

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**



**“LA SUPLEMENTACIÓN DE *Bacillus subtilis* PB6 MEJORA EL CONSUMO DE ALIMENTO DEPENDIENDO DEL PESO AL NACIMIENTO EN BECERRAS HOLSTEIN”.**

**Por:**

**JESUS RODRÍGUEZ GARCÍA**

**Tesis**

**Que presenta como requisito parcial para obtener el título de:**

**MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**Torreón, Coahuila**

**Febrero, 2022**

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

La suplementación de *Bacillus subtilis* PB6 mejora el consumo de alimento dependiendo del peso al nacimiento en becerras Holstein

Por:


**JESÚS RODRÍGUEZ GARCÍA**


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. Juan Manuel Guillén Muñoz  
Presidente

  
M.C. Zurisaday Santos Jiménez  
Vocal (externo)

  
Dr. Oscar Angel Garcia  
Vocal

  
Dra. Viridiana Contreras Villarreal  
Vocal Suplente

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

Torreón, Coahuila, México

Febrero 2022



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

La suplementación de *Bacillus subtilis* PB6 mejora el consumo de alimento dependiendo del peso al nacimiento en becerras Holstein

Por:


**JESÚS RODRÍGUEZ GARCÍA**

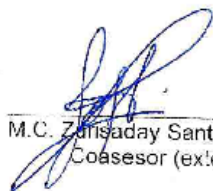
TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
Dr. Juan Manuel Guillén Muñoz  
Asesor principal

  
M.C. Zuriaday Santos Jiménez  
Coasesor (externo)

  
Dr. Oscar Angel García  
Coasesor

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

Torreón, Coahuila, México

Febrero 2022



## **AGRADECIMIENTOS**

### **A mis padres:**

Le doy las gracias a mis padres por el esfuerzo y apoyo que me brindaron durante mi carrera profesional, ya que sin la ayuda de ellos no estaría concluyendo mi profesión, les dedico como agradecimiento este gran logro que estoy por concluir, que no fue nada fácil llegar hasta donde estoy, tengan presente que los amo.

### **A mis hermanos:**

Manuel, Emiliano, le doy las gracias por su gran apoyo, que me brindaron en las buenas y en las malas siempre estuvieron presente ayudándome a seguir adelante, no tengo palabras para agradecerles lo mucho que me apoyaron ellos saben que este gran logro es de ellos también.

### **Dr. Juan Manuel Guillen Muñoz:**

Le agradezco infinitamente su apoyo y la confianza que me ha otorgado, su visión por la superación me fortalece y me motiva para seguir cumpliendo metas. me dio mucho gusto poder realizar mi tesis con usted, le deseo mucha salud y bendiciones.

### **A mi Alma Terra Mater:**

Gracias a ella conocí personal muy sabias que son mis maestros, de las cuales me brindaron parte de su conocimiento teóricos y prácticos, que ahora son mi fortaleza en mi desempeño profesional.

## RESUMEN

El presente estudio evaluó el efecto de suplementar *Bacillus subtilis* PB6 en la leche administrada a becerras Holstein sobre el consumo de alimento. Se utilizaron 26 animales recién nacidos, de manera aleatoria se incluyeron en uno de los dos grupos: Grupo control (Sin suplementación) y Grupo testigo (10 g de *Bacillus subtilis* PB6 /becerra/día). En todos los tratamientos se suministraron 396 L de leche entera pasteurizada dividida en dos tomas/día 07:00 y 15:00 respectivamente, durante 60 días, la adición del *Bacillus subtilis* PB6 se realizó en la tina de la leche al momento de la alimentación. Las variables evaluadas fueron peso, altura, consumo de alimento y salud. Después del día 40 de suplementación se alcanza a observar un aumento significativo en el consumo de alimento en todos los grupos independientemente del peso al nacimiento (<37 o >38 kg). Sin embargo, el GT >38 kg se puede observar un consumo que duplica el consumo registrado en los demás grupos (GC >38; GT<37; GC<37 kg;  $P<0.05$ ). La suplementación con *Bacillus subtilis* PB6 puede ser una alternativa en becerras que nacen con peso >38 kg, lo cual puede mejorar la respuesta al desafío que indica la disminución de consumo de leche después de los 40 días de nacidas para su posterior destete, debido a que aumentan al doble la cantidad de consumo de alimento.

