

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



Desarrollo y consumo de alimento con becerras suplementadas con *Bacillus* PB6.

Por:

**JOSUE EMMANUEL ADAME QUINTERO**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Torreón, Coahuila, México  
Noviembre 2020

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

Desarrollo y consumo de alimento con becerras suplementadas con *Bacillus* PB6

Por:

**JOSUE EMMANUEL ADAME QUINTERO**

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 ANGEL GARCÍA

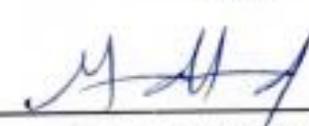
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
DR. RAMIRO GONZÁLEZ ÁVALOS

Vocal

  
\_\_\_\_\_  
MC. BLANCA PATRICIA PEÑA REVUELTA

Vocal

  
\_\_\_\_\_  
MC. MELISA CONCEPCIÓN HERMOSILLO ALBA

Vocal Suplente

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

Torreón, Coahuila, México  
Noviembre 2020

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

Desarrollo y consumo de alimento con becerros suplementados con *Bacillus* PB6

Por:

**JOSUE EMMANUEL ADAME QUINTERO**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Aprobada por el Comité de Asesoría:



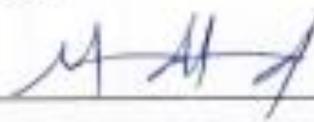
DR. RAMIRO GONZÁLEZ AVALOS

Asesor Principal



MC. BLANCA PATRICIA PEÑA REVUELTA

Coasesor



MC. MELISA CONCEPCIÓN HERMOSILLO ALBA

Coasesor

MC. J. GUADALUPE RODRIGUEZ MARTINEZ  
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal

Torresón, Coahuila, México  
Noviembre 2020



## **AGRADECIMIENTOS**

**A Dios**, por darnos la vida y la dicha de darnos el poder de señorear a su creación.

**A mis padres** German Agustín Adame Cervantes y Francisca Quintero Palma; no hay palabras para agradecer su apoyo incondicional, nunca dos párrafos cabrían todo el amor, paciencia, entrega y valores recibidos.

**A mi esposa e hijo** María Guadalupe González Guerrero, porque como el manzano entre arboles silvestres, así es mi amada su fruto es dulce a mi paladar. Abraham Baran Adame González, porque justifica mi existencia y me da motivos para seguir adelante.

**A mi Alma Terra Mater**, por los maravillosos momentos que pase en compañía de amigos, colegas. Todos estos momentos son invaluable para mí, las tardes en comedor, biblioteca, los profesores y los compañeros que caminan a la par.

**A mi asesor**, Dr. Ramiro González Avalos, por el tiempo y más que nada paciencia, por su experiencia y conocimientos empeñados en este proyecto, siempre estaré agradecido por su amabilidad y su gran calidad de ser humano.

## **DEDICATORIAS**

A mis padres que a pesar de no cumplirles su sueño de verme con la toga por la pandemia del SARS-CoV-2, a todos los compañeros y profesores de la universidad que me fueron moldeando con el día a día y me enseñaron a sentirme orgulloso de ser buitre, de aprovechar todo lo que la universidad ofrece.

## RESUMEN

Las becerras al nacer son expuestas continuamente a diversos microorganismos ambientales y a patógenos causantes de enfermedades que impactaran en la productividad. Por ello la importancia de buscar alternativas como los probióticos que disminuyan el impacto de las mismas. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la administración de *Bacillus subtilis* PB6 sobre el desarrollo y consumo de alimento en becerras Holstein. Se seleccionaron 40 animales de manera aleatoria divididos en dos tratamientos: T1=testigo, T2=10 g/becerra/día de *Bacillus subtilis* PB6 respectivamente. En ambos tratamientos se suministraron 432 L de leche entera pasteurizada durante la lactancia, se suministraron dos tomas/día 07:00 y 15:00 respectivamente, durante 50 días. La suplementación del producto se realizó durante la alimentación de los animales (dentro de la tina de la leche). El concentrado iniciador se administró diariamente por la mañana y de ser necesario por la tarde. Las variables que se consideraran para evaluar el desarrollo serán; peso, altura a la cruz, ganancia diaria, ganancia de peso total y consumo de alimento. Respecto a los resultados obtenidos de la presente investigación, se concluye que en las variables evaluadas, no se observó diferencia estadística significativa ( $p < 0.05$ ) entre tratamientos.

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

## Índice general

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>i</b>
<b>DEDICATORIAS</b> .....	<b>ii</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>iii</b>
<b>Índice general</b> .....	<b>iv</b>
<b>Índice de cuadros</b> .....	<b>v</b>
<b>Índice de figuras</b> .....	<b>vi</b>
<b>1. INTRODUCCION</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Objetivo General</b> .....	<b>3</b>
<b>1.2 Hipótesis</b> .....	<b>3</b>
<b>2. REVISION DE LITERATURA</b> .....	<b>4</b>
<b>2.1 Importancia de la crianza de reemplazos</b> .....	<b>4</b>
<b>2.2 Anatomía y fisiología del tracto gastrointestinal (TGI) del ternero</b> .....	<b>6</b>
<b>2.3 Fisiología digestiva del lactante y gotera esofágica</b> .....	<b>11</b>
<b>2.4 Desarrollo del rumen</b> .....	<b>14</b>
<b>2.5 Ácidos Grasos volátiles y desarrollo papilar</b> .....	<b>18</b>
<b>2.6 Colonización del rumen e influencia en el desarrollo ruminal</b> .....	<b>24</b>
<b>2.7 Alimentación y consumo de alimento bajo sistemas de leche</b> .....	<b>28</b>
<b>2.8 Calostro, tipos de inmunoglobulinas</b> .....	<b>30</b>
<b>2.9 Leche entera</b> .....	<b>37</b>
<b>2.10 Sustituto de leche en la alimentación de becerros</b> .....	<b>38</b>
<b>2.11 Consumo de Concentrado</b> .....	<b>41</b>
<b>2.12 Consumo de forrajes y agua</b> .....	<b>46</b>
<b>2.13 Uso de Probióticos en neonatos</b> .....	<b>49</b>
<b>2.14 Bacillus subtilis PB6</b> .....	<b>52</b>
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>54</b>
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>56</b>
<b>5. CONCLUSIONES</b> .....	<b>62</b>
<b>6. LITERATURA CITADA</b> .....	<b>63</b>

## Índice de cuadros

Cuadro 1.	Actividad enzimática de los terneros antes de los 30 días y a los 30 – 60 días.	13
Cuadro 2.	Parámetros de peso (kg) en becerras suplementadas con <i>Bacillus Subtilis</i> PB6.	56
Cuadro 3.	Parámetros de altura (cm) en becerras suplementadas con <i>Bacillus subtilis</i> PB6	57

## Índice de figuras

Figura 1.	Esquema de alimentación de la etapa de crianza.	29
Figura 2	Consumo promedio de alimento de becerras suplementadas con <i>Bacillus subtilis</i> PB6.	58
Figura 3.	Consumo promedio de alimento de becerras (últimos 20 días de prueba) suplementadas con <i>Bacillus subtilis</i> PB6	58

## 1. INTRODUCCION

Un proceso importante en los sistemas de producción de leche es generar vaquillas de reemplazo, por su alto impacto económico al ser el segundo mayor gasto económico, el primero son los costos de alimentación de las vacas que están en producción (Gabler *et al.*, 2000).

Blanco 2007, define crianza de reemplazos como aquellas etapas que van del nacimiento hasta el estado de vaquilla al parto; la comprensión adecuada del proceso de crianza, desde el nacimiento, demanda el entendimiento en términos generales del ciclo biológico de los animales en sus etapas correspondientes al crecimiento y desarrollo, ya que las transformaciones fisiológicas de los animales son las que determinan su mantenimiento y manejo.

La crianza de vaquillas del nacimiento al parto requiere de una planificación excelente y una correcta ejecución de las actividades de sanidad, nutrición y manejo; todo enfocado a la sanidad animal, enfocada a tener animales sanos que expresen todo su potencial genético y productivo y sobre todo que tengan un desarrollo corporal óptimo. Para eso se trazan los objetivos que conforman un adecuado programa de alimentación de becerras y vaquillas de reemplazo, como promover la tasa de crecimiento óptima para que las vaquillas lleguen en óptimas condiciones al primer parto en edad, peso y condición corporal (ya que la madurez sexual depende más del peso corporal que de la edad, la pubertad ocurre cuando pesan entre 40 y 50% de su peso vivo adulto), así como una eficiente lactación y la máxima productividad con el costo mínimo posible de la alimentación (Heinrichs, 1993; Gabler *et al.*, 2000).

Se recomienda una ganancia de peso diario en promedio (GDP) de 450 g/d para raza Holstein en crecimiento, así como para lograr un 60% de becerras destetadas a más de ocho semanas de edad (USDA, 2010).

Con todo esto se busca sobre todo maximizar el desarrollo ruminal, para alcanzar la capacidad de utilizar y aprovechar los forrajes complementarios, para alcanzar dicho desarrollo, el tracto gastrointestinal y específicamente el rumen, deben sufrir numerosos cambios anatómicos y fisiológicos que son influenciados ya sea acelerados o estimulados por la dieta (Suárez *et al.* 2007).

Durante la lactancia el sistema de alimentación del ternero se basa en el uso de la leche o sustitutos de leche; así como alimentos sólidos que favorezcan el desarrollo ruminal antes mencionado, si se logra un correcto manejo de la dieta líquida y sólida se determinara la eficiencia alimenticia, y el desarrollo de un rumen funcional (Marín, 1992).

Numerosos estudios enfocados en estrategias para la alimentación de becerras lecheras hablando de equipos, alimentos, tratamientos como los probióticos en los que estudios experimentales han demostrado del efecto benéfico en la adicción de estos, pero la variabilidad de su respuesta depende directamente de las covariables externas que son sometidos los animales de reemplazo, reportando que en la laguna ha aumentado poco a poco su uso con resultados que entran en lo aceptable. Los probióticos y prebióticos son preparaciones bacterianas la mayoría productoras de ácido láctico. Entre los microorganismos benéficos más importantes se encuentran lactobacillus y streptococcus y levaduras *Sacharomyces cerevisiae* (López, 1999).

Estos probióticos son microorganismos vivos que cumplen con su función de poblar el tracto gastrointestinal del animal, en la etapa de más susceptibilidad previniendo infecciones, mejorando la salud del animal que se verá reflejado en su desarrollo, derivado de la creciente aparición de patógenos multiresistentes a los antibióticos se está optando por alternativas, por lo que se pretende estudiar los efectos que se tendría la adición de probióticos *Bacillus* en la dieta de becerras y que tanto influirá en las variables que se pretenden.

### **1.1 Objetivo General**

Evaluar el efecto del probiótico *Bacillus subtilis* PB6 en becerras lactantes de la raza Holstein Friesian.

### **1.2 Hipótesis**

El suministro de *Bacillus subtilis* PB6, incrementa el consumo de alimento y mejora la ganancia de peso y altura.

## 2. REVISION DE LITERATURA

### 2.1 Importancia de la crianza de reemplazos

La cría de becerras para reemplazo, es la actividad que determina la renovación del hato permitiendo hacer un mejoramiento genético (Aguilar, 2006). Son aquellos animales que representan el futuro de los establos dedicados a la crianza de bovinos para producción de leche, que derivado de su selección sirven en algún momento para sustituir a otras vacas que por alguna razón son dadas de baja en el hato o para aumentar la población del establo (Parquer, 1996).

La crianza de reemplazos se define como aquella etapa que abarca empezando por el nacimiento hasta la etapa de vaquilla al parto; abarcando también el proceso adecuado de crianza desde el nacimiento, y la comprensión de sus ciclos biológicos en cada etapa de su crecimiento y desarrollo (Blanco, 2007).

Todo el proceso de crianza de becerras y vaquillas de reemplazo no son más que un conjunto de actividades vinculadas que nos permite llegar a un objetivo que es el de obtener vaquillas que paran a una cría entre los 23 y 24 meses de edad. Dichas actividades, son tareas repetitivas y medibles con indicadores que nos dará un resultado (Rodríguez *et al.*, 2012).

El problema radica en que los productores no le dan el verdadero valor de crianza a las novillas (Cadwallader y Wildeck, 2000). Actualmente la mayoría de las explotaciones lecheras tienen problemas en la cría de becerras por la cantidad y costo de alimentación, control sanitario, y manejo en general (Aguilar, 2006). No se considera el hecho de que la crianza de vaquillas de reemplazo es económicamente costoso, generando costos de operación altos. (Bailey, 1997). Sumando el reto que

representan en la explotación estas becerras, debido a su vulnerabilidad característica de esta etapa por múltiples causas, he aquí la importancia de sentar las bases para un crecimiento óptimo (Bacha, 1999).

Desde que nacen hasta su primer parto, durante su crianza las becerras se enfrentan a múltiples desafíos: el proceso de nacimiento, adquirir una cantidad adecuada de calostro de alta calidad, evitar enfermedades infecciosas, y el impacto de otros estresores como son el descorné y el destete (Rodríguez *et al.*, 2012).

Debido a los desafíos anteriores las tasas de mortalidad y morbilidad son mayores en las becerras lactantes que en cualquier otro estadio de edad de una vaca lechera. En varios estudios se estimó que de aquellas becerras nacidas vivas, un 7.8 por ciento muere antes del destete (USDA, 2010).

Es evidente que las primeras semanas de vida son las más críticas para la crianza de vaquillas, observando que la tasa de promedio de mortandad de becerras de menos de tres meses de edad, ascienden a un 20% en muchas zonas lecheras y son más altas en hatos pequeños y aislados (Bath *et al.*, 1993). Y que una de las pérdidas de terneros en granjas lecheras se debe a un desequilibrio de la flora gastrointestinal, que se ve alterado por un manejo deficiente, alimentación, infección, estrés y el uso de antibióticos. Haciendo que el balance sea a favor de los microorganismos patógenos, desencadenando como resultado diarreas, neumonías y enfermedades septicémicas (Uitz *et al.*, 2011).

Lo que preocupa al criador de vaquillas de reemplazo es establecer un sistema más adecuado de manejo y alimentación de sus reemplazos, en la que el animal se le permita llegar a un peso corporal adecuado en el menor tiempo posible

y al menor costo, alcanzando la edad reproductiva y teniendo una tasa de mortalidad baja (Pérez, 1982). Obteniendo vacas fisiológicamente dotadas para la alta producción de leche en su primer parto y un alto rendimiento, incluyendo baja mortalidad, crecimiento adecuado; peso, altura y condición corporal, y un primer parto a los 24 meses de edad con peso de 550-600 kg aproximadamente (Daccarett *et al.*, 1993).

Para ello la becerro recién nacida debe consumir alimentos altamente digestibles con proteína de alta calidad, energía, vitaminas y minerales, ya que esto es la base para el crecimiento y salud en general en el desempeño de la becerro, así como la producción futura de la becerro en su etapa adulta (Heinrichs y Jones, 2003).

## **2.2 Anatomía y fisiología del tracto gastrointestinal (TGI) del ternero**

El sistema digestivo tiene la función básica de todos los animales, realizar la digestión del alimento, absorción de nutrientes y excreción de los residuos; para ello el animal utiliza diferentes órganos y procesos para lograr que los nutrientes sean utilizados en los tejidos para su aprovechamiento y todos estos fenómenos abarcan desde la ingesta del alimento hasta la excreción de los residuos (Almeyda, 2000).

Los rumiantes poseen una capacidad de alimentarse de pasto y forraje, esta cualidad la poseen basada en que pueden utilizar y degradar los hidratos de carbono estructurales del forraje como lo son la celulosa, hemicelulosa y pectina, muy diferente a las especies monogástricas. Además de poseer características particulares como que la degradación del alimento se realiza mayoritariamente por

digestión fermentativa y no por enzimas como en el caso de los monogástricos, todo esto por tipos de microorganismos que se alojan en divertículos estomacales.

