fase será tan extensa, como extenso sea el periodo en que no se ofrezcan alimentos sólidos. Fase de transición: Una vez que el ternero inicia el consumo de concentrados, dependiendo de algunos factores como el estado de salud, las tasas de ganancia, disponibilidad de agua y el programa de alimentación láctea empleada, da paso al inicio de la fermentación ruminal. La producción de AGV (Ácidos Grasos Volátiles), junto al efecto físico de la dieta, son los responsables del desarrollo del rumen, que junto al abomaso constituyen los órganos implicados en la digestión, pues aun en esta fase se continua ofreciendo alimentos líquidos, que junto con los alimentos concentrados constituyen los principales alimentos de esta etapa. Esta fase continuara hasta tanto sean ofrecidos alimentos lácteos al ternero. Fase de rumiante: Esta fase se inicia con el destete de los animales y dura hasta el final de su vida. Por tanto, los productos secos son la única fuente de alimentos, junto al agua que constituye un elemento imprescindible para que el proceso digestivo ruminal se lleve a cabo. En esta fase el rumen pasa a ser el principal órgano del tracto digestivo, produciendo elevadas cantidades de AGV y proteína microbiana por medio de la degradación

de alimentos ofrecidos, dependiendo de este proceso la producción de la mayor cantidad de energía y proteína que requiere el ternero, ya que algunos nutrientes no son degradados en el rumen y pasan a las partes bajas del intestino, donde se degradan por las enzimas digestivas que allí se vierten (Garzón, 2007).

Los programas de destete temprano y de alimentación con leche restringida se han utilizado ampliamente como estrategias para reducir los costos de alimentación de la cría de terneros. Esto se puede lograr fomentando la ingesta temprana de alimentos secos que estimule el desarrollo del rumen y permita lograr un crecimiento satisfactorio y una buena salud con menos leche (Yavuz et. al., 2015).

2.1 Gotera Esofágica.

El surco esofágico es una estructura anatómica que permite la entrada directa de leche en el abomaso desde el esófago. Este surco se cierra en respuesta al estímulo químico proporcionado por la acción de la composición de succión del fluido. El surco deriva solo leche directamente al abomaso para la digestión (Booth, 2003). El surco reticular (gotera esofágica) es una estructura anatómica de los terneros, corderos, cabritos y otras especies rumiantes, cuya máxima funcionalidad se manifiesta en la etapa de lactante. El cierre de este surco asegura que los alimentos lácteos (leche, sustituto lácteo o suero reconstituido) se dirijan directamente por el orificio retículo-omasal al abomaso, eludiendo su pasaje al retículo-rumen, lugar donde se cumplen los procesos de coagulación de la caseína y la primera etapa de la hidrólisis lipídico-proteica de la leche (Pochon, 2002). Es la acción de este surco lo que hace que el ternero prerrumiante digiera el alimento líquido similar a un animal monogástrico. Sin

embargo, la capacidad funcional de este surco disminuye con la edad y la transición a alimentación sólida (Mecitoglu et al., 2017).

El cierre insuficiente de la gotera esofágica provoca trastornos digestivos que conducen a una sintomatología clínica gastroentérica, la cual frecuentemente se acompaña con una dilatación ruminal por fermentación bacteriana de la leche. Esta situación conduce al timpanismo, que trae aparejados pérdida de peso, falta de crecimiento y hasta la muerte de animales (Pochon, 2002).

La desembocadura del esófago se realiza a nivel de la unión del rumen con el retículo. Topográficamente, el esófago termina en el hiato esofágico del diafragma, que en la mayoría de los rumiantes se localiza en el octavo espacio intercostal. El cardias tiene la forma de un embudo invertido y desde el punto de vista funcional coadyuva en la fisiología del surco reticular en el pre-rumiante. En los rumiantes adultos facilita el transporte en dirección retrógrada de los gases para el eructo y del bolo alimenticio para la rumia (Pochon, 2002).

En los animales monocavitarios el surco ventricular pone en conexión el cardias con el cuerpo del estómago. En los rumiantes el estómago anterior o proventrículo está dividido en tres partes, rumen, retículo y omaso. El surco ventricular se encuentra dividido por el orificio retículo-omasal y en el orificio omaso-abomasal en tres segmentos: surco reticular, surco omasal y surco abomasal. El rumiante lactante se comporta como un monocavitario, estando representado el surco ventricular por los tres segmentos citados, lo cual le permite que la leche llegue directamente al abomaso para su completo aprovechamiento (Pochon, 2002). El surco esofágico es un canal muscular que corre en la pared anterior del rumen. La acción refleja desde la succión, resulta

en el cierre muscular de esta ranura para formar una tubería cerrada que transfiera leche directamente al abomaso, evitando así el rumen (Ohnstad, 2017).

La leche una vez consumida se coagula entre 1 y 10 minutos por acción de la caseína o de la pepsina, luego el suero se desprende del coagulo y pasa al duodeno, junto con la caseína parcialmente digerida. La escases de cuajo como coagulante parece ser un importante factor predisponente para las infecciones intestinales ocasionadas por E. Coli (Garzon, 2007). La actividad formadora de coágulos ralentiza el paso de la leche permitiendo una digestión más completa de la proteína. La actividad de la renina es rápida y el proceso de coagulación se completa dentro de un minuto después de terminar la comida. Sin embargo, la formación de un coagulo en el abomaso depende del sustrato disponible. La actividad de la renina es alta al nacer y disminuye con la edad del ternero y el consumo de alimento solido (Mecitoglu et al., 2017).

Un hecho interesante es que para la coagulación el pH óptimo es de 6.5 para la renina y 5.25 para la pepsina, mientras que para la proteólisis el pH óptimo es de 3.5 para la renina y 2.1 para la pepsina. Esto permite que la digestión sea eficiente y se produzca una buena absorción de nutrientes, debido a que disminuye la velocidad de pasaje por el tracto digestivo dejando que las enzimas intestinales puedan actuar mediante la hidrólisis de las moléculas complejas. El pH del cuajar vacío se encuentra entre 2-2.8, pero en 30 minutos después de tomar leche aumenta rápidamente hasta alcanzar valores de 4.5-6.0 y a las tres horas y media desciende a los niveles de pre comida, sin embargo el pH se va afectando con la edad, es decir, mientras el animal avanza en edad el

pH se hace más ácido. Pero el pH óptimo del abomaso para que se produzca la coagulación es de 6.1 (Garzón, 2007).

La digestión de la alimentación líquida comienza inmediatamente después de la entrada en la boca. En el prerrumiante, las enzimas salivales de la ternera desempeñan un pequeño papel en la digestión. A diferencia de algunas especies mono gástricas, el ternero no tiene amilasa salival. Esta enzima tampoco existe en el bovino adulto. Sin embargo, el ternero prerrumiante tiene una enzima lipolítica activa en la saliva. La esterasa pre gástrica es un complejo compuesto al menos 6 enzimas diferentes y se secreta desde las glándulas palatinas de la cavidad oral. La esterasa pre gástrica tiene una alta especificidad por el butirato y otros ácidos grasos de cadena corta que se encuentra comúnmente en la leche. La enzima funciona mejor con un pH de 6 (Mecitoglu, 2017).

2.2 Alimentación con Leche Entera

La alimentación con leche entera tiene la ventaja de la proteína caseína que se coagula en el abomaso y se libera lentamente en el intestino delgado. Los sustitutos de leche contienen solo proteína de suero, por lo que no tiene esa ventaja de “liberación lenta”. Se recomienda alimentar dos veces al día, en lugar de una, hasta que los terneros hayan pasado el periodo de mayor riesgo de diarrea (Ohnstad, 2017).

Según la FDA, la alimentación de leche residual que contenga cualquier droga se consideraría técnicamente como un alimento adulterado, aunque la aplicación dependería del inspector, pero podría prohibirse que se le alimente a los terneros. Se necesita más información sobre la absorción de antibióticos en terneros después de haber sido alimentados con leche de vacas tratadas (Mzyk, 2016).

2.3 Requerimientos Nutricionales

Todos los animales requieren de energía para el mantenimiento de sus funciones corporales normales, su crecimiento, su producción y su reproducción (Quigley, 2001). La energía consumida por el animal se denomina energía bruta. Cuando la energía de las heces (llamada energía fecal) se resta de energía bruta, el resultado es energía digerible. Cuando la energía en la orina y la que se pierde en los gases se sustraen de la energía digerible, el resultado es energía metabolizable. La energía metabolizable es nuestra mejor estimación de la energía dietética que en realidad se vuelve disponible para el metabolismo por los tejidos del animal (Quigley, 2001).

Energía Bruta (EB): la cantidad de energía que se libera en forma de calor cuando se quema un alimento específico. Esta es principalmente una medida química y no distingue entre la energía que estará disponible o no para el animal.

Energía Digerible (ED): EB de la alimentación menos la energía perdida en las heces. Es una mejor evaluación del valor energético porque en la mayoría de la energía que se pierde de un alimento consumido se produce a través de las heces. La energía retenida en el cuerpo se clasifica entonces como energía "digerida". Sin embargo, ED no tiene en cuenta las pérdidas de energía asociadas con la micción, el proceso de digestión y el metabolismo.

Total de Nutrientes Digeribles (TND): una medida comúnmente utilizada en la nutrición del ganado, TDN es muy similar a ED, pero también representa el contenido de proteína digerible de la alimentación porque la proteína también tiene un valor energético. A diferencia de otras medidas de energía, TDN corresponde a 2.0 Mcal de ED.

Energía Metabolizable (EM): se calcula como ED menos la energía

perdida en la orina y los gases producidos durante el proceso de digestión (Cook 2010).