**Palabras clave:** Nutrición, Desarrollo de rumen, Salud, Becerra, Probiotico

## ABSTRACT

The present study evaluated the effect of supplementing *Bacillus subtilis* PB6 in milk fed to Holstein calves on feed intake. Twenty-six newborn animals were randomly included in one of two groups: Control group (without supplementation) and Control group (10 g of *Bacillus subtilis* PB6 /calf/day). In all the treatments, 396 L of pasteurized whole milk were supplied divided into two intakes/day at 07:00 and 15:00 respectively, for 60 days, the addition of *Bacillus subtilis* PB6 was made in the milk vat at the time of feeding. . The variables evaluated were weight, height, food consumption and health. After day 40 of supplementation, a significant increase in food consumption was observed in all groups regardless of birth weight (<37 or >38 kg). However, in GT >38 kg, a consumption that doubles the consumption registered in the other groups can be observed (CG >38; GT<37; CG<37 kg; P<0.05). Supplementation with *Bacillus subtilis* PB6 can be an alternative in calves that are born weighing >38 kg, which can improve the response to the challenge that indicates the decrease in milk consumption after 40 days of birth for subsequent weaning, due to which double the amount of food consumed.

**Key words:** Nutrition, Rumen development, Health, Calf, Probiotic

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS .....	i
RESUMEN .....	ii
ABSTRACT .....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vi
ÍNDICE DE CUADROS .....	vii
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. Hipótesis .....	3
2.1. Objetivo general. ....	3
2.2. Objetivo específico .....	3
3. REVISION DE LITERATURA .....	4
3.1. Sistema de crianza artificial en terneros .....	4
3.2. Fisiología del sistema digestivo de la becerrita neonata.....	5
3.3 Inmunidad del neonato bovino .....	7
3.4. Afectaciones durante el desarrollo.....	9
3.5. Colonización y establecimiento de microbios intestinales .....	9
3.6. Nutrición en becerras .....	10
3.7. Inicio de consumo de concentrado .....	13
3.8. Efectos de la alimentación en la microbiota intestinal .....	14
3.9. Probióticos en la alimentación de becerras .....	16
4. MATERIALES Y METODOS .....	20
4.1. Especificaciones generales.....	20
4.2. Localización .....	20
4.3. Grupos y tratamientos .....	21
4.4. Variables evaluadas: .....	21

4.5. Análisis estadísticos .....	22
5. RESULTADOS.....	23
5.1. Consumo de alimento .....	23
6. DISCUSIÓN.....	25
7. CONCLUSIÓN.....	27
8. LITERATURA CITADA.....	28



## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. APARATO DIGESTIVO DEL NEONATO (NIDA Y JANA, 2021).....	5
FIGURA 2. CAPACIDAD RELATIVA DE LAS DIVISIONES DEL ESTÓMAGO DE BECERRAS (BERTA, 2007).....	6
FIGURA 3. CONSUMO DE ALIMENTO (GRAMOS) EN BECERRAS DESDE EL NACIMIENTO HASTA EL DESTETE EN ANIMALES <37 Y >38 KG TRATADOS CON BACILLUS SUBTILIS PB6 (GTA, GTA, GTP, GCP; <37 Y GTA, GTA, GTP, GCP; <38). ▼, MOMENTO DE REDUCCIÓN DE LA DIETA LÍQUIDA. A, B = DIFIEREN ESTADÍSTICAMENTE ENTRE TRATAMIENTOS (P<0.05). A, B, C = DIFIEREN ESTADÍSTICAMENTE A TRAVÉS DEL TIEMPO EN UN MISMO GRUPO (P<0.05). NS = NO SIGNIFICATIVO (P>0.05). .....	24

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. DESARROLLO DE ESTÓMAGO EN BECERRAS HOLSTEIN (BERTA, 2007). ....	5
CUADRO 2. COMPOSICIÓN GENERAL DE LA LECHE DE VACA POR CADA 100 G (AGUDELO Y BEDOYA, 2005). .....	12