Debemos tener presente que no solo es alimentar al rumiante sino también a los microorganismos ruminales que necesitan de ciertas condiciones que permitan su sobrevivencia y reproducción. Creando una simbiosis entre las bacterias y el animal. Esta digestión fermentativa, si bien favorece al rumiante al permitirle degradar hidratos de carbono estructurales, también afecta la digestión de todos los demás componentes de la dieta, expuestos a los mismos procesos fermentativos, sin que esto represente siempre una ventaja desde el punto de vista del mejor aprovechamiento del alimento (Relling y Mattioli, 2002).

En un rumiante adulto el estómago llega a ocupar hasta el 75% de la cavidad abdominal y junto con su contenido representa el 30% de su peso vivo del animal. Está compuesto y dividido por 4 partes: el retículo (red o redecilla), el rumen (panza), el omaso (librillo) y el abomaso (cuajar). Solo el abomaso al ser el único glandular y funcionalmente análogo, similar al estómago de los no-rumiantes, mientras que los demás prees estómagos están cubiertos por epitelio queratinizado y carecen de glándulas (Relling y Mattioli, 2002).

El retículo adopta el nombre por su forma de red de los pliegues de su mucosa y está situada cranealmente y en contacto con el diafragma, comunicándose con el rumen a través del pliegue retículo-ruminal que los convierten en una sola unidad funcional (Retículo-rumen). El rumen es el compartimiento más voluminoso y está en contacto con la pared abdominal izquierda. La superficie visceral contiene surcos que se corresponden con proyecciones internas llamadas

pilares. La mucosa del rumen presenta papilas digitiformes cuyo tamaño y grado de queratinización dependen del estímulo que ejerce la dieta que está consumiendo el rumiante (Relling y Mattioli, 2002).

El tiempo en que el rumen llega a su desarrollo anatómico y funcional, determina el uso adecuado de los alimentos al aprovechar su máxima eficiencia, involucrando la colonización de una flora microbiana y la capacidad de absorción de nutrientes. (Zapata, 2011). El ternero al nacer es considerado un monogástrico debido al escaso desarrollo del sistema rumen-retículo, debido a la gotera esofágica toda su dieta láctea pasa directamente al abomaso. El agrandamiento del estómago anterior ocurre rápido después del nacimiento, pero la tasa de crecimiento está influenciado por el tipo de dieta (Garzón, 2007).

Debido a que las becerras al nacimiento su aparato digestivo está adaptado a la dieta láctea, los divertículos estomacales aun no son funcionales y pequeños. Bajo condiciones normales de alimentación los divertículos estomacales se van desarrollando mientras se hacen funcionales (Relling y Mattioli, 2002).

El desarrollo del aparato digestivo de los terneros consta de tres fases así como el desarrollo de sus divertículos estomacales varía en función de estas fases. Fase pre-rumiante; entre el nacimiento y las tres semanas de vida, el animal es lactante, la digestión se realiza exclusivamente en el abomaso que por medio de la coagulación posee la capacidad de digerir la dieta láctea y depende de la absorción intestinal de glucosa para mantener un valor de glucemia aproximado a 1 gr/L, que asemeja al de un no rumiante (Paucar, 2014). Esta fase será tan extensa, como extenso sea el período en que no se ofrezcan alimentos sólidos (Garzón, 2007).

Esta etapa es delicada debido al riesgo que representa el nacimiento, pasa de la alimentación placentaria a la digestiva, y la composición del calostro es tan importante para asegurar el aporte de nutrientes, inmunidad pasiva y contribuye al mantenimiento de la temperatura corporal para asegurar con éxito la supervivencia los primeros días de vida (Días *et al.*, 2005).

Fase de Transición; Inicia entre las tres y ocho semanas de vida, inicia con las primeras ingestas de alimento, de concentrado y forraje fresco, en las cuales se van desarrollando gradualmente los divertículos estomacales (Paucar, 2014).

Al iniciar el consumo de concentrados, depende de varios factores para que pueda dar paso al inicio de la fermentación ruminal, como lo es el estado de salud, las tasas de ganancias, disponibilidad de agua y el programa de alimentación láctea empleada. Los valores de glucemia disminuyen a la vez que la concentración plasmática de ácidos grasos volátiles (AGV) aumenta, sobre todo el acetato (C2), propionato (C3) y butirato (C4) (Relling Y Mattioli, 2002).

La producción de esos AGV junto al efecto físico de la dieta, son los responsables del desarrollo del rumen, y junto al abomaso son los órganos implicados en la digestión, esta fase se caracteriza porque continua mientras sean ofrecidos alimentos lácteos al ternero (Garzón, 2007).

Fase de rumiante; a partir de las 8 semanas de vida, los divertículos estomacales están bien desarrollados y permiten una digestión fermentativa que caracterizan a un rumiante adulto (Relling y Mattioli, 2002).

Esta fase inicia con el destete de los animales, aquí dependerá únicamente de la actividad fermentativa ruminal de los AGV y proteína microbiana, por lo tanto los los productos secos son su principal fuente de alimentos además del agua para reunir las condiciones que aseguren un buen proceso digestivo ruminal. El rumen toma protagonismo al elevarse las cantidades de AGV y proteína microbiana por medio de la degradación de los alimentos ofrecidos, de esta fermentación depende la producción energía y proteína que demandara el ternero, y una parte menor de algunos nutrientes no los degrada el rumen y pasan a ser degradados por las enzimas digestivas vertidas en la parte baja del intestino (Garzón, 2007).

Es por ello que a los rumiantes jóvenes se les da acceso a alimentos sólidos a los pocos días de haber nacido, todo para alcanzar el desarrollo de los estómagos anteriores a una velocidad máxima que le permita utilizar mejor y eficientemente los alimentos (Garzón, 2007).

Los divertículos estomacales aun no son funcionales en esta etapa, debido a que el ternero digiere la leche por métodos enzimáticos y no fermentativos, y la leche aporta en esta etapa todos los componentes necesarios para nutrir al lactante como la lactosa un disacárido formado por glucosa y galactosa que se encuentra alrededor del 4,5 % Y concentración de proteína (Caseína en un 80%) entre el 3 y 4,5 % y (grasa principalmente como triglicéridos, fosfolípidos) entre 3 y 5 %, que varía entre razas. Se completa su composición con el agua y los electrolitos. (Relling y Mattioli, 2002).

### **2.3 Fisiología digestiva del lactante y gotera esofágica**

El surco reticular o gotera esofágica es una invaginación, a manera de canal, que atraviesa la pared del retículo, extendiéndose desde la desembocadura del esófago hasta el orificio retículo-omasal. Presente en terneros, corderos, cabritos y otras especies de rumiantes, donde su máxima funcionalidad es en etapa de lactante. Al ser estimulada se cierran los músculos de los labios creando un canal casi perfecto que conecta el cardias con el canal omasal, asegurando que los alimentos lácteos o el calostro pasen al abomaso para su digestión, y no sufra fermentaciones indeseadas por caer en el retículo-rumen (Pachón, 2001; Relling y Mattioli, 2002).

Básicamente la gotera dirige el alimento desde el esófago hacia el abomaso sobrepasando el rumen gracias a su estructura anatómica que se extiende desde el cardias hasta el omaso, todo con la finalidad de que la leche no pierda sus características en fermentaciones indeseadas, al llegar exclusivamente al abomaso asegura sus características nutritivas, para el mejor aprovechamiento al ternero (Jarrige, 1981).

El cierre de la gota esofágica responde a un acto reflejo originado en respuesta a estímulos centrales y periféricos. El acto de succionar la mama o la mamadera, o aún el observar la mamadera o la preparación del alimento, inician este reflejo. Los receptores faríngeos se activan ante la estimulación de componentes lácteos como lactosa, proteínas, minerales y su temperatura, todos estos estímulos se transmiten al centro bulbar por el nervio trigémino. Hay otros factores como en el caso de la adrenalina que provoca un relajamiento muscular,

inhibiendo el reflejo que provoca su cierre, también la distensión abomasal inhibe el reflejo de contracción de la gotera, todos estos factores sumamente importantes a considerar al momento de alimentar artificialmente a los terneros, para evitar el suministro de cantidad excesiva de leche o por mal manejo hacerlo bajo condiciones de estrés que podían redirigir la leche al retículo-rumen (Relling y Mattioli, 2002).

El reflejo de cierre de la gotera es menos funcional en ruminantes adultos, se pierde durante el desarrollo del animal pero hay factores que pueden estimularla en el adulto como la (ADH) hormona antidiurética, que es liberada por la neurohipófisis ante una situación de deshidratación e aumento de la osmolaridad del plasma, por lo que necesita incorporar agua rápidamente al organismo, y la ADH estimula para que pase directamente al duodeno para ser absorbida (Relling y Mattioli, 2002).

El ternero obtiene la leche por succión de la mama, asegurando el cierre adecuado de la gotera esofágica, en tomas de alrededor de 200 ml y con una frecuencia de 10 a 15 veces por día. La cual consumida se coagula en 10 minutos, por acción de la enzima renina. La formación del coágulo a nivel de abomaso derivado de la reacción entre la caseína y el calcio lácteo por acción de las proteasas lácteas renina y pepsina a un pH óptimo de 6.1 (Garzón, 2007).

La renina genera el coágulo al transformar la caseína soluble en una red de paracaseinato de calcio, que a su vez retiene los glóbulos grasos. El coágulo se retrae y segrega una serie de componentes que conforman el suero de la leche. Cuya función del suero es transportar la lactosa y las proteínas solubles al intestino. La lactasa ubicada en los enterocitos degrada la lactosa en glucosa y galactosa y luego es absorbida. Los enterocitos también poseen peptidasas que degradan

proteínas de bajo peso molecular que ingresan junto con el suero de la leche y algunas son absorbidas sin degradación previa. Esto demuestra la gran capacidad de actividad digestiva intestinal de la mucosa, a pesar de la baja capacidad secretoria del páncreas y del hígado, que reduce la capacidad proteolítica y lipolítica en el lumen intestinal (Relling y Mattioli, 2002).

Esta situación remarca la importancia de la coagulación y retención de la caseína y los triglicéridos en el abomaso, ya que si ambos componentes de la leche pasaran al intestino no sólo no serían bien digeridos sino que además, y en consecuencia, generarían un arrastre osmótico de agua, la renina aplica acción proteolítica lenta sobre coágulo retenido para que libere péptidos que se dirijan al abomaso y sufran la digestión de mucosa. La lipasa salival regula la actividad lipolítica al liberar monoglicéridos y ácidos grasos libres para ser absorbidos por los enterocitos. Cada coágulo se degrada como en 12 horas, eso explica coágulos de distintos tamaños dentro del abomaso (Relling y Mattioli, 2002).

Cuadro 1. Actividad enzimática de los terneros antes de los 30 días y a los 30 – 60 días (tomado de Longenbach, 1998).

Pre-rumiantes Enzimas	Edad (d)	Acción	Rumiantes Enzimas	Edad (d)	Acción
Lactasa intestinal	1	Absorción de la lactosa en el intestino.	Bacterias protozoos ruminales	30	Digestión de todos los nutrientes
Quimosina	2	Unir la caseína y la grasa en el cuajo.	Isomaltasa, maltasa, sucrasa	60	Digestión de los carbohidratos
Estearasa pregástrica	Nacimiento	Hidrólisis y digestión de los nutrientes de la leche.	Amilasa intestinal	60	Digestión de los carbohidratos
Lipasa pancreática Somatostatina	Nacimiento	Regulación de la motilidad del abomaso al duodeno.	Somatostatina	No cambia	Motilidad gástrica
Pepsina	Nacimiento	Digestión en general.	Pepsina.	No cambia	Digestión en general

## 2.4 Desarrollo del rumen

Al nacimiento el sistema digestivo y metabólico del rumiante no se diferencia de cualquier otro mamífero recién nacido, esto debido a que el rumen no es un órgano funcional y sus papilas ruminales son muy pequeñas, las cuales dependerán de la ingesta de alimentos sólidos para acelerar su crecimiento y alcanzar su longitud máxima de (5-7 mm) alrededor de las 8 semanas de edad y desarrolla forma foliada, filiforme o cónica, el desarrollo papilar depende de los productos de la fermentación ruminal por la naturaleza química de la dieta y el desarrollo muscular, por las características físicas de la dieta así como los constituyentes fibrosos, en forma tamaño de las partículas alimenticias (Quigley, 1997).

En el rumiante adulto el rumen llega a representar el 80% de la capacidad gástrica, En cambio el omaso y abomaso no sufren cambios rápidos de crecimientos, crecen lentamente durante todo su desarrollo. Al año y medio de vida el retículo rumen representa entre 62% y 80% de la capacidad total del complejo gástrico, en tanto el omaso y el abomaso corresponden entre el 6% y 7% (Díaz *et al*, 2008).

La capacidad del rumen frente al abomaso aumenta más de 20 veces desde el nacimiento hasta la sexta semana de vida. El tiempo que tardan en desarrollarse anatómicamente y funcionalmente el rumen determina el tiempo en que los procesos digestivos pasen de depender de las enzimas propias del animal a depender de la relación simbiótica que se establece con los microorganismos ruminales (Orskov, 1988).

El desarrollo de la función ruminal en el ternero está ligado al desarrollo estructural del rumen y este a la edad y por ende la incrementada actividad metabólica del tejido epitelial ruminal, Las paredes ruminales están conformada por tejido muscular y epitelial, su desarrollo es resultado de diversos estímulos, la función del tejido muscular es de soporte del tejido epitelial y movimiento del contenido ruminal, el tejido es la capa de absorción y está en contacto directo con el contenido ruminal (Quigley, 1997).

Las enzimas antes de los 30 días tienen una actividad muy baja que va incrementándose con la edad destacando principalmente la lactasa y la quimosina. A los 60 días el ternero debe estar preparado para el destete y la microbiota ruminal debe estar bien establecida, regulada por la dieta consumida (Bacha, 1999).

Para lograr el rápido desarrollo del rumen y destetar tempranamente, se toma en cuenta que el factor clave es el consumo de una dieta que acelere el crecimiento del epitelio ruminal y de la masa muscular promoviendo la motilidad ruminal, los 4 aspectos más importantes del desarrollo ruminal: Tamaño, desarrollo muscular, Habilidad de absorción y población microbiana. Se plantea que el desarrollo ruminal responde a factores internos y externos; en los internos tales como por medio de los estímulos químicos por medio de la absorción de ácidos orgánicos liberados de las fermentación principalmente, por medio de factores mecánicos como masticación y rumiación. En los factores externos la manipulación, el manejo de la alimentación, etcétera (Díaz *et al.*, 2008).

Si los terneros tienen alimento disponible desde temprana edad, el desarrollo del rumen comienza desde las primeras semanas de nacido, hay elementos

demasiado importantes sin ellos no se podría lograr el desarrollo ruminal: presencia de bacterias es decir el desarrollo de la microbiota ruminal, disponibilidad de líquido en el rumen, Motilidad ruminal y sustrato (Quigley, 1997).

La Falta de líquido en el rumen afecta el desarrollo del mismo, debido a la importancia de un medio húmedo apto para que las bacterias puedan crecer y encontrarse en cantidades suficientes para fermentar los alimentos, por lo que representa un atraso al desarrollo ruminal, es importante recalcar que la leche consumida no reemplaza al agua libre debido a que no ingresa al rumen. La gotera esofágica se mantiene aproximadamente hasta las 12 semanas en condiciones normales por lo cual esta pasa directamente al abomaso sin pasar por el rumen. Por lo cual la humedad necesaria la genera con agua que entra en el rumen proveniente de agua libre de bebida, la cual generalmente es la misma que la que se da a los animales adultos, por lo cual está contaminada con microorganismos ruminales contribuyendo a establecerlos en el rumen, además estimula el consumo y disminuye la presencia de las diarreas neonatales (Díaz *et al.*, 2008).