La energía es el potencial para realizar un trabajo. En el ganado, este “trabajo” significa las funciones corporales requeridas para mantener al animal vivo y también las funciones asociadas con la producción, como el crecimiento, la lactancia y la reproducción. Para cumplir con sus requerimientos de energía, el ganado depende de la ingesta de los alimentos energéticos. Se requiere energía para cada reacción biológica del cuerpo. Sin una ingesta energética adecuada, los órganos vitales no funcionan correctamente, las células no se multiplican, los huesos y los tejidos musculares no crecen, la glándula mamaria no produce leche y la reproducción se detiene (Cook 2010). Los animales no utilizan los alimentos tal como son ofrecidos. Más bien, ellos utilizan los nutrientes que son liberados por la digestión y que luego son absorbidos (Elizondo, 2012). Los alimentos líquidos continuarán siendo la principal fuente de nutrientes para mantenimiento y crecimiento hasta que las terneras estén consumiendo más de 0,45 kg de alimento balanceado por día. Bajo un buen manejo en las fincas lecheras, las terneras deberían estar consumiendo una apreciable cantidad de nutrientes provenientes del concentrado hacia la tercera y cuarta semana de vida. El consumo de MS del concentrado puede rondar cerca de 0,8-1,0% del PV a las tres semanas de edad y hasta 2,8-3,0% a las ocho semanas. Para motivar el consumo temprano de alimento sólido, las terneras deben tener acceso libre al agua y a un alimento nutritivo y apetecible desde la primera semana de vida (Elizondo, 2013).

La cantidad de energía que un animal requiere para crecer, por lo general se considera como la energía metabolizable para ganancia, o EMg. Este valor

por lo general se determina midiendo la cantidad de energía existente en 1 kg de tejido corporal y después se calcula la eficacia con la que la energía se deposita en dicho tejido. La cantidad de energía que se deposita en los tejidos del cuerpo varía dependiendo del tipo de tejido de que se trate. Por ejemplo, hay más energía depositada en 1 kg de tejido graso que en 1 kg de proteína. A medida que avanza la edad de los animales va cambiando la composición de la ganancia y, por lo tanto, el cambio de la EMg depende de la edad (y del tamaño) del becerro (Quigley, 2001). El estándar más aceptado para medir la energía en la nutrición del ganado es la calórica, que se refiere a la cantidad de energía requerida para elevar la temperatura de 1 gr de agua a 1º Celsius. En relación con la cantidad de energía requerida y consumida por el ganado diariamente, una caloría es un valor pequeño; por lo tanto, las mega calorías (Mcal, que equivalen a 1 millón de calorías) es la unidad comúnmente utilizada para la nutrición del ganado (Cook 2010). Los requerimientos de energía para ganancia de peso, que es una función del tamaño corporal y la tasa de ganancia de peso, tiene que ver con la energía depositada en los tejidos corporales como proteína y grasa. Con esto presente, los requerimientos diarios de energía metabolizable para ganancia de peso (EM_g), vienen dados por la ecuación: $EM_g \text{ (Mcal/d)} = (0,84 \text{ PV}) \text{ (GVP)}$, donde PV es el peso vivo del animal y GPV es la ganancia de peso vivo esperada, ambas en kilogramos. La eficiencia de conversión de EM a EN_g es del 69% en terneras que se alimentan solamente con leche o reemplazador de leche. Por lo tanto, los requerimientos de energía neta de ganancia (EN_g) se definen como $(0,84 \text{ PV}) \text{ (GPV)} \times 0,69$ (Elizondo, 2013).

2.4 Fases de alimentación de terneras en la etapa de pre-destete

Fase de alimentación líquida: todos o casi todos los nutrientes se satisfacen con leche o reemplazador de leche. La calidad de estos alimentos se preserva por la funcionalidad de la gotera esofágica, que dirige los líquidos directamente al abomaso y así evita su degradación bacteriana en el retículo-rumen.

Fase de transición: tanto una dieta líquida como una sólida a base de alimento balanceado contribuyen a satisfacer los requerimientos nutricionales de las terneras.

Fase de rumiante: la ternera deriva sus nutrientes de alimentos sólidos, especialmente a través de la fermentación microbiana en el retículo-rumen (Elizondo, 2013).

Las cubetas son fáciles de usar, después de que los terneros son enseñados a beber de la cubeta. Las cubetas pueden contener más líquidos que las botellas, son fáciles de limpiar, y pueden ser fácilmente almacenadas o usadas en otras tareas cuando no son usadas para alimentar terneros. Sin embargo, el enseñar a los terneros a beber de las cubetas puede ser frustrante, para usted y para el ternero. El beber de la cubeta va en contra de la naturaleza, los terneros prefieren beber hacia “arriba”, no hacia “abajo”. La mejor manera de enseñar a los terneros a beber de la cubeta es colocando dos dedos (mojados previamente con leche) en el hocico. Deje que el ternero comience a succionar sus dedos. Usando la otra mano, empuje despacio la cabeza del ternero hacia el líquido en la cubeta. Tan pronto como el hocico del ternero alcance la superficie del líquido, abra despacio los dedos que tiene en el hocico para permitir que el líquido pase entre sus dedos y hacia el hocico del ternero

(Quigley, 2001). Las cubetas deben desinfectarse completamente después de cada alimentación (Ohnstad, 2017).

2.5 Consumo de Alimento

Para lograr buenos resultados en el rendimiento de los terneros lecheros después del destete, es necesario que los animales consuman cantidades satisfactorias de alimentos sólidos antes de la extracción completa de la leche. La ingesta temprana de concentrado tiene los efectos beneficiosos de acelerar la motilidad y el desarrollo muscular del rumen y tener una menor incidencia de problemas de salud, lo que permite el destete temprano de animales (De Almeida et al., 2015). La recomendación convencional en el manejo nutricional para los terneros lecheros es destetar tan pronto como la ingesta de iniciador se superior a 680 g/d, como a las 4 semanas de edad (Laarman et al., 2012). Los alimentos líquidos continuarán siendo la principal fuente de nutrientes para mantenimiento y crecimiento hasta que las terneras estén consumiendo más de 0.45 kg de alimento balanceado por día. Sin embargo, bajo un buen manejo en las fincas lecheras, las terneras deberían estar consumiendo una apreciable cantidad de nutrientes provenientes del concentrado hacia la tercera y cuarta semana de vida. El consumo de MS del concentrado puede rondar cerca de 0.8-1.0% del PV a las tres semanas de edad y hasta 2.8-3.0% a las ocho semanas. Para motivar el consumo temprano de alimento sólido, las terneras deben tener acceso libre al agua y un alimento nutritivo y apetecible desde la primera semana de vida (Elizondo, 2013). Los concentrados tienen el mayor efecto en el desarrollo del rumen. La ingesta de alimento sólido aumenta rápidamente cuando se reduce la ración de leche. Las cantidades restringidas de alimento líquido y el consumo de alimento sólido ad libitum afectan positivamente el

desarrollo del rumen en los terneros (Govil et al., 2017). Es importante que los concentrados y el agua fresca estén disponibles en todo momento, ya que los terneros tenderán a comer concentrado mientras esperan a beber leche. Los granos iniciadores se deben introducir gradualmente a partir de la primera semana de vida y deben estar frescos cada día, descartando la comida pasada (Ohnstad, 2017).

Las proteínas, además de ser necesarias para mantener los procesos biológicos, lo son para reposición de tejidos y sangre y para la formación de tejido muscular. El nitrógeno es un componente esencial de las proteínas, y se encuentra presente en ellas aproximadamente en un 16%, variando ligeramente de unas a otras. (Santamaria, 1996).

Los terneros recién nacidos no tienen el rumen funcional y deben obtener todas las vitaminas esenciales con los alimentos. Al recibir una cantidad de calostro suficiente, se cubre buena parte de sus necesidades vitamínicas. La deficiencia de vitamina A se relaciona con enfermedades como la neumonía, diarrea y trastornos oculares. Una falta de vitaminas del grupo B se traduce en riesgos de necrosis de corteza cerebral (Santamaría, 1996).

Los requerimientos energéticos están calculados bajo la premisa de que los animales están en un ambiente termo neutral durante las transformaciones de energía. En dichos ambientes, el animal no requiere utilizar energía en mecanismos para conservar o disipar el calor. La zona termo neutral en terneras muy jóvenes oscila entre los 15-25°C. Por lo tanto, cuando la temperatura ambiental es menor a los 15°C, la ternera debe gastar energía para mantener su temperatura corporal, es decir los requerimientos de energía para mantenimiento se incrementan. Para terneras de mayores edades (>tres semanas) y mayores

consumos de alimento, el límite inferior puede oscilar entre -5 y -10°C (Elizondo, 2013).

2.6 Compartimiento Estomacal.

El desarrollo del compartimiento estomacal comienza durante la gestación. Un estomago primitivo es visible a los 28 días de gestación. Esta bolsa primitiva pronto comienza a diferenciarse en 4 compartimientos distintos. Durante este desarrollo, no hay contribución de tejido esofágico. El retículo, rumen, omaso y el abomaso están visiblemente separados a los 56 días de gestación. La diferenciación tisular también comienza en el útero (Mecitoglu et al., 2017).

El rumen es un divertículo grande, aplanado, lateralmente casi ocupa por completo la mitad izquierda de la cavidad abdominal y se extiende desde el diafragma hasta la cavidad pélvica. Está delimitado externamente por los surcos longitudinales derecho e izquierdo que dan a su vez los sacos dorsal y ventral, también los surcos coronarios anterior y posterior que da lugar a los sacos ciegos anteriores y posteriores. Su cara parcial se relaciona con el diafragma, pared izquierda del abdomen y el bazo. Su cara visceral se relaciona con el omaso, abomaso, hígado, páncreas, intestino, riñón, útero de la hembra, la aorta posterior y la vena cava. El revestimiento interno del rumen esta constituido por un epitelio estratificado corneo y presenta numerosas papilas de formas variadas, particularmente abundantes o voluminosas en la región anterior. Al nacer, las papilas ruminales son menores de 1mm de altura, y con la ingestión de alimentos secos se incrementa notablemente en cuatro semanas. En 7 u 8 semanas alcanza su tamaño y forma normal (Correa, 2006). La pared del rumen consta de dos capas: epitelial y muscular. Cada capa del rumen tiene sus propias

funciones específicas y se desarrolla de acuerdo con los diferentes estímulos. La capa epitelial es la capa absorbente de tejido que está dentro del rumen y está en contacto con el contenido del rumen. Está compuesto por una película muy delgada de tejido que contiene muchas pequeñas proyecciones en forma de dedo llamadas papilas. Estas papilas proporcionan la superficie de absorción para el rumen. Al nacer, las papilas son pequeñas y no funcionales (Govil et al., 2017).