## 1. INTRODUCCIÓN

Las becerras neonatales son elementos fundamentales en los sistemas de producción bovino y deben criarse de una manera que mantengan la buena salud, su bienestar y la capacidad de expresar todo su potencial genético. La industria ganadera se ve afectada debido a las tasas de mortalidad de becerras antes del destete (USDA, 2010), impactando de manera negativa el desarrollo de reemplazos. Los problemas respiratorios y digestivos son las infecciones más comunes que afectan a las becerras antes del destete (NASHMS, 2016). La alta incidencia de diarrea es un área de preocupación que debe abordarse de inmediato, ya que los problemas de origen digestivo son los responsables de la mayor parte de mortalidad y morbilidad en esta primera etapa de vida (Urie *et al.*, 2018; Scott *et al.*, 2019). Establecer y satisfacer los requerimientos de los animales de la mejor forma posible conlleva a una mejor productividad de estos y un bienestar animal. Por lo cual en la actualidad se buscan diferentes estrategias de manejo para alcanzar el máximo rendimiento. Una de este tipo de estrategias es el uso de probióticos los cuales se definen como microorganismos vivos que cuando se administran en cantidades adecuadas, confieren un beneficio para la salud (Markowiak, 2017). El uso de estos en la producción animal se basa en las propiedades que se le atribuyen como promotores de crecimiento, mejorar la conversión alimenticia y contribuir a mantener las funciones fisiológicas normales del huésped ya que suprimen las bacterias patógenas mediante la producción de compuestos antibacterianos al competir por nutrientes o sitios de adhesión

(Fuller, 1989; Rosminini *et al.*, 2004; Guo *et al.*, 2017). Los probióticos de origen bacteriano comúnmente utilizados en la alimentación de becerros neonatales son *Lactobacillus* spp., *Enterococcus* spp., y *Bacillus* spp. (Uyeno *et al.*, 2015). Se ha informado que *Bacillus subtilis* tiene la capacidad de mantener el equilibrio de la microflora en el tracto gastrointestinal y aumentar el rendimiento animal cuando se administra por vía oral en cantidades adecuadas (Alexopoulos *et al.*, 2004; Kritas y Morrison, 2005). Los resultados favorables de las suplementaciones de *Bacillus subtilis* son prometedores pero la cantidad de informes de la utilización de *Bacillus subtilis* PB6 en becerros neonatales es limitada y se desconoce cuál sea el mejor método de administración en la dieta, por tal motivo se planteó la presente investigación con la finalidad de determinar el efecto de suplementar *Bacillus subtilis* PB6 en la dieta líquida (Leche) durante el período previo al destete a través del consumo de alimento, crecimiento y registros de salud en becerros neonatales Holstein Friesian.

## **2. HIPÓTESIS**

La suplementación con *Bacillus subtilis* PB6 mejora el desarrollo de becerras Holstein Friesian, independientemente del peso al nacimiento.

### **2.1. Objetivo general.**

Evaluar el efecto de la suplementación de *Bacillus subtilis* PB6 sobre el consumo de alimento de becerras Holstein Friesian.

### **2.2. Objetivo específico**

Determinar si los parámetros productivos de becerras Holstein varían dependiendo el peso al nacimiento, cuando se suplementan con *Bacillus subtilis* PB6.

### 3. REVISION DE LITERATURA

#### 3.1. Sistema de crianza artificial en terneros

La crianza artificial consiste en el manejo, cuidado y alimentación de los terneros hasta el destete, y su objetivo es lograr que los animales dependan menos de la leche para obtener sus nutrientes, a la menor edad posible, y puedan incorporar otros alimentos sólidos a la dieta, ya que al nacer el rumen no está completamente desarrollado y primero deben ocurrir una serie de cambios significativos en el rumen antes de que las becerras puedan digerir una dieta de alimento seco para garantizar sus propias necesidades de crecimiento. Estos cambios incluyen el desarrollo de papilas ruminales y el establecimiento del microbiota ruminal, (Roth *et al.*, 2009) Los alimentos base en la dieta de los terneros durante la crianza son: calostro, leche o sustituto, alimento concentrado y forraje, dando siempre agua de buena calidad, a voluntad, La crianza artificial de los terneros consiste en la separación del animal de su madre lo más rápido posible, con el fin de adelantar la oferta de leche o sustitutos lácteos para acelerar su transformación de pre-rumiante a rumiante, disminuyendo de ese modo los tiempos productivos que plantea el ciclo natural de desarrollo fisiológico de los bovino (García y Gregorio, 2013).