La entrada y salida de alimentos sólidos al rumen facilita el desarrollo de los músculos ruminales, esto permite la correcta movilización de contracción, presión y regurgitación de los alimentos, por medio de estas contracciones los alimentos son removido y luego digeridos pasando del rumen al omaso, estos movimiento no se hacen presentes hasta que empiece el consumo de alimento seco. La fermentación ruminal concede ventajas que no poseen los animales monogástricos como utilizar alimentos muy fibrosos, la habilidad de degradar la celulosa, y es esta digestión del complejo lignocelulósico, una de las funciones más importantes de la población

bacteriana del rumen, debido a la carencia de secreción de la enzima celulosa en el sistema digestivo del rumiante, permitir la síntesis de proteína microbiana de alto valor biológico a partir de proteínas vegetales de bajo valor biológico a partir de nitrógeno no proteico de la dieta y a partir del reciclaje de productos metabólicos de desechos (urea), provee todas las vitaminas del complejo B si hay concentración adecuada de cobalto (Díaz *et al.*, 2008).

El metabolismo anaerobio de los microorganismos ruminales es el factor responsable de la simbiosis con el rumiante. Los microorganismos al no utilizar oxígeno dependen de la vía glucolítica para obtener energía. Para comprenderlo debe compararse con las vías metabólicas que le permiten a una célula aerobia obtener energía del alimento. A partir de glucosa (686 Kcal/mol) se obtienen 2 ATP (14.6 Kcal/mol), NADH + H<sup>\*</sup> (que originara 3 ATP en cadena respiratoria) y piruvato (que aún conserva el 93% de la energía de la glucosa). El piruvato se convierte en acetil-CoA, ingresa al ciclo de Krebs para producir energía, generando como productos finales de la cadena respiratoria CO<sub>2</sub> y agua, los cuales ya carecen de energía que aportar. Si los microorganismos ruminales tuvieran metabolismo aerobio consumirían toda la energía que posee esa glucosa. Pero al no poder utilizar el oxígeno, obtiene energía solo de la producción de ATP durante la vía glucolítica, dejando como producto final de su metabolismo NADH + H<sup>\*</sup>, al no existir cadena respiratoria no puede aportar energía, y piruvato, que debido a las diferencias en las vías metabólicas microbianas, es convertido en otros ácidos de cadena corta, como acetato, propionato o butirato. Estos AGV al igual que con el piruvato conserva una gran parte de la energía de la glucosa, que tanto como es producto de desecho

para los microorganismos representan la principal fuente energética para el rumiante. (Relling y Mattioli, 2002).

### **2.5 Ácidos Grasos volátiles y desarrollo papilar**

Cuando la celulosa y la hemicelulosa de la ración se degradan en el rumen, son liberados y metabolizados grandes cantidades de carbohidratos fácilmente fermentables por la microflora ruminal, dando lugar a la formación de los ácidos grasos volátiles (AGV), acético, propiónico y butírico, de los cuales, el acético constituye alrededor del 70%, el alimento seco pasa al rumen donde se establecen los microorganismos que convertirán estos alimentos fibrosos y amiláceos en AGV (Garzón, 2007).

Los AGV son de suma importancia, el ácido acético, propiónico y butírico son absorbidos por el epitelio del rumen y transportados vía porta al hígado. El acetato, una pequeña parte sirve como fuente energética en la mucosa, pero la mayoría pasa a circulación portal donde el 20% será captado por el hígado y el resto pasa a circulación general y por consiguiente a los otros tejidos. El propionato una fracción es degradada o convertida en lactato antes o durante su absorción. El resto del propionato pasa a circulación portal siendo captado un 95% por el hígado. En cambio el Butirato absorbido casi totalmente es convertido en betahidroxibutirato en la propia mucosa ruminal, este cuerpo cetónico, junto al poco butirato que queda pasa a la circulación portal (Relling y Mattioli, 2002).

Considerando que del 60 al 80% de los requerimientos energéticos los cubren los AGV absorbidos y en parte metabolizados en la mucosa ruminal, es recalable que se trata de un eficiente epitelio absortivo y selectivo (Relling y

Mattioli, 2002). Este epitelio estratificado del rumen absorbe eficazmente los AGV, ácido láctico, electrolitos y agua (Díaz *et al.*, 2008).

La absorción de los productos finales de la fermentación depende tanto de que las papilas del epitelio ruminoreticular se desarrollen correctamente, como de la abundante circulación capilar. Por eso depende del contacto continuo de los AGV, con el epitelio estratificado del rumen para que estimule el desarrollo de las papilas, especialmente el butírico y en menor medida el propiónico, que junto con el dióxido de carbono, estimule el flujo sanguíneo hacia el epitelio ruminoreticular (Booth y McDonald, 1988).

Los AGV se absorben en forma no disociada, por lo tanto liposoluble, son absorbidos por difusión simple a través de la membrana luminal. Y de forma disociada es decir la capa de hidratación les quita liposolubilidad y les aumenta el diámetro, haciendo difícil su difusión por la membrana celular teniendo que ser contratransportados con bicarbonato intracelular. Esta absorción se efectúa a través de un mecanismo de difusión a favor del gradiente de concentración. A medida que desciende el pH del líquido ruminal aumenta la velocidad de absorción (Díaz *et al.*, 2008) (Relling Y Mattioli, 2002).

Cuando atraviesan el epitelio, los AGV sufren diferentes grados de transformación, el acético es absorbido rápidamente al organismo sin sufrir ningún cambio y es utilizado directamente como aporte de energía, El propiónico es absorbido casi sin alterarse también ,es convertido en láctico y succínico, el succínico puede ser utilizado para la obtención de energía debido a que entra directamente al ciclo de Krebs y pueden ser utilizados como precursor de la glucosa,

y el butírico pues metabolizado en la pared ruminal hasta  $\beta$ -hidroxibutírico. El butírico es el de mayor influencia en el desarrollo de las papilas por el hecho de que se metaboliza en las células epiteliales (Booth y McDonald, 1988).

Los AGV con número par de carbonos (C3 Y C4) como el ácido acético que se oxida en los diferentes tejidos para generar ATP constituyendo una fuente de energía directa en cualquier tejido, también ingresando como acetil-CoA al ciclo de Krebs, o por su propiedad lipogénica al ser empleados para sintetizar ácidos grasos. En cambio el propionato es el único de los 3 AGV que su destino es diferente al poder ser convertido en glucosa. Y es de gran importancia esta capacidad glucogénica en la nutrición debido a que en el intestino delgado casi no se absorbe glucosa. (Relling Y Mattioli, 2002) (Díaz *et al.*, 2008).

Las células pueden obtener energía por oxidación de distintos compuestos, ya sean monosacáridos, ácidos grasos o aminoácidos, pero la fuente principal de energía para los tejidos es la glucosa, importantísima para el sistema nervioso. Esto resalta la importancia de mantener un aporte continuo de glucosa a los tejidos, el organismo controla dentro de un rango estrecho su concentración plasmática o glucemia. Los rumiantes poseen una glucemia inferior a los no rumiantes (40 a 60 contra 100 mg/dl respectivamente), los tejidos de los rumiantes poseen el mismo metabolismo basal que en los no rumiantes y los requerimientos aumentan por las exigencias de la producción (masa corporal, lana o leche), es por eso que sus requerimientos de glucosa son igualmente elevados (Relling y Mattioli, 2002).

Así, una vaca lechera de 500 kg de peso vivo requiere 500 gr de glucosa por día sólo para mantenerse viva y sin perder peso, mientras que cuando produce 30

kg de leche por día los requerimientos se elevan a 2500 gr diarios. Debido a que la mayoría de la glucosa en el rumen es convertida a AGV es muy limitada la cantidad de glucosa que llega intacta y lista para ser absorbida, esto hace que los rumiantes deban sintetizar la glucosa que necesitan a partir de compuestos no glucídicos (gluconeogénesis) Esta función le compete principalmente al hígado que es el principal órgano formador de glucosa que llega a sintetizar hasta el 85 a 90% del total en dietas ricas en fibras, secundariamente el riñón. (Relling y Mattioli, 2002). El Propionato es el principal precursor hepático, a partir del cual se sintetiza del 25 al 55 % de la glucosa. Los hepatocitos lo transforman en glucosa en la vía de la gluconeogénesis. Las moléculas de glucosa sintetizadas durante este proceso son exportadas hacia tejidos extrahepáticos, quienes son los encargados de utilizarla como primera fuente de energía altamente disponible para su mantenimiento y reproducción (Díaz *et al.*, 2008).

Los cambios dietarios modifican el patrón de fermentación, en dietas basadas en forrajes hay una proporción molar de AGV de acetato 65% en comparación con propionato 25% y butirato 10%, En cambio dietas altas en granos o concentrados la proporción es de acetato 45%, propionato 45% y butirato 15%. La fermentación del componente de almidón del grano produce particularmente butirato incitando el crecimiento de papilas ruminales. Los disacáridos y almidones que escaparon de la fermentación ruminal, son digeridos en el intestino delgado en la misma forma que los no rumiantes por enzimas pancreáticas e intestinales (Díaz *et al.*, 2008).

El concentrado produce AGV los cuales promueven el crecimiento de las papilas ruminales, por lo tanto ofrecer concentrado sin restricciones hará que las

papilas ruminales aumentan la habilidad del rumen para absorber los nutrientes que hay en el alimento. Se recomienda alimentar con concentrado que sea del agrado de la ternera a partir de los 3 días de vida. El consumo de alimentos sólidos produce dos tipos de estimulación, una física y una metabólica, la física por alimentos voluminosos como forrajes o material inerte que logra aumentar el volumen del retículo- rumen y su tono muscular. Y la metabólica por los productos de fermentación (Díaz *et al.*, 2008).

A las 16 semanas en terneros alimentados solo con leche el crecimiento de las papilas es lento en el rumen aproximadamente 2 mm de longitud, contrastando con el crecimiento de las papilas cuando la dieta incluye alimentos sólidos, aproximadamente 10 mm. Los materiales voluminosos sin potencial fermentativo solo provocan la expansión y el crecimiento muscular del rumen pero no estimulan el desarrollo del epitelio (Lyford, 1993).

Los alimentos muy fermentables como concentrados tienen la ventaja de producir grandes cantidades de AGV para estimular el desarrollo papilar pero poca estimulación táctil, provocando menos contracciones ruminales y por ende bajo desarrollo de la capa muscular, contrario a los alimentos forrajeros que estimulan el desarrollo muscular y su menor producción de AGV para el estímulo del desarrollo epitelial. (Rotger, 2005).

Como mencionaba Morales (2014) a partir de los 45 días se debe tener presente la necesidad de incluir dentro de la ración, forraje de buena calidad que evite que las papilas formen queratina, evitando que inhiban la absorción de AGV. Ya que los animales que consumen como único alimento sólido forraje y de mala

calidad, el desarrollo de papilas ruminales es lento por la escasa producción de AGV y muy queratinizado por el elevado contenido de fibra no degradable (Bacha, 1999).

Para lograr que presenten papilas largas y robustas con buena absorción, se debe poner demasiado énfasis en la buena alimentación y producción de AGV, la concentración de estos AGV en el rumen son los que modifican el tamaño y longitud de las papilas, todo lo contrario a una deficiente alimentación como lo son papilas pequeñas que requerirán de un largo tiempo de recuperación para recuperar el tamaño y capacidad de absorción (Díaz *et al.*, 2008).

Hablando respecto al desarrollo de las papilas ruminales, hay una gran discusión respecto a que, aparte de la estimulación química o fisiológica, si es necesario la estimulación física. Las variables razones por la que recomiendan la introducción de forraje antes del destete son: incremento del tamaño y grosor del rumen por dilatación de los tejidos, Comportamientos sociales muy comunes en terneros como es mamarse unos a otros, ocasionando heridas en orejas, muslos, escroto, prepucio y cerca de los pezones, no solo afectando al que sufre las lesiones, el becerro que chupa genera bolas de pelo en el rumen pudiendo obstruir el esfínter retículo omasal. Para controlar estos comportamientos se añade material fibroso para que el animal sienta sensación de saciedad y tranquilidad, además como prevención en la posible queratinización de las papilas por consumo de el concentrado finamente molido (Bacha, 1999).

Al introducir material fibroso lignificado (Heno, paja) en un rumen en desarrollo, tiende a permanecer mucho tiempo, ocasionando retraso en la ingestión

de otro tipo de material sólido, y la parte indigestible de la dieta se aloja en las porciones posteriores del aparato gastrointestinal (Bacha, 1999).

## **2.6 Colonización del rumen e influencia en el desarrollo ruminal**

Las bacterias son la población ruminal imprescindible para la vida del rumiante, al nacer el tracto gastrointestinal es estéril, pero un campo abierto a la colonización de microorganismos que estén presentes en el medio ambiente, conforme el neonato mantenga contacto directo con otros bovinos o bien por contacto indirecto a través de elementos contaminados como forrajes o agua de bebida (Relling y Mattioli, 2002).

Una de las ideas a nivel práctico es el uso de forrajes para ayudar a la colonización bacteriana, más sin embargo la primera colonización ruminal es por reflujo del abomaso y se observa desde los primeros días de vida por *E.coli* y *Cl. Welchii*, el paso de estas bacterias a través de la barrera acida del abomaso es debido a que el cuajo aumenta el pH (Bacha, 1999). Las especies predominantes antes del calostro son *E. coli*, *Streptococos* y *Clostridium Welchii*, después del calostro, la predominan los lactobacilos (Relling y Mattioli, 2002). Luego la colonización continúa con bacterias amilolíticas y por ultimo las celulolíticas. Los descensos de PH del contenido ruminal durante las primeras semanas derivadas del creciente consumo de alimento sólido, favorece la absorción de los AGV, especialmente el butírico. Pero posteriormente poco a poco sube el PH hasta alcanzar niveles de 6 y 6,2 que son en los que se llega a la mayor actividad celulolítica (Bacha, 1999).

En el rumen totalmente involucionado el escape esporádico de la leche desde la gotera esofágica, provoca temporales descensos de pH ocasionando el desarrollo inicial de la flora lactogénica, pero retrasa el establecimiento de los protozoos sensibles al pH ácido. Esto explica porque los protozoos tardan semanas en colonizar y a diferencia de las bacterias necesitan del contagio desde otro adulto por medio especialmente del consumo de agua o alimento contaminado. Pudiendo vivir años sin desarrollar la fauna ruminal en caso de que el contagio no ocurra (Relling y Mattioli, 2002).

Esta secuencia de fenómenos ruminales es siempre igual, solo la velocidad a la que suceden estos acontecimientos los podemos controlar a través de la dieta haciendo hincapié a la inclusión de material sólido especialmente piensos concentrados (Bacha, 1999). Los cuales juntos con los demás alimentos como el preiniciador, el iniciador y el heno, son fermentados por estas bacterias presentes y degradados a AGV. Por lo tanto, son las bacterias las que proveen los AGV para el desarrollo epitelial (Díaz *et al.*, 2008).

En cada milímetro de contenido ruminal se alberga un aproximado de 10 000 a 50 000 millones de bacterias, siendo los microorganismos más abundantes (Díaz *et al.*, 2008). Esta concentración varía con el contenido energético de la dieta y por el pH que es el otro factor que afecta el desarrollo bacteriano. La flora celulolítica tiene mejor desarrollo en el lado menos ácido (6,0 a 6,9) y la flora amilolítica es favorable el lado más ácido (5,5 a 6,0). La importancia nutricional de las bacterias radica en que son responsables de la mayor parte de la actividad celulolítica del rumen, y por otro lado son capaces de sintetizar sus proteínas a partir de

compuestos nitrogenados no proteicos (NNP), especialmente amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) (Relling y Mattioli, 2002).