Esta víscera está poco desarrollada en el ternero lactante y está situada en la sub-región xifoidea; su cara izquierda mira hacia el bazo, la derecha hacia el omaso, la craneal al hígado y al diafragma; mientras que la caudal y la dorsal miran hacia el rumen; y por último, la cara ventral del abomaso, sobre el cual se apoya separándola de la pared abdominal. El retículo representa la porción cráneo-ventral del estómago y se localiza centralmente detrás del diafragma. La pared reticular es muy espesa y gruesa. El retículo presenta la membrana mucosa formando pliegues cuya altura es algo mayor de 1 cm en los bovinos, estos pliegues incluyen espacios o celdas de 4, 5 o 6 lados, cuya disposición peculiar da el nombre vulgar en inglés de "Honey Comb", que significa panal de miel. Estas celdas están subdivididas en pliegues más pequeños y los fondos están incrustados de papilas corneas agudas; las celdas se hacen más pequeñas hasta desaparecer gradualmente cerca del surco esofágico del borde del pliegue rumino-reticular. A 3 ó 4 cm de este último, la membrana mucosa ofrece la disposición papilar del rumen (Correa, 2006). El retículo es de poca importancia para el ternero joven, debido a la acción del surco esofágico, la alimentación líquida evita el retículo. Sin embargo, una vez que comienza el consumo de alimento sólido, el retículo se vuelve funcional. En el animal

rumiante maduro, este compartimiento ayuda con la fermentación microbiana de la alimentación (Mecitoglu et al., 2017).

El omaso se distingue muy claramente de las otras divisiones gástricas del rumiante y se sitúa enteramente en la pared derecha del plano medio, a nivel de las costillas, desde la séptima hasta la décima. Tiene una forma ovoide, con un gran eje vertical e incurvado que le da un aspecto arriñonado, presentado para su estudio dos caras, dos bordes y dos extremidades. La estructura interna del omaso es particularmente interesante, ya que el epitelio presenta un cierto número de repliegues en forma de láminas que ocupan casi totalmente la cavidad y se insertan paralelamente al eje del órgano. Las láminas más largas parten de la región de la curvatura mayor; sus bordes son convergentes y miran hacia la curvatura menor. El epitelio que tapiza la cara interna de la curvatura menor se presenta ligeramente plegado en sentido longitudinal; entre estas mucosas y el borde libre de las láminas se encuentra un espacio libre: el canal nasal, que une los dos orificios del órgano. El crecimiento del omaso se produce solamente cuando es estimulado por un consumo periódico de alimentos sólidos (Correa, 2006). Las características estructurales del omaso se desarrollan en la vida fetal temprana. Las láminas del omaso se desarrollan rápidamente entre los días 72 y 100 de la vida fetal. El órgano aumenta de tamaño (longitud) y se desarrollan pequeñas papilas en la superficie de las láminas después del nacimiento. El omaso sirve como un área para la absorción adicional de AGV en el animal rumiante adulto. Tanto el butirato como el acetato se absorben fácilmente de la mucosa omasal del ternero (Mecitoglu et al., 2017).

Abomaso o estomago verdadero, este órgano tiene una función esencial en el ternero prerrumiante (Mecitoglu, 2017). Es un saco alargado que se halla

en su mayor parte sobre el suelo del abdomen. En fetos a término y en animales jóvenes, el abomaso es mayor que el rumen, ya que en las primeras edades, el alimento del animal es lácteo y la leche solamente necesita la actividad del estómago glandular o abomaso. En las tres primeras semanas de vida, el rumen todavía inactivo, no alcanza ni la mitad del contenido abomasal; pero pasado este tiempo cambia la alimentación del animal, haciéndose vegetal y como estos alimentos necesitan de las tres porciones de los estómagos anteriores y en especial del rumen, se cambia la relación de tamaño a favor de este (Correa, 2006). El abomaso funciona como la única porción glandular del estómago bovino. La función principal de este compartimiento en el ternero prerrumiante es digerir la leche mediante la secreción de renina y pepsina. Funciona de manera similar al estómago simple de un animal monogástrico en rumiantes adultos. Desempeña un papel importante en la digestión de proteínas tanto en terneros como en bovinos adultos (Mecitoglu *et al.*, 2017).

2.7 Morfología del Rumen

El rumen está compuesto de epitelio estratificado con una capa externa de queratina. Morfológicamente, desde la superficie hasta el lumen, se puede visualizar 4 capas distintas: estrato corneo, estrato granuloso, estrato espinoso y estrato basal. Las papilas ruminales están presentes al nacer en la superficie luminal de todo el rumen. El desarrollo morfológico del rumen se refiere principalmente a las características de las papilas, el grosor muscular y el tamaño del órgano. La longitud, el ancho y el área de las papilas aumentan con la edad y son responsables de la absorción de la dieta y el butirato (Govil *et al.*, 2017).

En rumiantes maduros el rumen es esencialmente una gran cámara de fermentación anaeróbica donde la microbiota del rumen degradante (bacterias,

protozoos, arqueas y hongos) fermenta los piensos no digeribles de origen vegetal, principalmente los ácidos grasos volátiles, acetato, propionato y butirato (Daniels y Yohe, 2014). El desarrollo del rumen parece estar muy afectado por la dieta y los cambios en ella. Un rumen está bien desarrollado si la cantidad y el tamaño de las papilas aumentan mucho, por lo que la superficie de absorción total se extiende y se puede absorber más nutrientes. El rápido desarrollo del rumen en los terneros jóvenes facilita cambios importantes en los metabolitos que pueden tener efectos sinérgicos en el crecimiento. El desarrollo del rumen es un desafío fisiológico importante para los jóvenes rumiantes (Govil *et al.*, 2017). Es relativamente fácil satisfacer las necesidades nutricionales de un ternero joven con solo alimento líquido, sin embargo, esta dieta no promueve el desarrollo del rumen. Además la alimentación líquida no proporciona la tasa de ganancia más económica (Mecitoglu *et al.*, 2017). Es absolutamente crucial que el rumen se desarrolle a temprana edad para que el animal pueda utilizar el alimento de manera más eficiente. Desarrollar el rumen a temprana edad también ayudara a minimizar la aparición de problemas de salud del rumen más adelante en la vida del animal (Fenton, 2016). Una transición suave de un animal monogástrico a uno rumiante, con una pérdida mínima de crecimiento, requiere el desarrollo del retículo-rumen y su población microbiana asociada para la utilización eficiente de dietas secas y basadas en forraje (Govel *et al.*, 2017). Zitan *et al.* (2005), realizaron un estudio con el objetivo de investigar el desarrollo de la mucosa del rumen en terneros Holstein inducidos por diferentes cantidades y tipos de sustituto de leche y la dieta sólida, en el que observaron que la longitud, el ancho y la superficie de las papilas del saco ruminal ventral y la longitud de las papilas del saco ciego ventral fueron mayores en terneros destetados

tempranos, alimentados con bajas cantidades de leche y altas cantidades de concentrado. Por lo cual se concluyó que el desarrollo de las papilas ruminales se estimula en terneros que consumen menos leche y mayores cantidades de concentrado (Zitnan *et al.*, 2005). Se ha demostrado que el suministro de iniciador de ternera tiene efectos sustanciales sobre el epitelio del rumen y el hígado, y puede ser importante en la preparación metabólica de una ternera para el destete (Laarman *et al.*, 2012). Los terneros recién nacidos están sujetos a diversas condiciones nutricionales. La ingesta temprana de alimento sólido, está relacionado con el desarrollo de la fermentación microbiana en el rumen, lo cual podría influir positivamente en el desarrollo funcional del rumen en los terneros (Zitnan *et al.*, 2005). La edad en la que se produce el cambio de la digestión monogástrico a la forma rumiante depende estrechamente de la dieta utilizada. Cuanto mayor sea el periodo en que el animal recibe un aporte copioso de leche menos urgencia sentirá de suplantar su dieta con otros piensos. La pared interna del rumen, excepto los pilares, están cubiertas 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. Al nacimiento las papilas del rumen están muy pequeñas, pero 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. (Garzón, 2007).

Al nacer, los terneros son prerrumiantes, porque si bien cuenta con los preestómagos (rumen, retículo y omaso), no son funcionales, su contenido es estéril y la digestión de alimentos es solamente enzimática efectuada en el estómago verdadero (abomaso) que si es funcional. Los alimentos líquidos al ser

ingeridos pasan de largo, sorteándolo por la gotera esofágica gracias al acto reflejo que la regula. Después de la 2da a 3ra semana de vida, la cantidad ingerida de alimento líquido proporcionado por la leche comienza a quedar en déficit respecto del potencial de crecimiento, por lo que el animal busca otra fuente de nutrientes. El desarrollo del retículo-rumen tiene lugar entre las 4 a 8 semanas de vida, motivada especialmente por el consumo de alimentos secos. Ese mayor ingreso de MS aumenta el consumo de energía, promueve el desarrollo de las funciones y la modificación de las proporciones de los órganos digestivos hacia las del rumiante adulto. Para cuando los terneros son destetados, el rumen ya es el órgano primario del complejo estomacal. Ha ocurrido un incremento en tamaño, grosor muscular, actividad metabólica y riego sanguíneo del rumen, y el único origen de nutrientes es por fuentes sólidas. Al haberse convertido el rumen en el compartimiento principal del complejo estomacal, todo el alimento sólido consumido es expuesto al proceso de fermentación bacteriana antes de alcanzar el cuajo. Además de los cambios en la actividad de los compartimientos estomacales, también cambian el tamaño y las proporciones relativas de los mismos (Bavera, 2008).