### 3.2. Fisiología del sistema digestivo de la becerro neonata

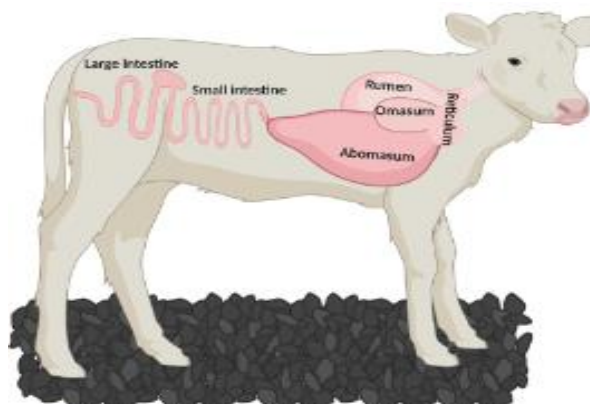


Figura 1. Aparato digestivo del neonato (Nida y Jana, 2021).

El estómago de un rumiante se compone de cuatro partes: rumen, retículo, omaso y abomaso figura 1. Al nacimiento, los terneros presentan el abomaso como la porción más desarrollada y funcional de su estómago compuesto. La leche pasa directamente desde la desembocadura del esófago hacia el abomaso a través de la “gotera esofágica”, la cual es como un surco que canaliza la alimentación láctea hacia el abomaso. Esta se activa por los estímulos de la succión y temperatura de la dieta láctea, cuadro 1. (Zhijun y Van Amburgh, 2020).

Cuadro 1. Desarrollo de estómago en becerras Holstein (Berta, 2007).

	SEMANAS			
Compartimientos %	0	4	8	12
<b>Retículo-rumen</b>	38	52	60	64
<b>Omaso</b>	13	12	13	14
<b>Abomaso</b>	49	36	27	22

En la figura 2, se muestra un rápido crecimiento del retículo-rumen a medida que el ternero comienza a consumir una dieta sólida, durante la primera semana de vida. Por lo tanto, el abomaso disminuye su tamaño relativo (Garzón, 2007). El abomaso de los terneros recién nacidos es el único estómago completamente desarrollado y funcional, y también es el órgano digestivo más importante para los terneros al nacer. La digestión de grasas, carbohidratos y proteínas es predominantemente dependiente de las enzimas digestivas secretadas por el abomaso y el intestino delgado, que es similar al sistema digestivo en animales monogástricos. Con el tiempo, con el aumento de la sequedad ingesta de alimento, el rumen comienza a desarrollarse y comienza a desempeñar funciones digestivas más importantes (Zhijun y Van Amburgh, 2020).

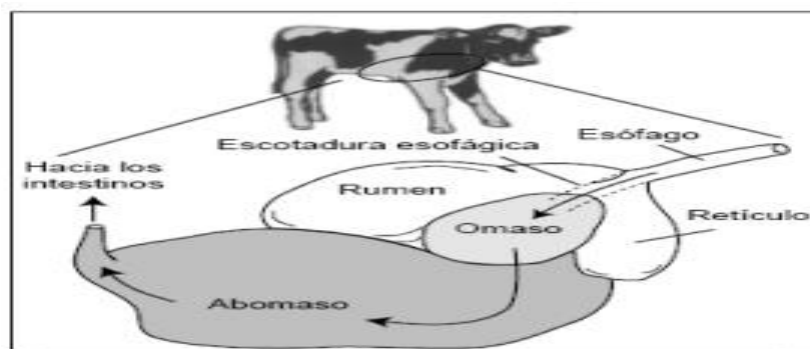


Figura 2. Capacidad relativa de las divisiones del estómago de becerras (Berta, 2007).

Al nacimiento las papilas del rumen están muy pequeñas, pero crecen rápidamente con la ingestión de alimentos sólidos y alcanzan su longitud máxima (5 – 7mm) alrededor de las 8 semanas de edad y desarrollan formas foliadas, filiformes o cónicas, El desarrollo papilar depende de los productos de la



fermentación ruminal, dada por la naturaleza química de la dieta y el desarrollo muscular, por las características físicas de las dietas así como los constituyentes fibrosos, forma y tamaño de las partículas alimenticias (Garzon, 2007).

Según plantea (Garzon, 2007) en terneros alimentados solo con leche, el desarrollo del rumen se alcanza a las 15 semanas de edad, sin embargo, al suministrar alimentos concentrados y forraje, desde las tres semanas de nacidos, se ha observado un completo desarrollo del rumen a las 9 semanas, lo que indica que la introducción del alimento seco influye decisivamente al desarrollo del rumen.