La mayoría de las bacterias son anaerobias estrictas, pero también algunos organismos facultativos, se recomienda estimularlas mediante; proveer agua fresca dotándolas de un ambiente acuoso, y brindar concentrados antes del destete (Díaz *et al.*, 2008).

Representan la microfauna ruminal, tienen su desarrollo preferentemente a pH superior a 6 y aunque están normalmente presentes, no son imprescindibles para la función ruminal, el contacto directo con otros rumiantes parece ser la principal vía de inoculación, y establecimiento de los protozoos (Relling y Mattioli, 2002).

La población de protozoarios en el rumen es menor a la de las bacterias, en una concentración de 1 millón por ml de contenido ruminal (Díaz *et al.*, 2008). Aunque estén en menor concentración tienen mayor tamaño por lo cual poseen una masa total que puede llegar a ser semejante a la bacteriana. A diferencia de las bacterias, los protozoarios tienen una menor capacidad celulolítica, y son incapaces de sintetizar proteínas a partir de NNP (Relling y Mattioli, 2002).

La mayoría son ciliados, existen también protozoarios flagelados. Los protozoarios consumen y metabolizan azúcares solubles, hidrolizan bacterias para utilizarlas como sustrato logrando limitar el crecimiento bacteriano (Díaz *et al.*, 2008). Resaltando uno de los beneficios es que modera la fermentación amilolítica al consumir preferentemente parte de las bacterias amilolíticas, y además engloban

trozos de almidón que pasan al intestino dentro del protozoo y evitan la fermentación ruminal, dándole al animal una fuente directa de glucosa (Relling y Mattioli, 2002).

Respecto a la recirculación de nitrógeno, es que favorecen al rumiante al aumentar el valor biológico de la proteína, aunque sea a un elevado costo energético. Utilizan para formar proteínas con las proteínas sintetizadas por las bacterias. La mayoría de protozoo muere en el rumen, por lo que sus proteínas son liberadas al medio ruminal donde las bacterias las van a degradar en las cadenas carbonadas y amoniaco para cubrir sus necesidades (Relling y Mattioli, 2002).

Los hongos representan aproximadamente el 8% de la biomasa ruminal. Poseen una importante actividad celulolítica (Celulosa) más que nada en el consumo de forrajes demasiado maduros o encañados. Aunque por su baja tasa de multiplicación a comparación de las bacterias no predomina en el rumen, sumándole que algunas bacterias reprimen su crecimiento, como el *Ruminococcus* spp (Relling y Mattioli, 2002).

A contraste de toda la información y estudios de las bacterias y protozoarios, los hongos anaeróbicos su noción ha sido limitada y su participación en los procesos ruminales no está todavía bien aclarada. Los géneros más frecuentes en el rumen son *Neocallimastix*, *Caecomyces*, *Pyromyces* y *Orpinomyces*. Estos hongos anaeróbicos poseen un amplio rango de enzimas que pueden degradar carbohidratos estructurales (celulosa y hemicelulosa) de las paredes celulares de las plantas (Díaz *et al.*, 2008).

## **2.7 Alimentación y consumo de alimento bajo sistemas de leche**

Al nacer, el sistema digestivo de la ternera lechera no está desarrollado, como se explicó anteriormente alrededor de las primeras 2 semanas la becerria es similar a un animal monogástrico, solo es funcional el abomaso y la leche o el sustituto de leche da los nutrientes necesarios. A medida que la becerria va consumiendo alimentos secos especialmente granos el rumen va adquiriendo un papel más importante, los compartimientos estomacales crecen y cambian su medida al mismo que se va desarrollando la ternera en un rumiante adulto. Los objetivos tradicionales de los programas de crianza de terneras toman en cuenta principalmente una menor tasa de mortalidad y que en el destete ya consuma alimentos sólidos lo más pronto posible, dando la perspectiva de que en granjas se ha pensado escasamente en la posibilidad de que las practicas relacionadas a la alimentación temprana pueden influir en la productividad posterior de estas crías cuando crecen y se vuelven vacas lactantes (Heinrichs y Jones, 2003).

El desarrollo de la becerria comienza con la ingesta de calostro inmediatamente al nacer, este plan de alimentación está dirigido para incentivar el consumo de concentrado desde temprana edad, como se muestra en la figura X, se mantiene la dieta láctea por 80 días. La primera semana se suministra alrededor de 4 litros de calostro tibio (37 °C) dos veces al día, que equivale aproximadamente a 240 a 320 gramos de inmunoglobulinas (Morales, 2014).

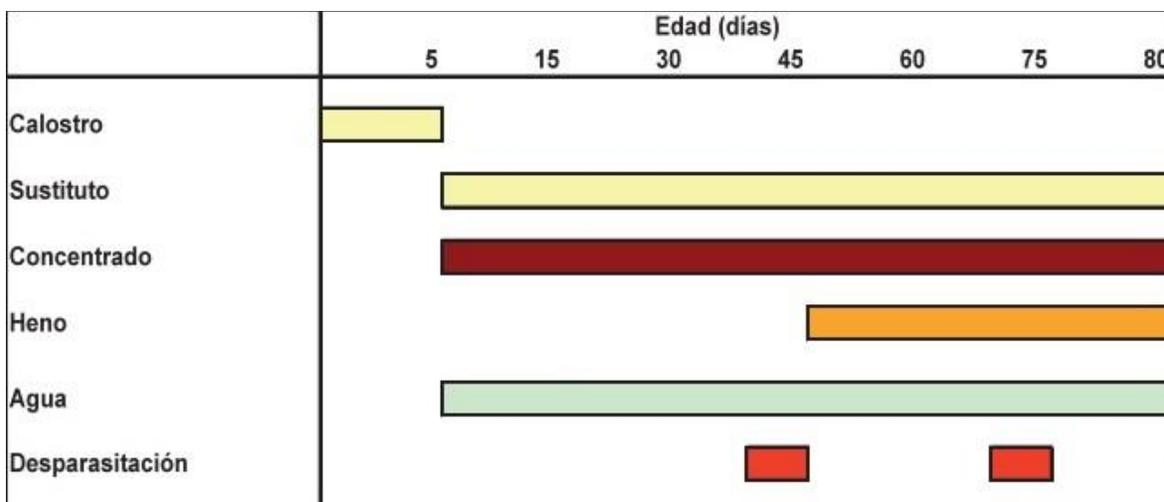


Figura 1. Esquema de alimentación de la etapa de crianza (tomado de Morales, 2014).

Luego del calostro, se suministra constantemente leche con restricciones equivalentes del 8 al 10% de su peso vivo (PV), Una becerro de 40 Kg PV le tocarían 4 litros, dadas en dos tomas. Junto con la leche se le da un concentrado iniciador en los primeros días, Al llegar al consumo de aproximadamente 1 kilo, por 3 días seguido, se realiza el destete (Lagger, 2010). Con el sistema mencionado, la raza Holstein obtiene ganancia diaria promedio de 450 gramos por día, obteniendo un 60% de las becerros ya destetadas a más de ocho semanas de edad (USDA, 2010).

Otra opción en la dieta láctea, es el uso de sustituto lácteo suministrado en doble concentración una vez al día, a temperatura ambiente y acidificado, basándose en los trabajos de lanuza *et al.*, (1987) los terneros presentan ganancia de peso similar al suministrarse la leche a 35°C o a temperatura ambiente sin variar la temperatura durante el periodo de dieta líquida; y Hernández (1995) señala que los terneros menores de un mes se suministra leche a 38°C , y becerros mayores de 1 mes de edad, se puede suministrar leche a temperatura ambiente o fría, (Morales, 2014).

## **2.8 Calostro, tipos de inmunoglobulinas**

El calostro es el primer producto de la glándula mamaria en las 24 horas posteriores al parto siendo la primera fuente de nutrientes del ternero, este es una secreción densa, cremosa, amarilla, y tiene tres funciones básicas: La primera es la protección por medio de su contenido de inmunoglobulinas a los recién nacidos de las posibles infecciones en sus primeros días de vida; la segunda es por el aporte de energía para combatir la hipotermia, debido a su alto valor energético y la tercera es facilitar el tránsito intestinal, debido a la naturaleza de su elevado contenido en sales de magnesio con acción laxante, el cual ayuda a expulsar el meconio (Morales, 2014). Los terneros nacen sin anticuerpos, es decir desprovistos de inmunoglobulinas (Igs) en el suero sanguíneo, esto responde a que los bovinos poseen una placenta tipo epiteliocorial, que impide el paso de las Igs desde la madre hacia el feto, por ser de tamaño muy grande, haciendo que los bovinos recién nacidos sean dependiente completamente de los anticuerpos recibidos en el calostro. Por ello la importancia de obtener un calostro de calidad y cantidad satisfactorios para la ternera con el objetivo de reducir la mortalidad de los animales. Los terneros que fallan en la transmisión de anticuerpos por no consumir calostro o absorción de cantidades inadecuadas de Igs son más susceptibles a infecciones provocadas por bacterias como septicemia, enteritis y enterotoxemia (Morales, 2014).

Los animales recién nacidos al empezar su etapa de lactancia con el consumo de calostro tienen poca actividad proteolítica en el tubo digestivo debido a inhibidores de tripsina, por lo cual las proteínas del calostro no son digeridas,

pasando de forma directa al intestino delgado. Luego las proteínas llegan al íleon, donde son captadas por células epiteliales y mediante pinocitosis, estas células pasan al canal linfático y a capilares intestinales para posteriormente las inmunoglobulinas sean absorbidas y transportadas por circulación sistémica, protegiendo así al recién nacido y constituir su primera línea de defensa (Salas, 2018).

El calostro es rico en sólidos totales y cenizas totales, más rico en proteínas y menor contenido de lactosa a comparación de la leche normal. Contiene muchas proteínas, cerca del doble, por unidad de sólidos totales y la misma cantidad de grasa y cenizas, pero solo una tercera parte de la lactosa, es alto en albumina e inmunoglobulina, así como altas concentraciones de vitaminas, factores de crecimiento, antimicrobianos no específicos y otros compuestos bioactivos (González *et al.*, 2012).

Es la primera fuente energética para para los cambios fisiológico que ocurren en el recién nacido y que demandan un alto gasto energético, la importancia del tiempo de administración radica en que a medida que se extrae el producto de la glándula mamaria, la fracción globulina del calostro desciende rápidamente en los sucesivos ordeños y asume la composición de la leche normal, en el curso de los 3-5 primeros días posteriores al parto (Heinrichs y Jones, 2003).

La capacidad del ternero para absorber anticuerpos es alta al nacimiento pero conforme pasan las horas disminuyen su absorción, generalmente dura entre 12 y 24 horas después del nacimiento, debido al cierre intestinal a las inmunoglobulinas que comienza espontáneamente después de las 12 horas de vida en ausencia de

alimentos. Si el ternero se alimenta con calostro de forma temprana después de nacer habrá más tiempo disponible para la absorción que si se alimentó horas después, por lo que terneros que tomaron insuficiente calostro o de pobre calidad o alimentados tardíamente no lograrán suficiente inmunidad lo que se conoce como falla de transferencia pasiva (Quigley, 2016).

Encontramos distintos tipos de inmunoglobulinas normalmente entre 50 a 150 mg/ml, las más principales presentes son la IgG, IgM e IgA en orden de importancia y cantidad en calostro, dentro de las IgG hay dos subtipos la IgG1 e IgG2, estas inmunoglobulinas trabajan en conjunto para brindar la inmunidad pasiva. El calostro contiene un 70-80% IgG, un 10-15% IgM y un 10-15% IgA. Estas IgG se transportan de la sangre la vaca al calostro por mecanismos de transporte muy específicos. Este mecanismo mueve cantidades grandes de IgG de sangre a la ubre. Ocasionando que las vacas recién paridas requieran semanas para fabricar las IgG que se fueron en el calostro para el ternero. Las IgM e IgA se sintetizan en la glándula mamaria (Quigley, 1997).

La IgG es la de mayor cantidad en suero y calostro su función es identificar y ayudar a destruir los agente patógenos. La IgM es el anticuerpo que actúa como primera barrera de defensa en caso de infección generalizada, es una molécula grande que permanece en sangre. La IgA protege la superficie de las mucosas como las intestinales evitando la adhesión de bacterias patógenas protegiendo el intestino de las terneras (Mireille, 2004).

El calostreo es vital en las primeras horas de vida, los anticuerpos a pesar de su gran tamaño son absorbidos por las células intestinales en menos de 2 horas,

debido a la permeabilidad del intestino, que mientras transcurren 24 horas de nacido la capa epitelial que lo recubre va impidiendo el paso de las moléculas grandes de proteínas que a partir de ese momento el calostro alimenta pero no confiere inmunidad. La importancia de su administración lo más pronto posible es para adquirir inmunidad contra los patógenos que ya están presentes en el medio ambiente como si se tratara de una competencia (Saquipay, 2011).

Además de la maduración del intestino que hace que el becerro pierda capacidad de absorber los anticuerpos rápidamente por eso la importancia de la administración temprana y oportuna después del nacimiento, el intestino del becerro recién nacido empieza a secretar enzimas que degradan los anticuerpos antes de que puedan ser absorbidos, disminuyendo la cantidad de anticuerpos disponibles que pueden enfrentar la lucha contra los patógenos, Es además el calostro una excelente fuente de nutrición por tener una mayor concentración de nutrientes que la leche normal (Saquipay, 2011).

Hay diversas maneras de administrar el calostro de los terneros, al pie de la vaca pero no es el más indicado debido a que la ubre puede estar sucia, el ternero puede tener dificultad para mamar y no se lleva un control de la calidad ni cantidad de calostro que consume el becerro, Mediante sonda esofágica solo si el ternero está enfermo, muy débil o no sepa tomar por sí solo. El más recomendado es mamadera o botella de chupo. Con este método nos cercioramos de que el ternero reciba el calostro en calidad y cantidad adecuada siendo una práctica higiénica si se realiza eficientemente (Morales, 2014).

Dentro de las primeras 24 horas después del parto, se debe administrar en la primera media hora y repetir a las 6 horas con otra toma. La formación conocida como calostrogénesis se da durante las 3 o 4 semanas antes del parto con sus adaptaciones fisiológicas, dentro de las transferencias masivas de inmunoglobulinas, la más conocida es la IgG1 que viaja de la circulación materna hacia la glándula mamaria. Se estima que hasta 500 gramos de IgG podrían ser transferidos en una semana de calostrogenesis (Barrington *et al.*, 2001).

Hay una correlación positiva entre los niveles séricos de IgG en terneras de 24-48 horas después del nacimiento y la ganancia diaria de peso, así como la tasa de crecimiento desde el nacimiento hasta la madurez sexual influye en la edad al primer parto, los buenos niveles de transferencia pasiva incrementan las ganancias de peso y crecimiento de vaquillas afectando positivamente la edad al primer servicio (Díaz, 2018).

Un factor importante a considerar es que el calostro después del parto debe ser administrado de inmediato ya que es la primera fuente de nutrientes después del nacimiento, por ello no debe retrasar durante más de 9 horas de nacimiento, para esa adecuada transferencia de inmunidad pasiva, la absorción intacta de las Igs se produce durante las primeras horas después del nacimiento (Díaz, 2018).

El suministro inadecuado de calostro siempre es un riesgo presente en todas las granjas lecheras, por lo que se cuenta con calostro congelado de alta calidad o un suministro completo de sustituto formulado preferentemente con inmunoglobulinas bovinas (Ig), Las investigaciones actuales apuntan más hacia la calidad es decir hacia la concentración de inmunoglobulinas como el factor principal

que afecta en el nivel de inmunidad de la cría, siempre se asumió que se alimenta con la misma cantidad, alrededor de 4 litros dentro de las primeras 6 horas de nacimiento, Mientras más rápido se administre, se absorberán una cantidad mayor de Igs por el cierre del intestino que aumenta con la edad y la exposición a las bacterias, pero ocurre un retraso real desde el momento en que se recolecta hasta que la ternera es alimentada, creando esas variaciones en el tiempo de administración (Díaz, 2018).