La alimentación con leche restringida, alienta el consumo de alimento sólido y ha sido vista como un factor clave en el desarrollo metabólico y físico del rumen. Los ácidos grasos volátiles producidos a partir de la fermentación de sólidos ingeridos, estimulan el desarrollo de papilas ruminales en terneros jóvenes, y el aporte de alimento contribuye al desarrollo muscular y a la expansión del volumen ruminal. Los iniciadores a base de cereales que promueven la producción de AGV, han sido vistos como el tipo de alimento

preferido para desencadenar el crecimiento de las papilas en la pared del rumen (Khan *et al.*, 2011).

Con los sistemas de destete precoz, el tamaño del rumen aumenta rápidamente durante las primeras semanas de vida. El desarrollo de la pared y papilas ruminales tiene lugar por el efecto de los ácidos grasos volátiles, el amoníaco y por la acción mecánica de las partículas del alimento sobre la mucosa. Así pues, el desarrollo de la pared del rumen es casi nulo si no se consume alimentos sólidos y forrajes (Santamaría, 1996).

Cuando las terneras comienzan a comer alimento sólido, principalmente balanceado de tipo iniciador, el rumen empieza a proveerle nutrientes para el crecimiento de microorganismos ruminales y ácidos grasos volátiles (AGV), especialmente ácido butírico, provenientes de la fermentación. El ácido butírico estimula el crecimiento de las papilas ruminales. Aproximadamente tres semanas después de estar consumiendo dosis adecuadas de alimento balanceado, el rumen tendrá suficiente cantidad de microorganismos para fermentar el alimento y suplirle la energía requerida. Estos microorganismos constituyen también una fuente nutricional importante (proteína microbial) conforme pasan del rumen al resto del tracto gastrointestinal, donde son digeridos y absorbidos. La proteína microbial presenta una digestibilidad del 80% y un perfil nutricional muy similar al requerido por las terneras en crecimiento. Por lo tanto, ofrecer un alimento balanceado de buena calidad desde los primeros días de edad, ayuda a que el animal tenga un desarrollo ruminal temprano (Elizondo, 2007).

El bajo aumento de peso e incluso la pérdida de peso al destete se han atribuido al mal desarrollo del rumen (tanto en volumen como capacidad

metabólica) en terneros alimentados con leche ad libitum. Las reducciones en el peso corporal pueden deberse en parte al vaciado del tracto gastrointestinal (en lugar de la pérdida de tejido corporal), pero es poco probable que esto pueda explicar el efecto completo (Khan *et al.*, 2011).

El consumo de forraje estimula la rumia, la producción de saliva y el desarrollo muscular del rumen. Por otro lado, la fermentación de forraje no proporciona concentraciones suficientes de ácidos grasos de cadena corta (AGCC). AGCC son estímulos químicos para el desarrollo del epitelio ruminal, promoviendo su desarrollo estructural y actividad de absorción (Zitnan, 2005). La proliferación y el crecimiento de las células epiteliales escamosas aumentan la longitud y el ancho de las papilas y el espesor de la pared interna del rumen. La ingestión de alimentos secos produce productos finales microbianos que estimulan suficientemente el desarrollo del epitelio ruminal (Govil *et al.*, 2017). Los becerros a los que se les ofrece solo leche tienen incrementos relativamente pequeños en la capacidad del rumen en proporción al peso corporal. A medida que aumenta el peso del compartimiento del rumen, la capacidad también aumenta. Este aumento en el peso del rumen durante el desarrollo está relacionado con la ganancia de peso corporal, la ingesta de alimento sólido y el peso corporal final del animal (Mecitoglu *et al.*, 2017). El desarrollo ruminal inadecuado puede llevar a un aumento de los problemas de salud de la becerro y puede retrasar la edad al destete. Por lo tanto, el desarrollo ruminal ha sido de interés fisiológico tanto económico (Beharka *et al.*, 1998).

2.8 Colonización Microbiana del Rumen

La colonización microbiana del rumen del animal recién nacido representa un paso clave en el desarrollo de la funcionalidad del rumen. El rumen maduro

alberga una población microbiana compleja, con bacterias dominantes seguidas de protozoos y hongos, pero los terneros recién nacidos tienen un rumen estéril. El rápido establecimiento de una población microbiana ruminal activa antes del destete, lleva a un desarrollo más rápido de la función del rumen. La microbiota del rumen es necesaria para el correcto desarrollo fisiológico del rumen y para la capacidad del animal para digerir y convertir la masa vegetal en productos alimenticios. La colonización microbiana del rumen neonatal inicia una cascada de crecimiento y cambios en el desarrollo del animal huésped que finalmente permiten que el animal funcione como un verdadero rumiante. Cuanto antes se introduzca alimento seco en el rumen del ternero, más temprano se producirá el desarrollo microbiano, lo que dará como resultado una mayor actividad metabólica ruminal y un aumento de las concentraciones totales de AGV de los contenidos del rumen. A medida que aumenta el consumo de alimento seco, el número y tipo de bacterias cambia de aerobios a anaerobios y anaerobios facultativos. Esto resulta en una pérdida de microbios aerobios y causa el desarrollo de microbios anaerobios con un aumento en la ingesta del alimento seco (Govil *et al.*, 2017).

La presencia y absorción de ácidos grasos volátiles estimula el metabolismo del epitelio ruminal y puede ser clave para iniciar el desarrollo del epitelio ruminal. Una presencia continua de AGV mantiene el crecimiento, el tamaño y la función de las papilas del rumen. Durante la transición de un animal prerrumiante a uno rumiante, el crecimiento y desarrollo del área superficial de absorción ruminal (papilas) es esencial para permitir la absorción y la utilización de los productos finales de la digestión, específicamente de los AGV del rumen (Govil *et al.*, 2017). El ácido butírico, propiónico y acético son todos

metabolizados por el epitelio ruminal. Las soluciones de ácido butírico y propiónico promueven el mayor desarrollo de las papilas ruminales. Otras sales de sodio, como acetato, cloruro y glucosa tienen poco efecto sobre el desarrollo de la mucosa. Los tres ácidos grasos volátiles exhiben efectos mitogénicos cuando se infunden en el rumen. Sin embargo, el butirato tiene efecto mitogénico mayor que el propionato y el acetato. Esta evidencia sugiere que los AGV, en particular el butirato, estimulan el desarrollo epitelial. El ácido butírico juega un papel vital en el desarrollo de la mucosa del rumen y es crítico para el proceso de desarrollo del mismo. El metabolismo del butirato aumenta con la edad del ternero y también depende del tamaño de las papilas del rumen. La producción total de cetonas es mayor y más rápida en papilas grandes que en papilas pequeñas. Las concentraciones de AGV del rumen, incluido el butirato, aumentan con el consumo de alimento sólido. Este aumento de AGV del rumen corresponde a aumentos en los niveles de AGV en plasma. Los terneros que son destetados en base a la ingesta tienen concentraciones más altas de AGV en el rumen que los destetados en función de la edad (Booth, 2003). Los agentes promotores del crecimiento de las papilas ruminales no son la microbiota ruminal sola o la alimentación seca sola. Más bien, es el butirato del producto final de la fermentación el responsable del crecimiento de las papilas ruminales (Govil *et al.*, 2017).

Durante los primeros dos trimestres de la vida fetal, la mucosa del rumen es lisa y prácticamente no tiene papilas visibles (Mecitoglu *et al.*, 2017). La mucosa del rumen es una estructura compleja compuesta de varias capas, con funciones específicas. La superficie de la mucosa del rumen es un epitelio escamoso estratificado rico en mucopolisacáridos. Las células del sustrato

espinoso y del estrato granuloso pueden producir simultáneamente gránulos de querato-hialina necesarios para la queratinización y la producción de moco. Las células basales son células indiferenciadas implicadas en el metabolismo y la asimilación de productos finales microbianos absorbidos. Esta compleja capa de células es esencial para una adecuada absorción y utilización de nutrientes en el animal rumiante adulto. Además de los cambios en el tamaño del rumen y la superficie de la mucosa, la posición del compartimiento ruminal en la cavidad abdominal cambia durante el desarrollo en presencia de alimento sólido (Booth, 2003).

2.9 Fermentación Ruminal

El ternero lechero nace con un tracto gastrointestinal inmaduro (TGI) y comienza su vida como monogástrico funcional. La transición de un monogástrico funcional a un rumiante se centra en la capacidad del rumen para soportar la fermentación. La capacidad de fermentación ruminal es mínima al nacer y depende de 5 elementos clave: el establecimiento microbiano en el rumen, la disponibilidad de sustrato, la presencia de líquido, la capacidad de absorción del tejido del rumen y la salida de material del rumen hacia el TGI inferior (Daniels y Yohe, 2014). La digestibilidad de la alimentación sólida depende en gran medida de la fermentación en el rumen. Esta capacidad de fermentar la alimentación sólida cambia rápidamente en el becerro. Para utilizar la alimentación de manera efectiva, el rumen debe tener una población microbiana densa y estable, y desarrollar superficies epiteliales para absorber los productos de la fermentación (Mecitoglu *et al.*, 2017).