### **3.3 Inmunidad del neonato bovino**

Las terneras de lechería nacen prácticamente sin anticuerpos o inmunoglobulinas (Igs) y dependen de la ingesta de calostro para obtener Igs que las ayuden a protegerse contra enfermedades infecciosas, El tracto gastrointestinal de la ternera, está diseñado para permitir, durante las primeras 24 horas de vida, la absorción de moléculas grandes, incluyendo las Igs, Esto se conoce como transferencia de inmunidad pasiva. Una falla en la transferencia de inmunidad pasiva (FTIP) ocurre cuando una ternera no absorbe una cantidad suficiente de Igs. Además, el sistema inmunológico de los rumiantes los recién nacidos parecen ser más o menos incapaces de producir sus propias Ig durante el primer mes de vida (Castro *et al.*, 2011).

Basado en diversas investigaciones, existen cuatro factores que contribuyen a una exitosa transferencia de inmunidad pasiva: alimentar con calostro de una (Arroyo-Arroyo y Elizondo-Salazar, 2014) alta concentración de Igs (>50 g/l),

suministrar un adecuado volumen de calostro, ofrecer este en las primeras dos horas después del nacimiento, y minimizar la contaminación bacteriana del mismo, Una exitosa transferencia de inmunidad pasiva es importante para los productores ya que se ha demostrado que terneras con una FTIP tienen bajas ganancias de peso, sufren severos episodios de diarrea y tienen mayores tasas de mortalidad encontraron que terneras con una transferencia inadecuada de inmunidad pasiva, mostraron ganancias de peso reducidas en los primeros meses de vida. Un pobre suministro de calostro es un factor de riesgo para el desarrollo de neumonías y ha sido asociado con altos niveles de mortalidad, Además la FTIP , esto sucede cuando la concentración de inmunoglobulinas tipo (IgG) en sueros es  $< 10 \text{ mg / ml}$ , o su proteína total en suero (PTS) es  $< 5.2 \text{ g / dL}$  a las 24 h de vida, en terneras afecta la productividad a largo plazo, ya que una baja concentración de Igs ha sido asociada con una disminución en la producción de leche durante la primera y segunda lactancia y con un incremento en el descarte de vacas durante la primera lactancia) Determinar la concentración de proteína sérica total (PST), por medio de refractometría, es una de las formas más prácticas a nivel de campo para determinar aquellos animales con una FTIP, ya que los mayores constituyentes de las proteínas séricas totales son las inmunoglobulinas provenientes del calostro (DeNise *et al.*, 1989).

Las instalaciones para terneros de reemplazo se construyen con indicaciones de tipo sanitarias; por esa razón se deben realizar prácticas de desinfección; este tipo de prácticas disminuye la exposición de los terneros a los patógenos (Uitz-Huchin y Jaimes-Jaimes, 2012).

### **3.4. Afectaciones durante el desarrollo**

Existen una serie de factores que afectan el desempeño de las becerras desde su nacimiento hasta su primer parto. Durante la crianza, las becerras enfrentan una serie de desafíos: el proceso del nacimiento, adquirir una cantidad adecuada de calostro de alta calidad, enfermedades infecciosas y el impacto de otros factores como es el estrés, clima, alimentación, edad del ternero. Debido a los desafíos antes mencionados, las becerras lactantes tienen las mayores tasas de morbilidad y mortalidad que en cualquier etapa de vida de una vaca lechera. En un estudio (Uitz-Huchin y Jaimes-Jaimes, 2012). se estimó que, de las becerras nacidas vivas, un 7.8 % muere antes del destete.

La etapa de crianza representa un periodo crítico en el desarrollo y vida de las crías de remplazo,

### **3.5. Colonización y establecimiento de microbios intestinales**

Los animales sanos poseen en su tracto gastrointestinal una microbiota típica que, después de la colonización durante los primeros días de vida, alcanza un estado de simbiosis. Cuando estos microorganismos son administrados como suplemento alimentario vivo, con el objetivo de producir un efecto benéfico sobre el hospedador, son denominados probióticos (Fuller, 1989). Los lactobacilos son componentes habituales de la flora intestinal normal, tanto en el hombre como en los animales, y en el caso de los terneros han sido considerados como posibles responsables del control de los efectos de gérmenes patógenos como *Salmonella sp.* y *Escherichia coli*. La colonización competitiva por parte de los

microorganismos benéficos como *Lactobacillus sp.* y *Strepto-coccus sp.*, para ayudar a proteger al animal frente a los dos patógenos mencionados ocurre a muy temprana edad (Rosminini *et al.*, 2004). No obstante, las condiciones artificiales de crianza de los terneros limitan el contacto materno, proveen alimentos no naturales (sustitutos) y demandan condiciones de hábitat que favorecen el estrés y tornan más susceptibles a los animales a la colonización por microorganismos patógenos (Schneider *et al.*, 2004).