4 litros de calostro tibio a 37 grados centígrados dos veces al día y se debe suministrar y observar que ingiera el equivalente al 10% de su peso vivo en calostro (un promedio de 4 litros en becerras Holstein). Que el calostro debe ser ingerido en una sola toma y lo más pronto posible, Que el calostro sea de buena calidad y procedente de su madre preferentemente. El calostro alberga entre 60 a 80 gramos de inmunoglobulinas por litro, por lo cual una becerro de 40 kilos tendría que ingerir 4 litros de calostro para obtener de 240 a 320 gramos de inmunoglobulinas y lograr su protección inmunológica (Moreno, 2012).

Para verificar la concentración de inmunoglobulinas presentes en el calostro se utiliza un método sencillo que toma en cuenta la relación que hay entre la gravedad específica del calostro y la concentración inmunológica en el calostro, este método fue el resultado del calostrometro incorporado en escalas en un hidrómetro convencional, usado para evaluar la calidad y cantidad de inmunoglobulinas en el calostro. En becerras se define que ha fracasado la transferencia pasiva si la concentración de Ig es menor de 10 mg/ml entre 24 y 48 horas después del parto, esto es cuando se analiza la muestra (Fleener y Stoot, 1980).

Así poder conocer las causas de la hipoglucemia o agamaglobulinemia en beceras como resultado de la ingestión inadecuada de calostro o baja concentración de inmunoglobulinas en el calostro, así como la alimentación tardía del calostro, una cantidad excesiva de calostro puede provocar inhibición en la absorción de la inmunoglobulina, por lo cual se considera que en las primeras diez horas posparto la toma de 4 litros de calostro es suficiente en cantidad optima, según el peso de la beceras (Moreno, 2012).

Los corticosteroides y la adrenalina estos productos de origen hormonal que se alteran cuando ocurren cambios metabólicos por situaciones de estrés durante y al momento del parto afectan la permeabilidad de la pared intestinal de la beceras, afectando la absorción de los anticuerpos (Terpstra, 2003).

Esta absorción de inmunoglobulinas del calostro si se da de forma adecuada provee una protección temporal contra ciertos microorganismos patógenos, como escherichia coli que habita el recto, intestino grueso y la parte inferior del intestino delgado, y permite protección hasta que la beceras sea capaz de producir sus propios anticuerpos (Moreno, 2012).

Sin restarle importancia al recuento de bacterias en el calostro, que tiende a ser más importante que la concentración de Ig para proporcionar una transferencia pasiva adecuada de inmunidad, ya que al momento del consumo debe contener menos de 100.000 UFC (unidades formadoras de colonias) en el conteo de placas estándar de bacterias, debido a que el alto recuento de bacterias en el calostro optimizan el cierre del intestino a la absorción de Ig y aumenta el riesgo de fracaso de la transferencia pasiva y la diarrea (Díaz, 2018).

## 2.9 Leche entera

La leche es líquida de color blanco amarillenta, con más densidad que el agua, y se determina visualmente o con ayuda del tacto. La leche fresca tiene un ligero aroma lechoso susceptible a absorber olores del medio ambiente. Sabor ligero, dulce, agradable y típico de este alimento. Esta constituida principalmente por células epiteliales, y contienen una pequeña proporción de leucocitos y linfocitos. En una cifra de 300 a 400 mil por mililitro en el recuento total de la primera leche del ordeño (Garzón, 2007).

Es recomendada la leche por su alta cantidad de nutrientes y por ser un alimento ideal para la becerria debido a su riqueza de nutrientes de fácil asimilación: proteínas de alto valor biológico, un carbohidrato fácilmente utilizable como la glucosa, calcio y fosforo, vitamina A y D, un alto valor energético por la grasa y lactosa. Solo se justifica la sustitución por sustitutos lácteos si se logra disminuir el costo de la crianza y resulte rentable más aparte destinar una mayor cantidad para el consumo de la población (Wattiaux, 2009).

Los factores más importantes a considerar al alimentar con leche es el tipo de leche ofrecida, cantidad de alimento, frecuencia de alimentación, método de alimentación, temperatura de la leche y reglas higiénicas (Wattiaux, 2009).

La cantidad de leche suministrada diariamente debe ser alrededor del 8% de su peso al nacimiento (Otterby y Linn, 1981); o 10% del peso vivo de la ternera, es decir, una becerria de 35 a 40 Kg consumirá 4 Litros de leche diario (Schingoethe y García, 2004). Se recomienda en tomas de dos veces al día por lo menos, y sobre todo en un horario definido, y la forma de ofrecimiento es por medio de mamila, si

se cuenta con tiempo y personal, o por medio de cubetas aunque conlleve riesgos, como neumonías por aspiración (Ortiz *et al*, 2005).

Se alimenta enseñándole a beber del balde o darle la leche con biberón o tetera. El contenido de grasa debe ser de moderado a bajo para reducir el riesgo de trastornos intestinales. Se recomienda reducir la aportación de leche en el caso de que presente diarrea, hasta que se recupere la becerro, así como incorporación de electrolitos (Saquipay, 2011).

Exceso de consumo de leche puede provocar trastornos digestivos (Thickett *et.al.*, 1989). Pero Khan *et al* (2011) alimentó terneras con alta cantidad de leche el 20% de su peso al nacimiento y acceso a heno picado, en su conclusión la provisión de heno promueve la ingestión de materia seca de alimento sólido y por ende el desarrollo del rumen sin afectar la ganancia de peso corporal mientras que, Jasper y weary (2002) al alimentar a los terneros con leche *ad libitum* tuvieron una incidencia de diarrea baja y no difería de los controles (10% del peso vivo).

Se debe mantener siempre la misma temperatura en la leche al administrarse aproximadamente 32°C, debido a que las temperaturas variables probablemente originen trastornos digestivos y diarreas. Se pueden ofrecer alternativas de alimentos que reemplacen el empleo de leche fresca como lo son: lactoreemplazadores, calostro, calostro acidificado, leche descremada, leche en polvo (Reaves y Pegram, 1977).

## **2.10 Sustituto de leche en la alimentación de becerros**

Los primeros sustitutos lácteos (SL) tuvieron su inicio en la década de los 50 utilizando como materia prima leche descremada en polvo, suero en polvo, grasa

butírica y grasa animal. Pero su desventaja era su bajo contenido en grasa un 10% respecto al 30% de la leche y rudimentarios sistemas que existían para desecar la leche descremada causando una utilización limitada, además ocasionaban problemas digestivos en los terneros los cuales eran incapaces de digerir las proteínas desnaturizadas resultantes de la aplicación de estos procedimientos. En la actualidad la industria de los SL está en constante cambio derivado del constante cambio en el mercado de consumo humano y la creciente demanda, ocasionando fluctuaciones en el precio de la leche descremada en polvo ocasionando que sea poco atractivo para su uso (Bacha, 1999).

Estos sustitutos lecheros simulan a la leche natural que se le suministra a la becerria, siempre va acompañado de un alimento seco que al reconstituirse se disuelve o mantiene en suspensión sus componentes, si se utiliza adecuadamente puede sustituir por completo la leche materna con resultados exitosos. Lo que le da tanta popularidad es su costo debido a que rebaja los costos y visto de forma nutricional las diferentes marcas de sustitutos son buenas alternativas de alimentación para el ternero (Saquipay, 2011).

Las terneras consumen un aproximado de 345 kg de leche sola por animal, pero si se emplea SL el consumo se reduce a 145 kg de leche entera y 30 kg del producto es decir 1 kg de SL puede sustituir entre 6 y 7 kg de leche fresca, reduciendo costos hasta unas cuatro veces (Roefeldt, 2005).

Las principales materias primas utilizadas son productos lácteos como leche descremada en polvo aunque se ve afectada por sus precios y el suero de leche seco, concentrados proteicos de pescado y soya entre otros y levaduras como la

torula, y la utilización de azúcar cruda de la caña de azúcar para satisfacer déficit de suplementos energéticos (Saquipay, 2011). Las más comunes proteínas vegetales de soja (aislados de proteína de soja, concentrados, harinas de alta proteína y soja micronizada), trigo (concentrado de solubles de proteína de trigo), patata y guisante, y proteínas animales como la de sangre, plasma, carne, pescado (Bacha, 1999).

Las becerras de dos semanas deben recibir un sustituto con ingredientes basados en leche, Debe contener niveles de proteína cruda de 22% o más. La varianza en el contenido de proteína de los sustitutos es amplia, desde 15% hasta 25% y su contenido de grasa debe ser mínimo de 10%, 15% a 20% cuando las becerras estén expuestas a climas fríos o condiciones de estrés, así como 53% Carbohidratos y 7% Cenizas (Moreno, 2012).

Actualmente se reemplazan las proteínas lácteas por proteínas vegetales, por lo tanto los coeficientes de digestibilidad deben ser ajustados durante el primer mes de vida del lactante debido a que es menos la producción de proteasa por parte de la becerro (Martínez, 2003).

En el caso específico de las proteínas de soja está justificada por temas económicos, pero contiene un número elevado de factores antinutritivos (FA) como los antitripsicos, los factores antigénicos de las proteínas, la conglicinina y betaconglicinina y los compuestos fenólicos, además contiene niveles altos de carbohidratos como sacarosa, rafinosa y la sucrosa que son de difícil digestión. Actualmente existen varios tipos de procesamientos industriales para reducir lo máximo posible tales efectos negativos de los factores antinutritivos (Bacha, 1999).

Además la alimentación a base de utilizar proteínas de soja afecta la función del prerumiante, ya que el crecimiento dado por el tamaño y la profundidades de las criptas intestinales son inferiores a una alimentación con proteína láctea (Quigley, 1997).

Después del consumo de calostro en los primeros días de edad, a los 30 días permanecen consumiendo leche o sustituto, algo de heno o pienso, A partir del 31 hasta el 60, 70 día dependiendo del destete se reduce el consumo de leche y se incrementa el nivel del LR, a la vez que poco a poco aumenta el consumo de alimentos secos (Saquipay, 2011).

### **2.11 Consumo de Concentrado**

Existen 2 tipos de concentrados para terneros los concentrados de iniciación y crecimiento. Los concentrados de iniciación son los primeros que son ofrecidos, a partir del segundo al tercer día de vida, su consumo está ligado directamente al consumo de dieta láctea que se le suministra, de su disponibilidad del concentrado y consumo de agua. Este concentrado iniciador provee el sustrato de carbohidratos para ser fermentados en el rumen, produciendo AGV esenciales para su desarrollo. Se ofrecen pequeñas raciones de alimento sólido lo equivalente a un puñado y estimularlo a que lo consuma inmediatamente de haber ingerido la dieta láctea, con la finalidad de que conozca el alimento y aumentar su gusto más su deseo de consumirlo progresivamente. Se ofrece en pequeñas porciones de 50- 100 gramos al día la primera semana, a partir de la segunda semana ir aumentando. Es de suma importancia eliminar sobrantes, evitar que se humedezcan, fermentándose y contaminándose ocasionando diarreas. De preferencia, ofrecer a libre voluntad y en

forma de pellet hasta que aumenten su consumo. El concentrado debe tener 18 a 20% de proteína cruda en materia seca (Lanuza, 2013).

El valor nutritivo de este alimento balanceado iniciador debe contener un 18% proteína y un 73 a 76.5% de TND. Se debe cuidar que el contenido de grasa no sobrepase el 5%, dado que cantidades superiores disminuyen la digestibilidad del concentrado. El consumo es bajo y aumenta paulatinamente (Saquipay, 2011).

Después de los 3 meses y hasta los 6 meses de edad, se utiliza el concentrado de crecimiento, el cual se limita a un máximo de 2 kg/ternero/día. Estimulando su consumo con ingredientes de gran gustosidad, uso de saborizantes como sal o melaza. Empastillamiento del concentrado y estimulación al acercar al hocico de la becerria. Una vez ya sea retirada la dieta láctea, se incrementa el consumo de iniciador al doble como mínimo, disponiendo de los nutrientes esenciales para su sostén y desarrollo (Salazar, 2006).

Uno de los objetivos trazados para la crianza de terneras es lograr que pasen de su fase pre rumiante a rumiante funcional y que inicien la etapa de cría con el menor estrés posible, para lograr esto debe haber desarrollo ruminal y consumo de alimento balanceado el cual inicia a partir de la primera semana, en el cual interviene el establecimiento de bacterias en rumen, fermentando los carbohidratos del balanceado con producción de AGV (Propionato o butirato) impulsando crecimiento de las papilas, aumentando superficie de absorción (Saquipay, 2011). Este objetivo de incentivar un consumo de concentrado a temprana edad es para estimular el desarrollo de papilas ruminales y mejorar el aprovechamiento de la ración sólida de la dieta (Morales, 2014).

El primer pienso que consume el ternero es de una vital importancia porque sustituye definitivamente la alimentación líquida, lo cual en temas económicos es favorable, debido al ahorro en su coste de la alimentación. El tipo de pienso a seleccionar depende del tipo de explotación, destino zootécnico, momento de destete, etc. El objetivo suele ser sustituir la dieta láctea (destetar) a partir de los 35 días en sistema de destete precoz y a los 60 en los tradicionales (Bacha, 1999).

El ternero no presenta un consumo importante de alimentos sólidos hasta la tercera o cuarta semana pero por lo general, comienzan a ingerir concentrado a partir de la primera semana de edad, en pequeñas cantidades por lo que debe suministrarle una cantidad adecuada (Bath *et al.*, 1993). De Blas *et al.*, (1987) indica que a los 14 días se aumenta el consumo de las cantidades de alimentos sólidos en los terneros tanto de concentrado como de forraje, que son fermentados por la población bacteriana del retículo-rumen iniciando producción de AGV responsable del desarrollo de papilas ruminales. Para que el ternero a la semana 10 o 12 de edad ya posea capacidad de ingestión suficiente para alimentarse a base de forraje y concentrado, sin que ocurra una caída en el crecimiento (Morales, 2014).

No se utiliza la edad de las terneras para el destete, si no la cantidad de concentrado que consumen al momento del destete. Un criterio aceptable para destetar a los terneros es el porcentaje de consumo de materia seca respecto del peso vivo al iniciar el consumo del pienso. Se recomienda destetar al tener cuando su consumo sea equivalente al 1,5 % o 2% de su peso vivo inicial. Con este método obtuvieron una reducción de días respecto al destete clásico de las 8 semanas de vida sin efectos negativos en la ganancia de peso (Greenwood *et al.* (1997). Es decir

que un animal de 45 kg de peso vivo al nacer puede ser destetado si consume por 3 días consecutivos 900 gramos (900 g/día) (Bacha, 1999). Por 5 días consecutivos un consumo de 1.1 kg para realizar el destete y asegurar un normal crecimiento (Morales, 2014).

Destetar antes de las 4 semanas de edad, presentan más riesgos que conlleva a una mortalidad más elevada. Si el destete es a la octava semana se asegura un mejor bienestar, becerras más fuertes y bonitas aunque eso puede traer más costos, ya que una ración de ternera destetada que incluye forraje y concentrados es generalmente más barata que la leche o sustituto de leche, pero no es comparable al hecho de que la tasa de crecimiento permanece limitada mientras las terneras sean alimentadas con dieta líquida. La ganancia de peso generalmente incrementa después del destete (Saquipay, 2011).

El problema del destete precoz es que se relaciona al bajo consumo de alimento, por lo que se recomienda darle importancia a la palatabilidad, que depende de su presentación física (Pellet o polvo); los terneros tienden a no gustar de alimento molido disminuyendo su aceptación y su ingestión, ya que se empalmara en la boca del ternero, mientras que los granos tienen más aceptación cuando son partidos o aplastados, es por ello que usan la melaza para mejorar esa aceptación (Moreno, 2012). La aplicación de melaza que se llevó a cabo desde la segunda semana de edad permitió el incremento en el consumo desde los primeros días de ofrecerse (Morales, 2014).