Las papilas ruminales son estructuras epiteliales compuestas de múltiples capas celulares; las funciones principales de las papilas son aumentar la

superficie de absorción del rumen y absorber los AGV, dejando que la proteína microbiana sea digerida en las regiones más bajas del tracto gastrointestinal. Las papilas ruminales absorben los AGV por difusión pasiva y los transfieren al torrente sanguíneo del animal. El acetato y el propionato en su mayoría se transfieren intactos a la circulación portal del animal, mientras que hasta un 85 a 90% del butirato ruminal se oxida a forma de cetona antes de ingresar a la circulación portal (Daniels y Yohe, 2014). El desarrollo normal de las papilas ruminales es el resultado de los productos de fermentación microbiana (principalmente butirato y propionato), y la estimulación física. La investigación ha sugerido que se requiere una estimulación física adecuada para el desarrollo adecuado de las capas musculares y la motilidad ruminal. La estimulación por alimentación sólida ejercita los músculos del estómago y promueve su desarrollo (Beharka *et al.*, 1998). Para fomentar el desarrollo del rumen se recomienda que los terneros maximicen la ingesta de iniciador fácilmente fermentable, lo que promueve el desarrollo de las papilas ruminales (Laarman *et al.*, 2012). Las muestras de rumen fetal tienen epitelio cuboidal estratificado, sin embargo, las muestras del epitelio ruminal tomadas al nacer muestran una transición de epitelio escamoso estratificado cubico a queratinizado. La capa basal comienza a doblarse para formar papilas. Las papilas comienzan a desarrollarse en la superficie del rumen hacia el final de la gestación. Las papilas pequeñas están claramente presentes en el momento del nacimiento. Estas pequeñas papilas son de aproximadamente 1 a 2.6 mm de largo, son cortas, densamente empaquetadas, y tienen forma cónica. Con la exposición al alimento sólido, las papilas se vuelven más largas, irregulares y tienen una apariencia más de lengüeta. Los espacios interpapilares también son visibles en ese momento. El

desarrollo físico de las papilas es esencial para la absorción de los productos de fermentación del rumen. (Mecitoglu et al., 2017). La alimentación con iniciador para terneros no parece afectar el pH del rumen, lo que puede indicar que el epitelio del rumen se adapta a la fermentación del iniciador de terneros. El epitelio del rumen neonatal depende en gran medida de la glucosa como combustible metabólico, pero el epitelio del rumen maduro deriva la mayor parte de su energía de oxidación de los AGV, y es aproximadamente en el momento del destete que se producen cambios importantes en los sustratos metabólicos existentes. El epitelio del rumen no solo transporta los AGV, sino que también metaboliza algunos de ellos, especialmente el butirato. Entre el 75 y 90% del butirato absorbido se metaboliza en el epitelio ruminal, y el 83% del butirato metabolizado se convierte en cuerpos cetónicos (Laarman et al., 2012).

2.10 Consumo de Agua

El agua, después del oxígeno, es el nutriente más importante para mantener la vida y el desempeño de los animales. Este líquido juega un papel esencial en un número de funciones vitales como digestión, transporte de nutrientes, excreción de desechos y regulación de la temperatura. Una pérdida de 20% de agua corporal total es fatal, lo que puede ocurrir en un número de formas diferentes: a través de la orina, heces, pulmones, superficie de la piel y en la leche (Elizondo 2007). Los becerros deberían tener acceso a agua fresca y limpia desde el segundo día de vida. Es importante tener en cuenta que la leche o sustituto lácteo no proporciona la cantidad adecuada de líquido para la ternera. El agua crea un ambiente que promueve un rápido crecimiento bacteriano en el rumen. Se ha demostrado que los becerros con acceso a agua limpia y fresca tienen un mayor aumento de peso, una mayor ingesta y menor incidencia de

diarrea (Fenton 2016). Las bacterias contenidas en el rumen deben vivir en un ambiente acuático. Sin agua suficiente, las bacterias no pueden crecer y el desarrollo ruminal se relentiza (Govil et al., 2017). El consumo de agua por el animal está influenciado por muchos factores externos e internos que por lo general son muy difíciles de controlar. Numerosos estudios indican que podría hacerse una buena aproximación si consideramos que un animal adulto puede consumir aproximadamente el 8 al 10% de su peso en agua: un novillo de 400 kg podrá ingerir 40 litros por día. El factor más conocido de todos es la temperatura ambiente, en verano siempre hay un mayor consumo (Sager 2000).

Las becerras necesitan agua, y cuando no la hay disponible, el consumo de alimento iniciador se reduce. Como regla general, las becerras siempre deben de tener agua disponible. Solo es posible lograr un consumo agresivo temprano del iniciador si el animal tiene agua para beber. Además es necesario manejar el agua, pues se debe cambiar con regularidad, limpiando los baldes frecuentemente (Quigley 2002).

Los iniciadores para terneros son un enlace crucial entre un correcto desarrollo ruminal y un destete exitoso. Debido a que el consumo de alimento seco inicia el desarrollo del rumen y permite un destete temprano, la disponibilidad y el consumo de iniciador para terneros es muy importante para los terneros antes del destete. Existen muchos tipos de iniciadores y otros alimentos que están disponibles para los terneros. Estos incluyen: iniciadores para terneros texturizados comerciales, iniciadores peletizados comerciales (con o sin productos forrajeros), alimentos para lactantes comerciales e iniciadores caseros molidos y mezclados. Un buen sabor puede ser el factor más importante para elegir un iniciador para terneros. Si a los terneros les gusta el iniciador, y lo

comienzan a comer desde muy temprana edad, descubriremos que los terneros están listos para el destete a una edad más joven. Esto nos ahorra dinero (Quigley 2001).

El desarrollo del rumen es crítico para la utilización de alimento seco. El órgano debe tener suficiente capacidad física, una población microbiana funcional y una superficie de absorción eficiente para utilizar de manera efectiva las raciones iniciales. La estrategia adecuada de destete y la ración inicial óptima contribuirán a reducir el estrés después del destete (Mecitoglu et al., 2017). Aun cuando por lo general destetamos a las becerras a una cierta edad, estos animales más bien están listos para el destete cuando alcanzan un determinado consumo de alimento. Si no han ingerido la cantidad que se requiere de carbohidratos fermentables a la edad del destete, no estarán listas físicamente y surgirán problemas, por lo que el consumo de alimento iniciador es la clave real. Desgraciadamente, esta ración a menudo no se maneja de forma correcta; no se ofrece el iniciador a las becerras sino hasta las 4 semanas de edad. Es prácticamente imposible destetar una becerro a la que nunca se le ha ofrecido el iniciador (Quigley 2002). Un aspecto importante de manejo con el alimento balanceado, es que debe ofrecerse a los animales en pequeñas cantidades al inicio, para luego ir incrementando la cantidad paulatinamente. Es común ver en muchas fincas baldes en frente de las terneras con dos o más kilogramos de alimento, que no es reemplazado hasta que se consuma en su totalidad. Como es de esperar, este alimento se humedece, se llena de hongos y bacterias, reduciendo considerablemente su palatabilidad y consumo (Elizondo 2008). Los iniciadores para ternera no deben tener polvo, moho ni sabor desagradable. Las fuentes de carbohidratos y proteínas, los métodos de procesamiento de

alimentos (biológicos, químicos, mecánicos o térmicos), la forma física de la dieta (texturizada o peletizados) y los aditivos pueden afectar la palatabilidad del alimento iniciador (Govil *et al.*, 2017).

Los baldes para el alimento iniciador puede ser el agujero negro de la explotación lechera. Cuando los limpian, esto solo se hace entre becerras y no mientras un mismo animal los está usando. Es frecuente que no se elimine la suciedad que ocurre comúnmente en estos baldes con heces, orina, moscas, alimento descompuesto, etc. No debe sorprendernos que una becerro no coma el alimento iniciador de un balde sucio (Quigley, 2002).

2.11 Estrés Ambiental

Cuando las becerras tienen que luchar contra el medio ambiente para continuar vivas, no son buenas candidatas para el destete precoz, pues mucho de su consumo de nutrientes se dedica a sobrevivir y no a crecer. Cada vez son más las evidencias que sugieren que cuando un animal enferma, todo su metabolismo se dedica a respaldar la respuesta inmune y no al crecimiento. Una de estas respuestas parece ser la anorexia (falta de apetito), de tal suerte que el animal no desea consumir alimento (ni leche ni iniciador) cuando está enfermo o cuando se expone a un estrés crónico. Son muchos los factores potenciales de estrés ambiental que pueden afectar el inicio del consumo de alimento en las becerras: la calidad del albergue (especialmente cuando modifica su capacidad de mantenerse dentro de la zona de confort térmico), la ventilación, la presencia de lodo, la temperatura, la exposición a corrientes de aire, el contacto con grupos grandes de becerras (especialmente si son portadoras de patógenos) y muchos otros. Cuando el ambiente promueve el estrés, la becerro tiene más probabilidades de enfermarse (Quigley, 2002).

El volumen abomasal en el ternero recién nacido es de 1.0-1.5 litros (Ohnstad, 2017). Estos animales tienen una capacidad limitada de digerir los nutrimentos durante las primeras semanas de su vida. Esta capacidad mejora (en otras palabras, se incrementa la digestibilidad de los nutrimentos) conforme avanza la edad (Quigley, 2002).

De las dos enzimas que actúan coagulando la proteína láctea, es más eficaz la renina, especialmente a pH casi neutro del estómago, inmediatamente antes de la comida. Después de la ingestión de leche, el pH del estómago se acidifica rápidamente por efecto de la secreción de ácido clorhídrico. La digestión final de la proteína y de la grasa tiene lugar en el intestino delgado, bajo el efecto de las enzimas producidas por el páncreas. La lactosa liberada rápidamente del coagulo en el abomaso es degradada por el enzima lactasa para formar glucosa y galactosa, que son absorbidos rápidamente en el intestino. Los terneros jóvenes no están preparados para digerir almidón durante las primeras semanas de vida. Las proteínas son degradadas hasta los aminoácidos que las constituyen. Las grasas son reducidas hasta ácidos grasos y glicerol, después de ser emulsionados por las sales biliares. La digestión que continua en el duodeno no se realiza bajo condiciones de alcalinidad, como consecuencia de la secreción pancreática. Alrededor de las 4 semanas de edad, el ternero es capaz de conseguir en el abomaso niveles de pH próximos al 2, en los que la pepsina y el ácido clorhídrico empiezan a ser más eficaces en la digestión de proteínas de origen no lácteo (Santamaría, 1996).