Se menciona que las bacterias pertenecientes a los géneros *Faecalibacterium*, *Bifidobacterium* y *Lactobacillus*, son de gran importancia para los rumiantes neonatos, y de gran ayuda en el desarrollo del TGI y han demostrado su eficacia como probióticos. Las bacterias del género *Faecalibacterium* producen butirato, un ácido graso volátil (AGV) que favorece el desarrollo ruminal e intestinal. Los experimentos in vitro sugieren que el butirato mejora la función de la barrera intestinal mediante una mayor expresión de genes relacionados con proteínas de unión estrecha (Wang *et al.*, 2012)

### **3.6. Nutrición en becerras**

Establecer y satisfacer los requerimientos de los animales de la mejor forma posible, repercutirá significativamente sobre el bienestar y productividad de los mismos, el primer requerimiento de un animal es por energía, excepto por el agua. La proteína es el segundo componente nutricional más importante de la dieta y regularmente recibe la mayor atención ya que es el componente más caro de la ración para la becerro, cuadro 2 (Peña-Revuelta *et al.*, 2020). Sin embargo,

el manejo de los alimentos líquidos y sólidos, la disponibilidad de agua, la administración de calostro en las primeras 24 horas de vida y el manejo de los animales no son suficientes para minimizar el riesgo de que ocurran enfermedades. Más aún, es muy común manejar a las becerras en grupos y no de manera individual (Quigley, 2003).

Uno de los principales objetivos de la alimentación temprana es maximizar el desarrollo del rumen, para alcanzar la capacidad de utilizar y aprovechar los forrajes complementados con el alimento balanceado. Para alcanzar dicho desarrollo, el tracto gastrointestinal específicamente el rumen, debe sufrir una serie de cambios anatómicos y fisiológicos que son estimulados o acelerados por el tipo de dieta (Peña-Revuelta *et al.*, 2020).

Los requerimientos del becerro desde que nace hasta el destete son muy variados. (Davis y Drackley, 1998). Las necesidades de leche de un becerro de 50 kg son el 10% de su peso vivo, por lo que el becerro requerirá 5 L de leche diaria para cubrir sus requerimientos nutricionales, es recomendable usar la leche entera hasta el destete. La leche es un alimento rico en nutrientes y es fundamental en la alimentación en la etapa de crianza, en esta etapa la becerro aprovecha todos sus nutrientes para su desarrollo, la leche entera contiene proteínas de elevado valor biológico y glucosa, este es un carbohidrato perfectamente utilizable además de calcio y fósforo, generalmente esta provista de vitamina D y A, además poseer un gran valor energético debido a la grasa que contiene y la lactosa, (Garzón, 2008).

Cuadro 2. Composición general de la leche de vaca por cada 100 g (Agudelo y Bedoya, 2005).

<b>Componentes</b>	<b>Leche normal</b>
Agua	88 g
Energía	61 kcal
Proteína	3.2 g
Grasa	3.4 g
Lactosa	4.7 g
Minerales	0.72 g

El sistema convencional consiste en suministrar la dieta líquida y cumplir con el protocolo establecidos en la crianza, como es el horario que es de los puntos más estrictos a cumplir, se suministra dos tomas por lo menos de dieta líquida, una por la mañana y otra por la tarde con la cantidad establecida, para cada etapa de las becerras, se le agrega un concentrado iniciador, desde los primeros días. con el fin de estimular el crecimiento y desarrollo funcional del rumen. Desde el punto de vista económico, ese sistema se ha recomendado para destetar a las terneras de forma temprana, con el fin de ahorrar dinero en mano de obra y en alimento líquido (Ortiz *et al.*, 2005).