Los concentrados se sugieren que sean molidos groseramente, sugiriendo que el 50% de estas sea mayor de 11190  $\mu\text{m}$ . Los pellets y concentrados finos, no

son bien aceptados como los concentrados molidos groseramente (Otterby y Linn, 1981). Las harinas deberán contener una granulometría grosera con predominancia de granos troceados y partículas de tamaño entre 1,5 y 2,5 mm, sobre las de menor tamaño, piensos excesivamente molidos son menos apetecibles y ocasionan problemas digestivos como acidosis (Bacha, 1999).

Los que constituyen primeramente las fuentes de energía son los cereales, los cuales son los componentes más importantes en cuanto a porcentaje de inclusión en los piensos. Se recomienda en el caso del maíz que sea procesado térmicamente, porque la aplicación del calor provoca la gelatinización del almidón, aumentando su digestibilidad, su desdoblamiento hasta AGV en el retículo-rumen y generalmente mejorando su consumo. En cambio para la cebada y el trigo se usan de forma directa por la característica de que tiene más aprovechamiento su almidón, pero sus compuestos como los  $\beta$ -glucanos que disminuyen su digestibilidad, y menor valor energético que el maíz (Bacha, 1999).

En cuanto a contenido proteico los más utilizados son las harinas de soja y la soja integral tostada, también es posible la harina de pescado por la buena respuesta de los terneros a los niveles altos de proteína no degradable (40% sobre el total de la proteína bruta). Las demás fuentes de proteína vegetal se usan en menor porcentaje por su alto contenido de fibra muy lignificada y por factores antinutritivos. Los productos fibrosos como salvado de trigo por su fibra de buena calidad y contenido de almidón medianamente alto, la cascarilla de soja se utiliza por su tipo de fibra de alto aprovechamiento, con degradabilidad teórica ruminal lenta, favoreciendo el desarrollo de papilas ruminales (Bacha, 1999).

En el tipo de pienso influye el contenido y calidad del almidón utilizado, muy importante la lactosa para aprovechar la capacidad enzimática de los terneros por ser un disacárido de fácil desdoblamiento en el rumen hasta ácidos grasos volátiles. Un nivel de proteína como mínimo de 18% y parece indicar que en rumiante la fuente no es importante ya que responde muy bien a niveles alto de proteína no-degradable superiores al 35% de la proteína total (Bacha, 1999).

### **2.12 Consumo de forrajes y agua**

Los componentes fibrosos de la dieta son digeridos por enzimas celulasas y xilanasas producidas por bacterias, protozoarios y hongos ruminales. La característica que más distingue a los forrajes es su alto contenido de fibra cruda. Su importancia en la alimentación es que su consumo estimula el desarrollo en volumen del rumen, promoviendo el crecimiento de la capa muscular del rumen y mantiene la salud del epitelio, Pero más relevante es la presencia de ácidos grasos volátiles para permitir el desarrollo de las papilas ruminales promoviendo la funcionalidad del rumen (Morales, 2014).

Es de mayor importancia el concentrado por lo cual no se recomienda suministrar heno a las crías en las primeras 4 semanas de vida (Lanuza, 2013). A la edad de 2 semanas, se ofrece a los terneros heno frondoso de tallo fino de alta calidad. Puede dársele también pasto seco o ensilaje de leguminosas o heno ensilado para favorecer el desarrollo temprano del rumen (Bath *et al.*, 1993). Heinrichs y Jones, (2003) recomienda que para promover el crecimiento de la capa muscular del rumen, se debe incorporar heno a la dieta después del destete.

La función que cumple el forraje es ayudar al desarrollo de las paredes ruminales, activar el proceso de la rumia y la salivación. Más tomar en cuenta que debe ser libre de hongos, con gran cantidad de hojas, no tallos gruesos ni largos, que sea agradable para la ternera (Lanuza, 2013). Los terneros tienen en su etapa inicial de desarrollo requerimientos energéticos muy altos, si consumen cantidades significativas de heno, se verá limitado el consumo de concentrado y se afectará negativamente su crecimiento. Además, la mayoría de terneros no ingiere cantidades significativas de heno si se ofrece simultáneamente grano o concentrado. El mayor consumo de heno ocurre entre 6 y 7 semanas de edad (Gómez y Fernández, 2008).

Las terneras no pueden sobrevivir solo del consumo de leche, el desarrollo del rumen es de las áreas de mayor interés, hay una obligación de alimentar con una ración mínima diaria de alimento fibroso el cual debe estar entre 50-250 g/día desde la semana 2 hasta la 20 de edad. El desarrollo del rumen es apoyado principalmente por el concentrado ingerido, en cambio el heno no debe ser suministrado antes del destete (Díaz, 2018).

Se debe tener presente la necesidad de incluir dentro de la ración, forraje para evitar que las papilas formen queratina, las cuales pueden también inhibir la absorción de AGV, por eso se consideran una vez se ha logrado el desarrollo de las papilas ruminales, el programa de crianza recomienda que la oferta de heno comience desde los 45 días (Morales, 2014).

Un punto de controversia durante la crianza de terneros es la oportunidad y la importancia de suministrar agua desde los primeros días de vida, siempre

teniendo en cuenta que debe ser de forma permanente el suministro de agua limpia y renovada, por su participación en el funcionamiento digestivo y metabólico y por la importancia en la ingestión normal de alimentos sólidos (González, 1990).

El agua también se requiere para el desarrollo temprano del rumen, los microorganismos requieren de un medio acuoso, cuando la alimentación seca ingresa al rumen, absorbe el agua que consumió la ternera, esto junto al ambiente anaeróbico del rumen proporciona el medio perfecto para el crecimiento de estos microorganismos, que son los responsables de estimular tempranamente el desarrollo y crecimiento de las papilas de la mucosa de la pared interna. Hay una estrecha dependencia entre consumo de agua y de concentrado. Cerca del destete hay consumo de 3 y 4 litros de agua al día, a la vez que consumen alrededor de 1,5 Kg de concentrado, ayudando a ser destetados más tempranamente (Lanuza, 2013). Se requiere de 2 a 4 Kg de agua por cada kilogramo de materia seca consumida (Moreno, 2012).

El agua que los animales consumen proviene, de pozos o mantos disponibles del establo, así como del agua contenida en los alimentos y la producida por el cuerpo en el metabolismo de los nutrientes, especialmente los lípidos. Las características mínimas requeridas para el agua de bebida son limpieza y frescura, esenciales para que el ganado tenga salud y logre su desempeño, esta debe ser agua dulce y limpia en cantidades ilimitada por lo menos una vez al día. Los factores que intervienen en el consumo de agua en las becerras son múltiples, destacando los efectos medioambientales, temperatura y humedad, el consumo de materia seca, tipo de dieta y fisiología del animal (Moreno, 2012).

### **2.13 Uso de Probióticos en neonatos**

Los probióticos se definen como microorganismos vivos que, cuando se administran en cantidades adecuadas, confieren un beneficio de salud en el hospedador (Hill *et al.*, 2014). Por lo cual las bacterias nativas no son probióticos, hasta que se hayan aislado, purificado y demostrado su efecto beneficioso para la salud (Kleerebezem y Vaughan, 2009).

De manera general los probióticos actúan a nivel gastrointestinal aumentando su población bacteriana con el objetivo de disminuir los microorganismos patógenos, de manera que estimulan mecanismos inmunitarios y no inmunitarios (Salas, 2018).

Sus estudios recientes se deben por su capacidad de modular la microbiota intestinal y los sistemas inmunológicos en humanos y animales, donde se usa como profilaxis y con fines terapéuticos en prácticas clínicas y veterinarias (Adekunle *et al.*, 2020).

Los mecanismos de acción están caracterizados por reducción de reacciones metabólicas que producen sustancias tóxicas, estimulación de enzimas endógenas y producción de vitaminas y sustancias antimicrobianas. La adhesión de los receptores del epitelio intestinal y competencia por los nutrientes que se caracteriza porque los probióticos compiten con las bacterias patógenas por un lugar en la pared intestinal. Por su capacidad de adhesión a los enterocitos y colonocitos, los probióticos mejoran el efecto barrera evitando adhesión de patógenos a la pared intestinal y como resultado menor proliferación de agentes patógenos, y las mucinas (MUC2 Y MUC3) que son quienes participan en el recubrimiento por medio de una

capa de moco, incrementan su expresión de esta forma se crea una barrera más fuerte contra los patógenos y de la misma manera compiten por los nutrientes (Salas, 2018).

Las bacterias ácido lácticas con potencial probiótico secretan ácidos orgánicos que aumentan la acidez del ambiente gastrointestinal y, por lo tanto, reducen el riesgo de infestación de patógenos y, a la par regulan el ecosistema microbiano dentro del hábitat intestinal (Servin, 2004). Ya establecidas estas bacterias probióticas producen sustancias como bacteriocinas o el ácido láctico, que acidifica el medio intestinal logrando así una mejor absorción y una reducción de la inflamación de la mucosa gástrica, además de afectar las membranas celulares de los microorganismos patógenos alterando su permeabilidad (Tormo, 2006).

Los probióticos han demostrado mejores condiciones aeróbicas en el medio gastrointestinal a través del agotamiento de compuestos captadores de oxígeno como como los nitratos (Hossain y Sadekuzzaman, 2017). También los probióticos como *Lactobacillus*, pueden generar peróxido de hidrogeno, con el potencial de reducir el PH y de la misma forma el potencial redox para de esta forma inhibir el crecimiento de los agentes patógenos y afectar las membranas celulares de los microorganismos patógenos y favorecer el desarrollo de microorganismos anaerobios (Tormo, 2006). *Lactobacillus* tiene la capacidad de secretar antibióticos naturales como lactocinas, nicinas, con amplia actividad que en casos de diarreas acortan su efecto (Salas, 2018). Han demostrado la capacidad de secretar enzimas hidrolíticas contra toxinas bacterianas e incluso inactivar los receptores de toxina,

limitando la aparición de infecciones mediadas por toxinas en animales de ganado (Hossain y Sadekuzzaman, 2017).

Los probióticos confirmaron una mejora en el rendimiento del crecimiento, debido al aumento en la producción de ácidos grasos volátiles, la digestibilidad de los nutrientes, la tasa de conversión alimenticia y la estimulación de protozoos dependientes del ácido láctico. Se ha utilizado los probióticos para aumentar la eficacia de la utilización de piensos, aumentar la producción de leche y reducir la diarrea tanto en cerdos como en vacas, y para controlar la colonización del tracto intestinal por salmonella en los pollos (Adekunle *et al.*, 2020). Además reduce el colesterol sérico y son una alternativa emergente, segura y viable a los antibióticos (Lan *et al.*, 2017). Además la adicción de *Lactobacillus reuteri* resulto en un aumento de la altura de las vellosidades, lo que indica que los probióticos son potencialmente capaces de mejorar la absorción de nutrientes y mejorar el rendimiento del crecimiento (Edens, 2003).

Actúan como bio reguladores de la microflora del intestino y como reforzador de las defensas naturales del huésped. Los probióticos en sus mecanismos de acción influyen y modulan respuestas inmunitarias relacionadas al tejido linfóide asociado a intestino (GALT). Con la suplementación de probióticos, se han observado respuestas por medio de los linfocitos y macrófagos peritoneales la producción de interferón gama (IFN- $\alpha$ ). La interacción que ocurre entre la microflora, las células intestinales y células inmunes generan un aumento en la producción de IgA S, esta con acción importante en la defensa contra infecciones de cualquier etología (Tormo, 2006).

Varias especies que pertenecen al género *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Lactococcus* y *Bifidobacterium* siguen siendo los agentes probióticos más populares hasta la fecha. También se incluyen *Bacillus cereus*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus subtilis*, *Enterococcus faecium* y levaduras del género *Sacharomyces*, especie *S. cerevisiae* y *S. cerevisiae* variedad *boulardii* (Adekunle *et al.*, 2020).

Un cóctel de suplementos probióticos que contienen *Lactobacillus*, redujo significativamente *Salmonella* y *Shigella* en pruebas fecales en cabras. Demostrando que los *Lactobacillus* tienen una actividad antagónica contra patógenos potenciales como *Salmonella*, *Escherichia coli* y *Clostridium perfringens* (Apas *et al.*, 2010). Igualmente una mezcla compleja de *Lactobacillus* aislado de los intestinos de los lechones, aumento la densidad de microbios beneficiosos y reducción de patógenos entérico como *Escherichia coli* en el tracto gastrointestinal (Chiang *et al.*, 2015).

#### **2.14 Bacillus subtilis PB6**

*B. Subtilis* es un microorganismo Gram+, autóctono del suelo que a diferencia de microorganismos como *Escherichia coli*, prospera en la naturaleza, donde está distribuido ampliamente y con una colonización exitosa debido a sus cualidades como; un programa genético que le permite formar esporas, crecimiento en un gran rango de temperaturas, capacidad de movimiento, alta velocidad de crecimiento, producir enzimas hidrolíticas extracelulares y una variedad de antibióticos. Es una de las 40 especies del género *Bacillus* se caracteriza por, formar esporas termoresistentes, es catalasa positivo, su crecimiento es en agar anaeróbico es negativo y la hidrólisis del almidón es positiva (Montero, 2005).

*Bacillus subtilis* al ser administrado vía oral en cantidades apropiadas tiene la capacidad de aumentar el rendimiento del animal y mantener un correcto equilibrio de los microorganismos en el tracto gastrointestinal (Sun *et al.*, 2010).

*Bacillus subtilis* PB6, es un microorganismo único y natural formador de esporas. Secreta sustancias activas que logran mantener el equilibrio de la microbiota en el tracto gastrointestinal de bovinos, aves y cerdos. “PB6 produce metabolitos, principalmente surfactina, que forman poros en la membrana de *Clostridium perfringens*, causando su disrupción y lisis” (Kemin, sf).

Los probióticos son una gran oportunidad de reemplazar los antibióticos en la agricultura animal. Considerando los efectos perjudiciales de antibióticos en el alimento, y el uso irresponsable en la práctica veterinaria, los probióticos son sin duda una gran oportunidad como un profiláctico alternativo viable y agente terapéutico. Los patógenos multi-resistentes a los antibióticos son un gran retroceso, estorban el progreso en la salud pública de humanos y animales de la granja (Adekunle *et al.*, 2020).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló del 01 de agosto al 15 de diciembre de 2019, en un establo del municipio de Matamoros en el Estado de Coahuila; éste se localiza a una altura de 1100 msnm. Entre los paralelos 26° 17' y 26° 38' de latitud norte y los meridianos 103° 18' 103° 10' de longitud oeste (INEGI, 2009).

Se utilizó el calostro de primer ordeño de vacas primíparas y multíparas de la raza Holstein Friesian dentro de las primeras 24 h después del parto. Inmediatamente después de la colecta, se determinó la densidad de este producto, utilizando un calostrómetro (Biogenics Inc., Mapleton, Or., USA ®), a una temperatura de 22°C al momento de la medición. El calostro se colocó en bolsas de plástico Ziploc ® de 26,8 x 27,3 cm (dos L por bolsa) y se congeló a -20°C hasta el suministro a las becerras.

Para observar el efecto del *Bacillus subtilis* PB6 sobre el desarrollo y consumo de alimento se seleccionaran dos grupos de manera aleatoria cada uno con 20 becerras, se separaran de la madre al nacimiento y alojadas individualmente en jaulas de madera previamente lavadas y desinfectadas. Los tratamientos fueron: T1=testigo, T2=10 g de *Bacillus subtilis* PB6 respectivamente. En todos los tratamientos se suministraron 432 L de leche entera pasteurizada dividida en dos tomas/día 07:00 y 15:00 respectivamente, durante 50 días. La suplementación del producto se realizó la alimentación de los animales (dentro de la tina de la leche). En todos los grupos se les suministró la primera toma de calostro dentro de la primera hora de nacida la cría y la segunda seis horas posterior a la primera toma.