2.12 Importancia del Calostro

El sistema inmune de la ternera al nacimiento no posee la capacidad de producir suficientes inmunoglobulinas (Ig) que ayuden a combatir las infecciones.

Por su parte, el calostro, la primera secreción producida por la glándula mamaria después del parto, es especialmente rico en Ig o anticuerpos, los cuales proveen a la ternera su protección inmunológica durante las primeras semanas de su vida (Elizondo, 2007). El calostro, además de la inmunidad transferida mediante su absorción en el intestino, también actúa a nivel de la luz intestinal protegiendo el ternero de las infecciones intestinales, evitando así las diarreas infecciosas. Tiene todos los elementos necesarios para nutrir al ternero en los primeros días de vida, actuando también como laxante para expulsar el meconio. Es importante que el ternero tome el calostro durante la primera hora de vida y nunca más tarde de la tercera. A las 12 horas la segunda toma para conseguir el máximo de inmunidad. La inmunidad transferida al ternero es mayor si conseguimos un tiempo de administración de calostro de dos días o más (Santamaría, 1996).

Un becerro recién nacido puede absorber estos anticuerpos a través de la pared intestinal, pero esta habilidad disminuye rápidamente entre las 24 y 30 horas luego del parto. Además de los anticuerpos que ayudan a combatir la enfermedad, el calostro es una buena fuente de proteínas, minerales y vitaminas (College of Agriculture & Biological Sciences, 2004).

El calostro contiene más de 10^6 inmunocélulas maternas viables por mililitro, incluyendo linfocitos T y B, neutrófilos, macrófagos, factores de crecimiento y hormonas como la insulina y el cortisol. El papel de estos factores de crecimiento y hormonas juegan un papel importante en la estimulación del desarrollo del tracto gastrointestinal y otros sistemas en la ternera recién nacida (Elizondo, 2007).

Las vacas tienen un tipo de placentación que no permite el paso de moléculas grandes como lo son las inmunoglobulinas; de esta manera, cuando

el ternero nace no tiene anticuerpos, no tiene defensas. La toma del calostro produce una transferencia pasiva de la inmunidad (Santamaría, 1996).

El calostro contiene grandes cantidades de inmunoglobulinas que son transferidas desde el torrente sanguíneo de la madre. En el calostro se encuentran principalmente 3 tipos de Ig a saber: G, M y A. la mayoría de Ig en el calostro bovino son de clase G. las IgG, IgA y IgM típicamente contabilizan aproximadamente 85%, 5% y 7% del total de Ig en el calostro, respectivamente (Elizondo 2007). Una buena nutrición no es solo para ganar peso, es extremadamente importante para el desarrollo exitoso y la maduración del sistema inmune. La energía y las proteínas son vitales, pero también lo son las vitaminas, como E, C y A, y minerales como el cobre, manganeso, zinc y el selenio para la función inmunológica celular (Wren, 1996).

2.13 Salud Animal

Si un animal se enferma o no, es un equilibrio entre la fuerza de su inmunidad y el nivel de desafío de la enfermedad que enfrenta. Por lo tanto, la prevención y el control efectivos de la enfermedad requieren que el resultado se incline a favor de los animales. Esto significa que deben desarrollarse sistemas de gestión que mejoren las defensas del huésped y reduzca la exposición a patógenos. Para combatir las enfermedades comunes como la diarrea, los terneros recién nacidos dependen completamente de un suministro de calostro para el suministro de anticuerpos y vitaminas A y D. Si se alimenta con cantidades excesivas de leche a los terneros jóvenes, esta se derrama en el duodeno, donde la caseína no se puede digerir. Este excedente interrumpe el equilibrio osmótico y proporciona un medio para la fermentación bacteriana en el intestino delgado, causando diarrea (Ohnstad, 2017).

2.14 Destete

Las becerras normalmente requieren un par de semanas para empezar a comer cantidades significativas de alimento iniciador. Pero eso no significa que no haya que ofrecer iniciador a las becerras durante las dos primeras semanas de vida. De hecho, hay que ofrecerlo, pues las becerras requieren ese tiempo para darse cuenta que eso es para comer, que sabe bien y que pueden satisfacer su hambre comiéndolo. Para estar seguro de que las becerras pueden ser destetadas es necesario conocer cuánto iniciador están consumiendo diariamente (Quigley, 2001).

Después del destete, la ingesta voluntaria de alimento en terneros se rige por la capacidad digestiva de los terneros (volumen del rumen, patrones de fermentación del pienso, absorción y actividades metabólicas del epitelio ruminal, motilidad ruminal y flujo digestivo), atributos físico químicos de la alimentación sólida (naturaleza de los carbohidratos, procesamiento de los piensos, nivel y calidad de las proteínas, tamaño y longitud de las partículas del pienso) y cambios en los metabolitos post absorbidos. Alimentar con grandes cantidades de leche antes del destete puede retrasar el desarrollo físico y metabólico del rumen, deprimiendo el consumo de alimento sólido alrededor del destete (Khan *et al.*, 2011).

Tradicional. Se practica cuando el ternero tiene entre 6 a 8 meses de edad. Anticipado. Generalmente el ternero tiene 4 a 5 meses de edad. Temporario. Consiste en evitar que el ternero mame por dos a tres semanas y se realiza cuando el ternero tiene como un mínimo 60 a 90 días de edad. Precoz. Se realiza cuando el ternero tiene una edad mínima de 60 días. Hiperprecoz. El ternero tiene alrededor de 30 a 45 días de edad (Balbuena, 2010).

Se han intentado muchos esquemas de manejo y ajustes dietéticos en un esfuerzo por promover el destete temprano. Sin embargo, el destete temprano es solo económico y exitoso si el rumen está completamente desarrollado (Mecitoglu *et al.*, 2017).

Los sistemas intensivos de crianza y desarrollo de terneras de lechería, tradicionalmente se han basado en métodos que restringen la alimentación líquida diaria a una proporción del 10% del peso vivo del animal; así por ejemplo, si una ternera pesa 40 kg, se le ofrece 4 litros de leche o reemplazador de leche al día. Este sistema restringido estimula al animal a consumir alimento balanceado durante los primeros días de vida con el fin de estimular el crecimiento y desarrollo funcional del rumen. Desde el punto de vista económico, ese sistema se ha recomendado para destetar a las terneras de forma temprana, con el fin de ahorrar dinero en mano de obra y en alimento líquido sin sacrificar la salud y el bienestar de las mismas (Elizondo y Sánchez, 2012).

Una transición suave de la alimentación líquida (leche o sustituto) a alimento sólido (granos o forraje) es importante para minimizar la pérdida de peso y la angustia al destete (Khan *et al.*, 2011).

Los componentes de la leche (grasa, lactosa y proteína) son digeridos por enzimas abomasales (renina, pepsina, lipasa pancreática) y posteriormente en el intestino (lipasa pancreática, tripsina, quimiotripsina, carboxipeptidasa, elastasa, lactasa). Esta digestión gástrica e intestinal proporciona ácidos grasos de cadena pequeña y media, glucosa, galactosa y aminoácidos al ternero para el mantenimiento de las funciones vitales del cuerpo y el crecimiento. En el ternero joven, la glucosa y los ácidos grasos son las principales fuentes de energía; por lo tanto, el control metabólico glucostático o lipostático puede ser

importante para regular el consumo de leche y el tamaño de las comidas, al menos antes del inicio del consumo de alimento sólido. Los bajos niveles de glucosa en la sangre desencadenan el inicio del hambre, mientras que un aumento de la glucemia indica la saciedad y la interrupción de la alimentación (Khan *et al.*, 2011).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización

El estudio se realizó del 01 de enero al 30 de marzo del 2015, en un establo del municipio de Francisco I. Madero en el Estado de Coahuila; éste se encuentra localizado en la región semi-desértica del norte de México a una altura de 1100 msnm, entre los paralelos 26° 17' y 26° 38' de latitud norte y los meridianos 103° 18' y 103° 10' de longitud oeste (INEGI 2009).

3.2 Animales en estudio

Para observar el desarrollo se seleccionaran 40 becerras de manera aleatoria, las cuales fueron separadas de la madre al nacimiento y alojadas individualmente en jaulas de madera previamente lavadas y desinfectadas. Los tratamientos quedaran como sigue: T1=57 y T2=45 días en leche respectivamente. A las becerras del T1 se les suministraran 6 L de leche: 3 en la mañana y 3 en la tarde hasta el día 50 de vida, del 51 al 57 se alimentaran con 3 L por la mañana. Al T2: 4 L por la mañana y 4 L por la tarde hasta el día 45 de vida. En todos los tratamientos las enfermedades que se registraron para determinar la salud de las becerras fueron diarreas y neumonías. El registro se realizó a partir del nacimiento hasta los 57 días de vida, la clasificación de las crías con diarrea se realizará mediante la observación de la consistencia de las heces, heces normales corresponde a crías sanas y becerras con heces semi-pastosas a líquidas se consideraran crías enfermas. En relación a la clasificación de los problemas respiratorios las crías con secreción nasal, lagrimeo, tos y elevación de la temperatura superior a 39.5 °C se consideraran cría enferma, si no presentó lo anterior se considerara una cría sana. La primera toma de calostro (2 L•toma) tendrá lugar dentro de las 3 h después del nacimiento, posteriormente

se les proporcionara una segunda 6 h posteriores a la primera. Las becerras se alimentaran con leche pasteurizada. Se les ofreció agua a libre acceso a partir del segundo día de vida, el concentrado iniciador se suministró diariamente por la mañana y de ser necesario por la tarde.