Las variables que se consideraron para evaluar el desarrollo fueron; peso, altura a la cruz, ganancia diaria y ganancia de peso total, las cuales se registraron al nacimiento y al destete. La ganancia diaria de peso se calculó mediante la división de la ganancia de peso total entre el número de días en lactancia (50). Para la medición del peso se utilizó una báscula de recibo (EQM 200/400, Torrey ®).

El alimento iniciador se administró diariamente por la mañana y de ser necesario por la tarde. Para determinar el consumo de concentrado se utilizó una báscula electrónica digital (EQM 200/400, Torrey ®), el consumo del alimento se midió a partir del día dos de vida hasta el destete de las becerras 50 días.

El análisis estadístico se realizó mediante un análisis de varianza y la comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey. Se utilizó el valor de  $P < 0.05$  para considerar diferencia estadística. Los análisis se ejecutaron utilizando el paquete estadístico de Olivares-Sáenz (2012).

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respecto a los resultados obtenidos para la variable peso (Cuadro 2) no se observó diferencia estadística significativa ( $p < 0.05$ ) entre tratamientos en las becerras suplementadas con *Bacillus subtilis* PB6. Se observó una ganancia total favorable de 2.9 Kg y una ganancia diaria de peso de .58 g del tratamiento T2 respecto al T1, además en el T2 se observó un aumento en la ganancia de peso corporal de 3.9 kg en los últimos diez días antes del destete por encima del grupo control lo que puede ser atribuible a la función del *Bacillus subtilis* PB6.

Estudios similares son los reportados por Cruz (2015) en becerras Holstein referente al peso al nacimiento, ganancia total y ganancia diaria sin diferencia estadística pero los resultados obtenidos en relación al destete indican un incremento en las crías suplementadas con levaduras.

Cuadro 2. Parámetros de peso (kg) en becerras suplementadas con *Bacillus subtilis* PB6.

	Peso nacimiento	Peso 10	Peso 20	Peso 30	Peso 40	Peso 50	Ganancia total	Ganancia Diaria de peso
Testigo	36.4	38.9	43.8	53.5	61.2	63	26.9	0.538
<i>Bacillus subtilis</i> PB6	35.7	38.2	43.2	51.9	59.8	65.5	29.8	0.596

Frizzo *et al.*, (2011) hicieron énfasis en el impacto de los probióticos dependiendo de la duración de los estudios, identificaron que los experimentos con duración de 45 a 60 días se observa el efecto de los probióticos sobre la eficiencia alimentaria, el efecto relacionado con el aumento de peso corporal se observó en las primeras semanas de vida pero sin ningún efecto beneficioso antes de los 45

días, sin embargo, después de los 60 días aún puede verse efecto sobre el aumento de peso corporal atribuido a la suplementación de probióticos.

Para el caso de los parámetros de altura (Cuadro 3), el T1 se vio favorecido respecto al T2 pero no se observó una diferencia estadística significativa ( $p < 0.05$ ). Church (1998), menciona que el aumento de peso vivo no va necesariamente ligada al crecimiento en altura del animal, esto debido al desarrollo de los órganos internos y de su esqueleto que provoca que los animales pueden aumentar su peso en mejor proporción que su altura.

Cuadro 3. Parámetros de altura (cm) en becerras suplementadas con *Bacillus subtilis* PB6.

	Altura nacimiento	10	20	30	40	50	Ganancia Altura
Testigo	73.6	75.1	76.7	79.6	82.1	84.8	11.2
<i>Bacillus subtilis</i> PB6	74.3	75.5	77.3	80.3	82.4	85.1	10.8

Respecto a los resultados obtenidos para consumo de alimento iniciador (Figuras 2y 3) no se observó diferencia estadística significativa ( $p < 0.05$ ) entre tratamientos. En las becerras suplementadas con *Bacillus subtilis* PB6, se observó que en los primeros 30 días el consumo de alimento fue ligeramente mayor en el grupo testigo, pero en los últimos 10 días el consumo de alimento fue favorable para el grupo del T2 con probióticos, dentro de los primeros 45 días los grupos se comportaron sin diferencias importantes, en el caso de los últimos 3 días de consumo se obtuvo T2: 327 g, 335 g, 397 g, superior a lo observado para el T1: 314 g, 314 g, 300 g. Se obtuvo una media de consumo de concentrado T2 de 106.02 g/d y testigo T1 obtuvo 105.6 g/d.

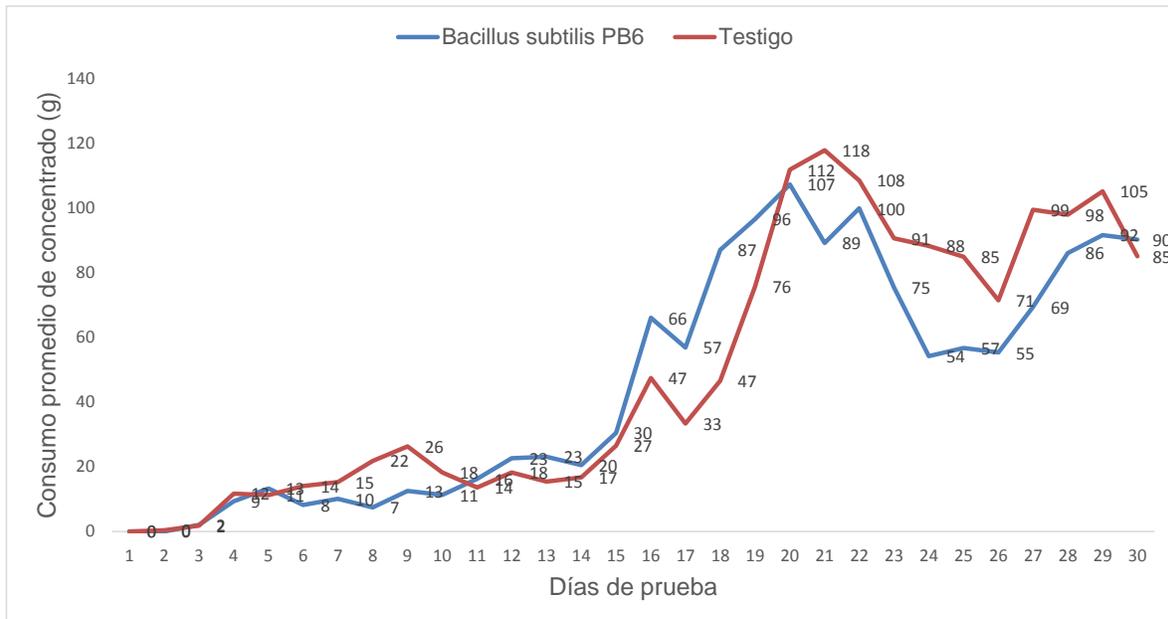


Figura 2. Consumo promedio de alimento de becerras suplementadas con *Bacillus subtilis* PB6.

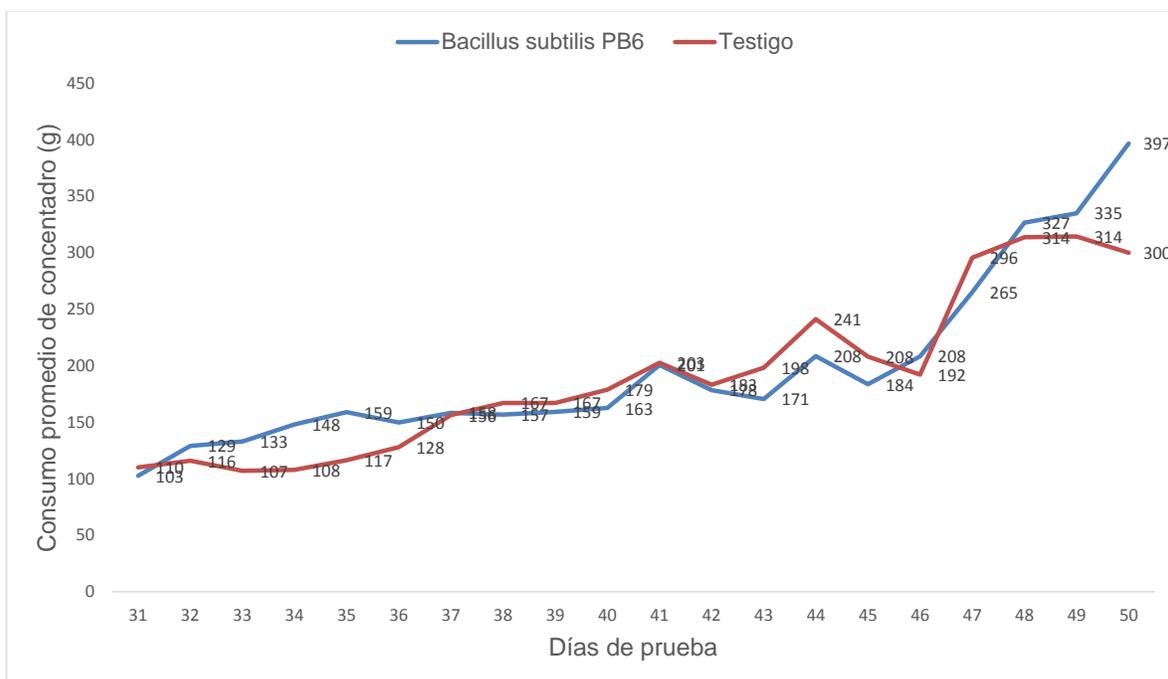


Figura 3. Consumo promedio de alimento de becerras (últimos 20 días de prueba) suplementadas con *Bacillus subtilis* PB6.

Resultados similares son los reportados por Gorgulu *et al.* (2003), en becerros machos Holstein con edad al destete de 60 días, alimentados con leche entera, en el que no observaron diferencias entre los grupos con relación al consumo de alimentos, ganancia de peso. En los resultados del experimento Gorgulu *et al.*, (2003) obtuvieron ganancias de peso 9.2 Kg al destete inferior y una ganancia diaria de peso de 229.7 g/d inferior a los obtenidos en este experimento. Pero con un consumo de concentrado 368.28 g/día superior. Lo que indica una ventaja en conversión alimenticia sobre el probiótico utilizado en este experimento el cual era una mezcla de *Lactobacillus plantarum*, *L. bulgaricus*, *L. acidophilus*.

Oropeza *et al.* (1998), no observaron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ) en los parámetros asociados a ganancia de peso al emplear tratamiento probióticos de lactobacilos en becerras Holstein lactantes, al igual que Zapata (2011) que respecto a la altura y a la ganancia de peso no hubo diferencias estadística significativa ( $p < 0.05$ ) entre los grupos tratados con probioticos del genero *Bifidobacterium spp.*

Vázquez (2015), no encontró diferencias significativas concluyendo que el suministro de probióticos *lactobacillus* a becerras lactantes no favorece un mejor desarrollo en el peso corporal y altura. Con resultados similares a este experimento. De igual forma, Uitz-Huchin y jaimes (2012), afirmaron en su investigación que los tipos de aditivos usados *Saccharomyces cerevisiae* como probióticos en becerros no muestran diferencias significativas ( $p < 0.01$ ) en ninguna de las variables de crecimiento, durante el periodo de lactancia.

En Cambio experimentos como el de Sun *et al.* (2010), obtuvieron un aumento en ganancia diaria promedio y eficiencia alimenticia significativos para terneras Holstein alimentadas con *Bacillus Subtilis natto*, destetados a los cincuenta y un días, los resultados indican que la administración oral de *B. Subtilis natto* antes del destete mejora positivamente el rendimiento del crecimiento de los terneros.

Paucar (2014) al incluir *Saccharomyces cerevisiae* en dos tratamientos en leche entera (Yesac y Procreatin) mostraron una diferencia significativa entre los tratamientos y el grupo testigo concluyendo que la alimentación con cantidades limitadas de levaduras permite un crecimiento adecuado de las terneras como una fuente de producción de ácidos grasos volátiles que mejoran el proceso de población microbiana del rumen.

Sin embargo, los aditivos probióticos no solo pueden utilizarse en leche entera, sino también aplicarse con lactore-emplazantes, como lo hicieron Torres *et al.* (2012), en su trabajo de investigación, donde pudieron apreciar que los animales que consumieron Halavit Platina + probióticos tuvieron ganancias superiores que los animales que consumían Halavit 100, atribuido a el uso de probióticos.

El uso de sustitutos de leche y concentrados de alimentos en terneras tiene una predisposición en las primeras semanas a diarreas nutricionales y elevado estrés. En los análisis de Frizzo *et al.*, (2011) encontraron que la eficacia de los probióticos está vinculada a la alimentación, los terneros alimentados con leche ganaron más peso corporal (306g peso corporal) que los alimentados con sustituto de leche (267g peso corporal), pero el efecto probiotico solo se notó en los terneros alimentados con sustituto de leche. Cuando los terneros se alimentan con leche

entera, los problemas de salud y nutrición son menos frecuentes y es una posible explicación de la ineficacia de los probióticos en nuestro metanálisis (Frizzo *et al.*, 2011). El efecto positivo de los probióticos en el crecimiento pudiera estar presente solo en terneros con estado de salud comprometido (Timmerman *et al.*, 2005).

En relación al consumo de concentrados Peña *et al.* (2020), reportaron no obtener diferencia estadística entre tratamientos, en becerras Holstein destetadas a los 60 días, consumiendo leche entera. Al igual que Vázquez (2015), no se registró diferencia estadística, y un consumo promedio durante los últimos tres días antes del destete (45 días) de 0.676 g, 0.754 g y 0.666 g, en las becerras alimentadas con probióticos 0, 2.5, y g respectivamente.

Autores reportan resultados favorables de incluir *Bacillus subtilis* PB6 en otras especies, Melegy *et al.* (2011), reportaron que en los grupos de aves donde añadieron 500 g de CLOSTAT ( $2 \times 10^7$  UFC/g) / tonelada de alimento, se mostró significativamente mejor ( $p < 0.05$ ) en peso corporal final, ganancia de peso corporal y índice de conversión alimenticia en comparación a aves de grupo control.

## 5. CONCLUSIONES

Respecto a los resultados obtenidos de la presente investigación, se concluye que en las variables evaluadas no se observó diferencia estadística significativa ( $p < 0.05$ ). Debido al incremento de peso y consumo de alimento que se dio en los últimos 5 días. Se requieren de investigaciones que le den seguimiento al desarrollo en las diferentes etapas posteriores al destete y evaluar como los efectos de los probióticos en la salud animal.

## 6. LITERATURA CITADA

- Adekunle, A. K., Ayobami, A. O., Njie, A. C. 2020. Probiotics in animal husbandry applicability and associated risk factors. *Sustainability*. 12(1087):1-12.
- Aguilar, A. M. H. 2006. Crianza de becerras para reemplazo en ganado lechero de la raza Holstein. Tesis de Maestría. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Michoacán. 13-17.
- Almeida, J. 2000. Manejo y alimentación de la recría de animales de reemplazo. Recuperado de [www.jalmeida@lamolina.edu](http://www.jalmeida@lamolina.edu). 50- 90.
- Apás, A. L., Dupraz, J., Ross, R., González, S. N., Arena, M. E. 2010. Probiotic administration effect on fecal mutagenicity and microflora in the goat's gut. *J. Biosci. Bioeng.* 110:537-540.
- Bacha, F. 1999. Nutrición del ternero neonato. XV Curso de Especialización. *Avances en Nutrición y Alimentación Animal*. Madrid, España. 277- 301.
- Bailey, T. 1997. Evaluación económica de la vaquilla de reemplazo. México Holstein. Enero. México, D. F. 14.
- Bath, D. L., Dickinson, F. N; Allen, T.H y Appleman, R. D. 1993. Ganado lechero principios, prácticas, problemas y beneficios. Interamericana, México, D.F. 1-15.
- Barrington, G., McFadden, T., Huyler, M., Besser, T. 2001. Regulation of calostrogénesis in castle. *Livestock Production Science*: 21.
- Blanco, O. M. A. 2007. Alimentación de becerras para lactancia. Memorias del curso. Producción de becerras y vaquillas lecheras. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM.
- Booth, H. N., McDonald, L. E. 1988. *Veterinary pharmacology and therapeutics*. 6ª Edition. Iowa State University Press/Ames.
- Cadwallar, T., Wildeck, M. 2000. El Tiempo es dinero cuando se cría a una Becerra. *Haord's Dairyman*. Jun: 364-366.
- Church E. 1998. *Nutrition y alimentación de los animales domésticos*. Zaragoza, Edit. Acribia: 68-77 pp.
- Chiang, M.L., Chen, H. C., Chen, K. N., Lin, Y. C., Lin, Y. T., Chen, M. J. 2015. Optimizing production of two potential probiotic lactobacilli strains isolated from piglet feces as feed additives for weaned piglets. *Asian Australas. J. Anim. Sci.* 28:1163.