3.3 Variable a evaluar

Las variables a evaluar para el desarrollo de las crías fueron: peso y altura al nacimiento y destete, consumo de concentrado. El peso de las crías fue medido en una báscula electrónica digital (L-EQ 400 Torrey ®). Para medir la altura se utilizó una regla. Para determinar el consumo de concentrado se utilizó una báscula electrónica digital (L-EQ 5 Torrey ®), el consumo del alimento (Cuadro 1) se midió a partir del día 3 de vida de las becerras. Cada tratamiento constó de 20 repeticiones considerando a cada becerro como una unidad experimental.

Cuadro 1. Ingredientes del concentrado iniciador utilizado en la alimentación de las becerras.

Ingrediente		%
Humedad	Max.	13
Proteína Cruda	Min.	21.50
Grasa Cruda	Min.	3.00
Fibra Cruda	Max.	8.00
Cenizas	Max.	7.00

3.4 Análisis estadístico

El análisis estadístico para estimar el crecimiento de las becerras y el consumo de concentrado iniciador se realizó mediante un análisis de varianza y la comparación de medias se realizara mediante la prueba de Tukey. Se utilizó

el valor de $P < 0.05$ para considerar diferencia estadística. Los análisis se ejecutaran utilizando el paquete estadístico de Olivares-Sáenz (2012).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en relación a la ganancia de peso (Cuadro 2), mostraron diferencia significativa ($P < 0.05$) a favor del T2.

Cuadro 2. Parámetros de crecimiento en becerras lactantes bajo dos sistemas de alimentación

Variable	T1	T2	Significancia
Peso al nacimiento (Kg)	39	36	($P < 0.05$)
Peso al destete (Kg)	72.4	71.3	($P < 0.05$)
Altura a la cruz al nacimiento (cm)	75	75.3	($P > 0.05$)
Altura a la cruz al destete (cm)	87	86.8	($P > 0.05$)
Ganancia de peso total (Kg)	33.5	35.3	($P < 0.05$)
Ganancia de peso diario (Kg)	0.587	0.618	($P < 0.05$)

En la etapa de lactancia el becerro es esencialmente monogástrico por lo que depende del alimento líquido para sobrevivir, no obstante, es conveniente inducirlo a la ingestión temprana de alimento, para prepararlo para el destete. En relación a la dieta líquida, se prefiere la leche entera sobre los sustitutos de leche ya que es la fuente más natural y completa de nutrientes (Gasque, 2008). Sin embargo Van Amburgh investigó el consumo de sustitutos de leche preparados comercialmente con niveles de proteína que se aproximan a los que se encuentran en la leche entera (Hibma, 2012).

En un experimento llevado a cabo en el Valle de Mexicali, B. C. (Saucedo *et al.* 2005), se comparó el impacto económico entre dos sustitutos de leche de diferente procedencia con el consumo de leche entera en 40 becerros Holstein. Los tratamientos asignados al azar correspondían a: A) 4 L de leche entera por día; B) 4 L de sustituto de leche de fabricación nacional por día; C) 4 L de

sustituto de leche importado por día. Los resultados obtenidos fueron una mayor ganancia de peso en el grupo A, con respecto al grupo B y C. El costo de alimentación líquida fue 41.91% más económica en el grupo B que en el A, y 18.39% más económico en el B, con respecto al C. Estos resultados sugieren que el sistema de alimentación basado en leche entera fue mejor en cuanto a ganancia de peso. Sin embargo, el sustituto de leche de fabricación nacional resultó ser más económico.

En cuanto a la información registrada sobre el consumo de alimento (Figura 1) durante el periodo experimental según los resultados, los animales que tomaron mayor cantidad de dieta líquida presentaron mayor consumo de concentrado iniciador; resultados similares obtuvieron Elizondo y Sánchez (2012), donde a un grupo de becerras (8 becerras y 2 becerros de raza Holstein) se les ofreció una dieta líquida en forma restringida en 2 tomas diarias (2L am y 2L pm) en el caso de T1 y en el T2 se le suministró a los animales una dieta líquida de 8 L (4L am y 4L pm), en dicho estudio las becerras del T2 presentaron menor consumo de alimento balanceado, disminuido desarrollo del rumen y del crecimiento de sus papilas.

Esta situación permite analizar que animales que consumen mayor cantidad de dieta líquida demuestran satisfecha su alimentación, por lo que no experimentan la necesidad de consumir alimento balanceado en mayor proporción.

Sin embargo los resultados que obtuvimos en este experimento en el T2 con un consumo superando así los resultados reportados por Alfani *et al.* (1996) donde utilizaron diferentes edades al destete (6, 8 y 10 semanas) en 142 becerros, donde el consumo de concentrado y heno al destete mencionado y a

los 90 kg aproximados de peso no fue afectado por la edad al destete, obteniendo consumos de: 0.719 (1.7% de peso vivo), 1.288 (2.6% del peso vivo) y 0.930 (1.5%) del peso vivo respectivamente.

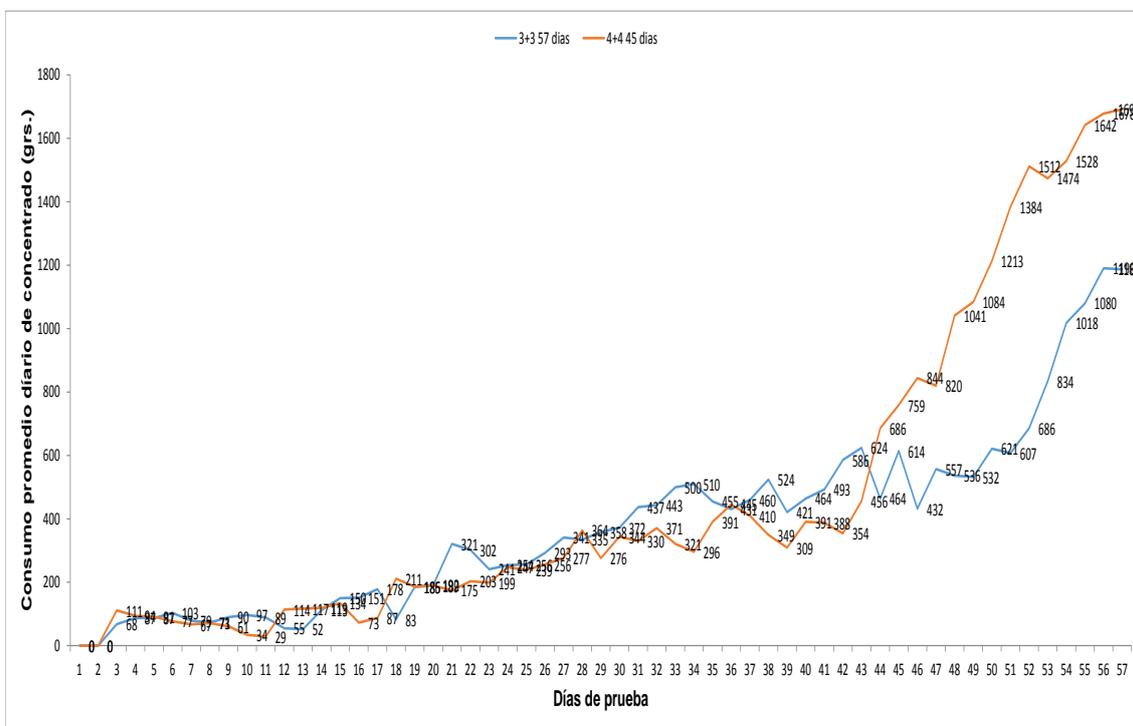


Figura 1. Consumo promedio de alimento de becerras con diferente sistema de alimentación.

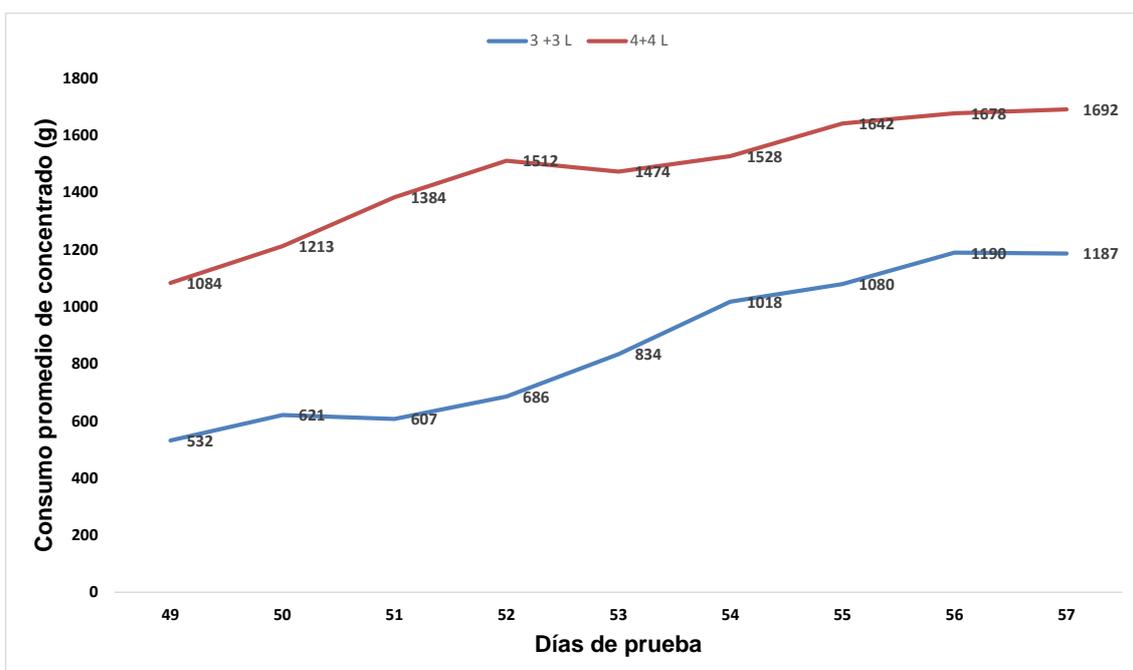


Figura 2. Consumo promedio de alimento de becerras con diferente sistema de alimentación durante los últimos nueve días de lactancia.