- Cruz, M. C. 2015. Desarrollo y supervivencia de becerras Holstein suplementadas con levaduras en el periodo de lactancia. Tesis licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila. México. 5-51 pp.
- Daccarett, M. G., Bortone, E. J., Isbell, D. E., Morrill, J. L. 1993. Performance of Holstein heifers fed 100% or more of National Research Council Requirements. *J. Dairy Sci.* 76:606.
- De Blas, C., González, G., Argamenteria, A. 1987. Nutrición y alimentación del ganado. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 451 pp.
- Díaz, G. J. 2018. Crianza de remplazo en bovinos productores de leche alimentación del nacimiento al destete. Monografía. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. 20-26 pp.
- 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 (Trabajo de investigación). Universidad Matanzas Camilo Cienfuegos, Cuba. 3-25 pp.
- Edens, F. W. 2003. An alternative for antibiotic use in poultry probiotics. *Brazilian Journal of Poultry Science* 5:75-97.
- Fleener, W. A., Stott, G. H. 1980. Hydrometer test for estimation of immunoglobulin concentration in bovine colostrums. *J. Dairy Sci.* 63(6):973-7.
- Frizzo, L. S., Zbrun, M. V., Soto, L. P., Signorini, M. L. 2011. Effects of probiotics on growth performance in young calves: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Animal Feed Science and Technology.* 169:147-156.
- Gabler, M. T., Tozer, P. R., Heinrichs, A. J. 2000. Development of a cost analysis spreadsheet for calculating the costs to raise a replacement. *J. Dairy Sci.* 83:1104-1109.
- Garzón B. 2007. Sustitutos lecheros en la alimentación de terneros. *REDVET Rev. Electrón. Vet.* 8(5):1-39.
- Gómez, C., Fernández, M. 2008. Alimentación para optimizar crecimiento y costos en terneros ingredientes y niveles de nutrientes. Curso: Alimentación de terneros y vacunos en crecimiento. Departamento de nutrición, Universidad Nacional Agraria La Molina. 34 pp.
- González, J. 1990. Alimentación de bovinos, ovinos y caprinos. Ediciones MundiPrensa. Madrid. 432 pp.
- González, A., Rodríguez, H., Requejo, L., González, J., Peña, B., Núñez, L., Robles, P. 2012. Efecto de la pasteurización sobre la carga bacteriana en calostro

- bovino. Torreón Coahuila, México. Memorias del 12 Congreso Internacional de MVZ Especialistas en bovinos de la comarca lagunera. 20-25 pp.
- Gorgulu, M. Siuta, A. Yurtseven, S. Ongel, E. Kutlu, H. R. 2003. Efecto de probióticos en el comportamiento y salud de terneros en crecimiento. Rev. Cub. de Cienc. Ag. 37(2):1-6.
- Greenwood, R.H., Morrilland, J.L., Titgemeyer, E.C. 1997. Using dry feed intake as a percentage of initial body weight as a weaning criterion. J. Dairy Sci. 80: 2542-2546.
- Heinrichs, A. J. 1993. Raising dairy replacements to meet the needs of the 21st century. J Dairy Sci. 76:3179-3187.
- Heinrichs, A. J., Jones, C. M. 2003. Feeding the newborn dairy calf. The Pennsylvania State Univ., University Park.
- Hernández, J. M. 1995. Manual de nutrición y alimentación de ganado. Ed. I.N.R.Y.D.A. Madrid. 496 pp.
- Hill, C., Guarner F., Reid G., Gibson G. R., Merenstein D. J, *et al.* 2014. Expert consensus document. The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. Nat Rev Gastroenterol Hepatol. 11: 506-14.
- Hossain, M. I., Sadekuzzaman, M., Ha, S. D. 2017. Probiotics as potential alternative biocontrol agents in the agriculture and food industries: A review. Food Res. Int. 100: 63–73.
- Jarrige, R. 1981. Alimentación de los rumiantes. Ediciones Mundi Prensa Libros, España. 15-19 pp.
- Jasper, J. D., Weary, M. 2002. Effects of ad libitum milk intake on dairy calves. J. Dairy Sci. 85: 3054–3058.
- Kemin industries. SF. CLOSTAT: Cuidando la salud intestinal de los animales. EE.UU. Recuperado de <https://www.kemin.com/sa/es/products/clostat>
- Khan, M. A., Weary, D. M., Von Keyserlingk, M. A. G. 2011. Hay intake improves performance and rumen development of calves fed higher quantities of milk. J. Dairy Sci. 94: 3547 – 3553.
- Kleerebezem, M., Vaughan, E. E. 2009. Probiotic and gut lactobacilli and bifidobacteria: molecular approaches to study diversity and activity. Annu Rev Microbiol 63: 269-90.

- Lagger, J. 2010. Crecimiento Intensivo de Cría y Recría de Vaquillonas, aplicando los Principios de Bienestar. *Revista Veterinaria Argentina* 27(265):1-28.
- Lan, R., Tran, H., Kim, I. 2017. Effects of probiotic supplementation in different nutrient density diets on growth performance, nutrient digestibility, blood profiles, fecal microflora and noxious gas emission in weaning pig. *J. Sci. Food Agric.* 97:1335–1341.
- Lanuza, F., Butendieck, N., Hazard, S. 1987. Sistema de crianza de terneros de otoño con cantidades restringidas de leche entera suministrada a diferentes temperaturas, leche entera acidificada y calostro acidificado natural y artificialmente. XII Congreso Anual SOCHIPA A.G. 74 pp.
- Lanuza, F. 2013. Crianza de terneros. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Remehue. 44 pp.
- Longenbach, J. L., Heinrichs, A. J. 1998. A review of the importance and physiological role of curd formation in the abomasum of young calves. *Anim. Feed Sci. Techn.* 73: 85-97.
- Lyford, S. J. R. 1993. Crecimiento y desarrollo de aparato digestivo de los rumiantes. *El rumiante. Fisiología digestiva y nutrición.* C. D. Church (ed). Editorial Acribia, S. A. Zaragoza. España: 47 – 68.
- López, M. A. 1999. Efecto de la adición de probióticos en la dieta de becerras lactantes Holstein Friesan sobre el consumo de alimento y peso al destete. Tesis licenciatura. URUZA-UACH. Bermejillo Dgo. 10-40.
- Marín J., 1992. Sustitutos de la leche en la alimentación de terneras de reemplazo Holstein; 3(23):17.
- Martin, W. G., Ramsey, H. A., Martone, G. Wise, G. H. 1959. Responses of young calves to a diet containing slats of volatile fatty acids. *J. Dairy Sci.* 42:1377-1386.
- Martínez, A. A. 2003. Segunda edición manual de crianza de becerras, Atizapán, estado de México. 25 pp.
- Melegy, T., Khaled, N. F., Bana, R., Abdellatif, H. 2011. Effect of Dietary Supplementation of *Bacillus subtilis* PB6 (CLOSTAT) on Performance, Immunity, Gut Health and Carcass Traits in Broilers. *Journal of American Science.* 7(12):1-9.
- Mireille, C. 2004. El lechero temas básicos crianza del becerro, calostro: el secreto para criar becerros saludables. Recuperado de <http://www.produccionanimal.com.ar/producción.../cria./01-inicio.pdf>

- Montero, F. J. E. 2005. Caracterización del proceso de crecimiento de *Bacillus subtilis* bajo condiciones anaerobias. Tesis doctorado. Universidad Autónoma De México. Cuernavaca, Morelos. 17 – 20 pp.
- Morales, R., Ramírez, J. Edición 2014. Optimización de la crianza de hembras de reemplazo de lechería. Osorno Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín N°297, 11- 96.
- Moreno, D. 2012. Ganancia de peso y talla con sustitutos de leche en la crianza. Tesis licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. 18 pp.
- Oropeza, A. M. I., Posadas, M. E., Cervantes, S. J. M., Ortiz N. O. 1998. Prevención de afecciones gastrointestinales mediante el uso de probióticos en becerros lactantes Holstein. *Vet. Mex.* 29(2):197-201.
- Ortiz, J., García, O., Morales, G. 2005. Manejo de bovinos reproductores de leche. México: Colegio de postgraduados. 3-12.
- Orskov, E.R. 1988 Nutrición proteica de los rumiantes. Ed. Acriba, S.A. Zaragoza, España. 175 pp.
- Otterby, D.E., Linn, J. G. 1981. Advances in nutrition and management of calves and heifers. *J. Dairy Sci.* 64:1365–1777.
- Pachón, D.O. 2001. Surco reticular de los rumiantes. *Rev. Vet.*12 (1):1-11.
- Parquer, R., 1996, Desarrollo de Vaquillas de Reemplazo con Excelente Nutrición y Manejo. *Rev. México Holstein*, 27(4):5-8.
- Paucar, A. E. P. 2014. Evaluación del efecto de las levaduras Procreatin y Yesac, para el incremento de peso de las terneras de reemplazo Holstein Friesian (Tesis de Licenciatura). Universidad de Guayaquil, Ecuador. 56-58 pp.
- Peña, R. B. P., González, A. R., Rocha, V. J. L., González, A. J., Macías, O. J. 2020. Costos de alimentación en becerras Holstein suplementadas con *Bacillus Subtilis* PB6 en leche entera. *REVISTA MEXICANA DE AGRONEGOCIOS*, 46:486- 492.
- Pérez, D. M. 1982. Manual Sobre Ganado Productor de Leche. 3ED. Diana. México, D.F.
- Quigley, J. Alimentación con calostro. 1997. 1-2 pp. Recuperado de <http://www.calfnotes.com/pdffiles/CN001 .pdf>.
- Quigley, J. 2016. Serum total protein and colostrum replacers. *Calf Note*. 1-4 pp. Recuperado de [www.calfnotes.com](http://www.calfnotes.com).

- Reaves, P. M., Pegram, C. W. 1977. El Ganado lechero y las Industrias lácteas en la granja. Limusa. México. 594 pp.
- Relling, A. E., Mattioli, G. A. 2002. Fisiología digestiva y metabólica de los rumiantes. Cátedra de Fisiología Facultad de Ciencias Veterinarias. 2-57 pp.
- Rodríguez, H. K., Núñez, H. G., González, A. R., Ochoa, M. E., Sánchez, D. J. I. 2012. Factores críticos del proceso de crianza que afectan a la edad al primer parto en establos de la región lagunera. AGROFAZ. 12(4):10-11.
- Roefeldt S. 2005. Dar calorías a las terneras. 1-5 pp. Recuperado de <http://www.producción-animal.com.ar/...de.../74-Dar-Calorias.pdf>
- Rotger, C. A. 2005. Fermentación ruminal, degradación proteica y sincronización energía proteína en terneras en cebo intensivo. Tesis doctorado. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad de Barcelona. 10-200 pp.
- Salas, S. D. M. 2018. Efecto en el desarrollo de los cabritos con la utilización de una fórmula láctea y la adición de probióticos durante la etapa de lactación. Tesis maestría. Universidad Autónoma De Nuevo León, México. 7- 30 pp.
- Salazar, J. E. 2006. Desarrollo del rumen en terneras de leche. ECAG informa. (38):29-32.
- Saquipay, B. D. M. 2011. Alimentación de terneras de reemplazo. Universidad de Cuenca. 20-50 pp.
- Schingoethe, D. J., Garcia, A. 2004. Alimentación y manejo de becerras y vaquillas lecheras. College of Agriculture Biological Sciences South Dakota State University. USDA. Extensión extra. Cooperative Extension Service (SDSU). pp.1-2.
- Servin, A. L. 2004. Antagonistic activities of lactobacilli and bifidobacteria against microbial pathogens. FEMS Microbiol. Rev. 28:405–440.
- Suárez, B., Van Reenen, C., Stockhofe, N., Dijkstra, J., Gerrits, W. 2007. Effect of roughage source and roughage to concentrate ratio on animal performance and rumen develop. J. Dairy Sci. 90(5): 2390-2403.
- Sun, P., Wang J. Q., Zhang H. T. 2010. Effects of Bacillus Subtilis natto on performance and immune function of preweaning calves. J. Dairy Sci. 93:5851-5855.
- Terpstra, A. 2003. La Crianza de becerras comienza con el calostro. Órgano de Difusión de Holstein de México A. C. 34(11):23.

- Thickett, B., Mitchell, D., Hallow, B. 1989. Cría del ternero. ACRIBIA. España. 19 pp.
- Timmerman, H. M., Mulder, L., Everts, H., van Espen, D. C., van der Wal, E., Klaassen, G., Rouwers, S. M. G., Hartemink, R., Rombouts, F. M., Beynen, A.C., 2005. Health and growth of veal calves fed milk replacers with or without probiotics. *J. Dairy Sci.* 88:2154–2165.
- Tormo, C. R. 2006. Probióticos. Concepto y mecanismos de acción. *An. Pediatría.* 4:30–41 pp.
- Torres, V. M., Pérez, R. M., Hernández, C. Y., Morales, G. O., Martínez, P. M., Lezcano, R. R. 2012. Evaluación de los reemplazantes lecheros Halavit platina y Halavit 100 en la alimentación del ternero lactante en cría artificial. *REDVET Rev. Electron. Vet.* 13(12).
- Uitz-Huchin, J. A. Jaimes, J. 2012. Efectos de la adición de prebióticos y probióticos en el compartimiento de terneros lactantes Holstein. *Revista Chapingo serie Zonas áridas.* 11:51-56.
- USDA. 2010. Dairy 2007: Heifer Calf Health and Management Practices on US Dairy Operations, 2007. USDA, Animal and Plant Health Inspection Service, Veterinary Services, Center for Epidemiology and Animal Health, Fort Collins, CO.
- VandeHaar, M.J. 1998. Accelerated heifer growth: truth or consequences. *Tri-State Dairy Nutrition Conference.* pp. 153-175.
- Vázquez, L. S. 2015. Efecto de probióticos en el desarrollo productivo de becerras lactantes (Tesis de Licenciatura). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Torreón, Coah. 4-45 pp.
- Wattiux, M. 2003. Crianza de terneras y novillas: Factores que afectan el tamaño y la productividad del hato lechero de reemplazo. USA. Instituto Babcock. Recuperado de [http://babcock.cals.wisc.edu/downloads/de\\_html/ch26.lasso?locale=es](http://babcock.cals.wisc.edu/downloads/de_html/ch26.lasso?locale=es). 11 – 33 pp.
- Wattiaux M.A. 2009. Investigación y desarrollo de la industria lechera, universidad de Wisconsin madison <http://babcock.cals.wisc.edu/downloads/de/19.es.pdf>.
- Zapata, M. C. 2011. Valoración de efectos del cultivo de lactobacillus (vitafer) en la cría de terneros en tabasco. Tesis maestría. Colegio de posgraduados Campus Tabasco. Tabasco. 37- 39.