La implementación de programas para la alimentación de becerras es una de las vías para lograr mayor eficiencia en la producción lechera, ya que en la etapa de predestete se utilizan cantidades reducidas de leche o sustitutos de leche durante un corto periodo de tiempo (Plaza *et al.*, 1994).

5. CONCLUSIONES

Respecto a los resultados obtenidos en el presente estudio, se concluye que al disminuir la dieta líquida se aumenta el consumo de concentrado iniciador, pero no se observa un efecto positivo en el desarrollo de las crías. Por lo que se recomienda realizar estudios complementarios para determinar el efecto del suministro de cantidades inferiores de leche y su efecto sobre el consumo de concentrado, además de prolongar la duración del estudio hasta después del destete.

6. LITERATURA CITADA

- Alfani, G., Ventura, M., Esparza, D., Dean, D. y Villar, V. 1996. Evaluación de diferentes sistemas de alimentación en becerros mestizos lecheros. Universidad de Zulia. Rev. Fac. Agron. (LUZ).13:115-134.
- Bavera, G. 2008. Destete Hiperprecoz. Cursos de Producción Bovina de Carne, FAV UNRC.
- Bavera, G. A. 2008. Destete definitivo; Efectos. Cursos de Producción Bovina de carne, FAV UNRC.
- Beharka A. A., Nagaraja T. G., Morrill J. L., Kennedy G. A., y Klemm R. D. 1998. Effects of Form of the Diet on Anatomical, Micribial, and Fermentative Development of the Rumen of Neonatal Calves. Journal of Dairy Science. Vol. 81, N° 7. Pp. 1946-1955
- Booth, J. A. 2003. Effect of Forage Addition to the Diet on Rumen Development in Calves. Digital Repository. Iowa State University.
- College of Agriculture & Biological Sciences. 2004. Alimentación y manejo de becerras y vaquillas lecheras. ExEx4020S. South Dakota State University /USDA
- Cook, R. F. 2010. Energy Nutrition for Cattle. Beef Cattle Library. Oregon State University. BEEF040. #650 Pp. 4
- Correa, A. F. 2006. Estudio del Desarrollo de los Estómagos de los Rumiantes. Facultad de Medicina Veterinaria. Universidad de Granma, Unidad Docente Santiago de Cuba.
- Daniels K. M. y Yohe T. T. 2014. What do we know about rumen development? Tri-State Dairy Nutrition Conference. The Ohio State University. Pp. 53-59
- De Almeida L. P. G., Pandorfi H., Baptista F., Guiselini C., Da Cruz F. V., y De Almeida A. P. C. 2015. Efficiency of use of Supplementary Lighting in Rearing of Dairy Calves during Milk Feeding Stage. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Vol. 19, N° 10, Pp. 989-995. ISSN 1807-1929.

- Dr. Balbuena, O. 2010. El Destete. Proyecto Regional Ganados y Carnes del Centro Chaco-Formosa. INTA.
- Elizondo S. J. A. 2007. Importancia y Manejo del Calostro en el Ganado de Leche. Curso RAPCO en ganado de leche. Costa Rica
- Elizondo, S. J. 2007. El Agua: Un Nutriente Olvidado. ECAG Informa. N°42 pp. 48-50
- Elizondo, S. J. 2008. Destete Temprano en Terneras. ECAG Informa. N°43 pp. 46-49
- Elizondo, S. J. A. 2012. Aspectos Nutricionales y de Manejo a Considerar en la Etapa de Pre-destete en Reemplazos de Lechería. Presentado en el III Congreso Nacional: Nutrición Animal y Producción Industrial de Alimentos Balanceados. Costa Rica.
- Elizondo, S. J. A. 2013. Requerimientos de Energía para Terneras de Lechería. Agronomía Mesoamericana, vol.24, núm. 1, pp. 209-214
- Elizondo, S. J. A. y Sánchez, A. M. 2012. Efecto del Consumo de Dieta Líquida y Alimento Balanceado sobre el crecimiento y Desarrollo Ruminal en Terneros de Lechería. Agronomía Costarricense, vol. 36, núm. 2. Pp. 81-90
- Fenton, E. 2016. Early Rumen Development: Key to Successful Heifer Rearing. Calf Rearing Focus. IFM Pp. 40-44
- Garzón, Q. B. 2007. Sustitutos lecheros en la alimentación de terneros (Substitutes milkmen in the feeding of calves). REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria. ISSN 1695-7504. Vol. VIII, núm. 5, pp.1-39.
- Gasque, G. R. 2008. Enciclopedia bovina. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-UNAM. Cría de becerras lecheras. Primera Edición. Cap. 3. Pp. 46-49.
- Govil K., Yadav D. S., Patil, A. K., Nayak. S., Baghel, R. P. S., Yadav, P. K., Malapure, C. D., Thakur, D. 2017. Feeding Managemet for Early Rumen Development in Calves. Journal of Entomology and Zoology Studies; 5(3): 1132-1139.

- Iraria, H. S., Canto M. F. 2014. Bienestar Animal en Crianza de Terneros de Lechería. Consorcio Lechero. La Cadena Láctea de Chile. Pág. 17
- Jim Quigley. 2001. Requerimientos del Consejo Nacional de Investigación (NRC) para becerros que Reciben Leche o sucedáneos. Calf Note #71
- Jim Quigley. 2002. Alimentación Acelerada, limitaciones de los Programas Actuales. Calf Note #85
- Khan, M. A., Weary, D. M., Von Keyserlingk, y M. A. G. 2011. Effects of milk ration on solid feed intake, weaning, and performance in dairy heifers. Invited Review. J. Dairy Sci. 94: 1071-1081
- Laarman A. H., Ruiz-Sanchez A. L., Sugino T., Guan L. L., y Oba M. 2012. Effects of Feeding a Calf Starter on Molecular Adaptations in the Ruminal Epithelium and Liver of Holstein Dairy Calves. J. Dairy Sci. 95:2585-2594. American Dairy Science Association.
- Mecitoglu Z., Tarihi G., y Tarihi K. 2017. Effects of Vitamin and Trace Element Supplementation on Weight Gain and Health of Calves Fed Raw or Pasteurized Waste Milk. Harran Üniv. Vet Fak Derg; 6 (2): 147-151 pp.
- Mzyk, D. A. 2016. Antibiotics and Calves: Current and Future Considerations. DCHA (Dairy Calf & Heifer Association). Annual Conference. Pp 47-48
- Ohnstad, I. 2017. Calf Nutrition and Colostrum Management. The Dairy Group. KBYH.
- Peris, C., Mehdid, M.A., Manzur, A., Díaz, J.R. y Fernández, N. 2004. La importancia del calostro. Universidad Politécnica de Valencia. Sitio Argentino de Producción Animal. Pp. 1-2
- Pochon, D. O. 2001-2002. Surco reticular de los rumiantes. Revisión bibliográfica. Rev. Vet. 12/13: 1 y 2
- Quigley, J. 2001. ¿Puedo utilizar leche de desecho en mis becerros? [En Línea]. [Http://www.calfnotes.com/pdf/CN008e.pdf](http://www.calfnotes.com/pdf/CN008e.pdf) [Consulta: 18 de Abril de 2016].

- Quigley, J. 2001. Calf Note #06. Métodos para alimentar con líquidos a los terneros. [En Línea]. [Http://www.calfnotes.com/pdf/CN006e.pdf](http://www.calfnotes.com/pdf/CN006e.pdf) [Consulta: 18 de Abril del 2016].
- Quigley, J. 2001. Calf Note #110. Calidad de los iniciadores para terneros. [En Línea]. [Http://www.calfnotes.com/pdf/CN010e.pdf](http://www.calfnotes.com/pdf/CN010e.pdf) [Consulta: 04 de Mayo del 2016].
- Quigley, J. 2001. Calf Note #71. NRC Energy Requeriments for Calves fed Milk or Milk Replacer. [En Línea]. [Http://www.calfnotes.com/pdf/CN071.pdf](http://www.calfnotes.com/pdf/CN071.pdf) [Consulta: 04 de Mayo de 2016].
- Quigley, J. 2001. Calf Note #9. ¿Cuándo esta lista una becerria para ser destetada? [En Línea]. [Http://www.calfnotes.com/pdf/CN009e.pdf](http://www.calfnotes.com/pdf/CN009e.pdf) [Consulta: 27 de Abril de 2016].
- Sager, L. R. 2000. Agua Para Bebida De Bovinos. INTA E.E.A. San Luis. Reedición de la Serie Técnica N°126
- Santamaría, J. I. 1996. Alimentación de Terneros. Informe. Mundo Ganadero. N° 75 pp. 38-44.
- Saucedo J.S., Avendaño, L., Álvarez, F.D., Rentería, T.B., Moreno, J.F. y Montañó, M.F. 2005. Comparación de dos sustitutos de leche en la crianza de becerrias Holstein en el Valle de Mexicali, B. C. Rev. Cubana de Cienc. Agríc. 39(2):2-3.
- Stoltenow, C. L., y Vincent, L. L. 2003. Calf Scours: causes, prevention, treatment. NDSU Extense Service. North Dakota State University.
- Wren G. 1996. Calf Immunology. Influencing the calf's immune system. Bovine Veterinarian, A supplement to Dairy Herd Management and Drovers Journal for Bovine Practitioners. Pp. 6-10
- Yavuz, E., Todorov, N., Ganchev, G., y Nedelkov, K. 2015. The Effect of Feeding Different Milk Programs on Dairy Calf Growth, Health and Development. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 21 (N°2). Pp. 384-393

Zitnan, R., Kuhla, S., Sanftleben, P., Bilska, A., Schneider, F., Zupcanova, M., y Voigt, J. 2005. Diet Induced Ruminant Papillae Development in Neonatal Calves not Correlating with Rumen Butyrate. *Vet. Med.-Czech*, 50(11): 472-479.