El periodo más crítico para los becerros son las primeras dos a tres semanas de vida, periodo durante el cual el sistema digestivo del becerro está inmaduro. Sin embargo, este se desarrolla rápidamente debido a la secreción digestiva y actividad enzimática. Los ingredientes de la dieta que consumen los becerros deben ser de buena calidad. Estos alimentos deben estar constituidos con

nutrientes altamente disponibles y buena digestibilidad. Por ello las dietas líquidas, como la leche, que son formuladas para dichos animales, contienen fuentes de carbohidratos solubles, proteínas, grasas, vitaminas y minerales de elevada digestibilidad (Godden, 2008).

El buen desarrollo de tejido epitelial del rumen ayudará a tener una buena absorción de los ácidos grasos volátiles (AGV) y dependerá de su presencia, particularmente el ácido butírico (Godden, 2008).

Se menciona que la leche entera es un alimento más completo hablando nutricionalmente en comparación con productos comerciales que semejan su función, como los sustitutos de leche; sin embargo, los sustitutos de leche son empleados por los productores ya que por lo general son más económicos (Solórzano, 2007).

La alimentación es la base para el desarrollo y crecimiento de los terneros, pero se debe tomar en cuenta que estos requerimientos nutricionales tendrán un impacto directo sobre la condición corporal en el futuro (Uitz-Huchin y Jaimes-Jaimes, 2012).

### **3.7. Inicio de consumo de concentrado**

La introducción de alimentos en el rumen inicia una serie de cambios complejos que hacen que este órgano se desarrolle en tamaño y en habilidades de absorción y metabólicas, Al nacer, el rumen de la becerro es estéril, pequeño y no funcional, Los principales ácidos grasos volátiles (AGV's) responsables del desarrollo del rumen son el butirato y el propionato, los carbohidratos en el iniciador de becerras (almidones y otros carbohidratos fermentables) son la mejor

fuentes de estos AGV's que los carbohidratos de los forrajes (celulosa y lignina); por lo tanto, se puede estimular el desarrollo del rumen asegurando el consumo de un iniciador y limitando la cantidad de forraje disponible para las becerras jóvenes. De hecho, si se compara el valor energético de los forrajes y las necesidades de energía de las becerras, el alimentar con heno puede limitar la energía disponible para crecimiento ya que el consumo de energía es crítico, especialmente durante la lactancia (Quigley, 2003).

Un óptimo programa de crianza requiere del uso de un iniciador de excelente calidad, el cual debe ser muy palatable para favorecer su consumo, además de proveer una adecuada nutrición para alcanzar un máximo crecimiento de los reemplazos. El suministro de leche o sustituto debe restringirse al 8% del peso corporal/día para estimular el consumo de alimento iniciador; este siempre debe estar a libre acceso después de los tres días de edad y se recomienda registrar la cantidad consumida cada día. No es difícil conocer cuánto iniciador consume una becerro cuando se aloja individualmente (pesar alimento ofrecido y alimento rechazado); lo anterior ayuda a prevenir la diseminación o contagio de enfermedades.

### **3.8. Efectos de la alimentación en la microbiota intestinal**

Zebeli y Metzler-Zebeli, (2012) mencionan que la microbiota permite al huésped absorber nutrientes de los carbohidratos dietéticos complejos que no pueden ser digeridos por las enzimas de los mamíferos. La nutrición juega un papel muy importante en el equilibrio ecológico entre la microbiota y el huésped, este



equilibrio es crucial para la salud del animal, La composición del microbiota intestinal depende de diversos factores, por nombrar algunos podemos mencionar el tipo de dieta, el uso de antibióticos o factores ambientales. Las alteraciones en la microbiota tienen efectos significativos sobre la digestión y fermentación de la fibra, la síntesis de vitaminas y la regulación de las respuestas inflamatorias (Maslowski y Mackay, 2011).

Se ha observado que dietas con grandes cantidades de carbohidratos los cuales son altamente fermentables puede conducir a una acidosis ruminal, debido a que la capacidad del rumen para amortiguar el pH no es la suficiente (Aschenbach *et al.*, 2011). El concentrado iniciador tiene una gran cantidad de carbohidratos altamente digestibles como lo es el almidón, este es fermentado en el rumen y genera una gran cantidad de de AGV, Diversos estudios han demostrado que la alimentación con dietas altas en cereales modifica la población microbiana del rumen, este tipo de dietas favorece las poblaciones productoras de ácido láctico y ácido amiolítico (Fernando *et al.*, 2010). Un estudio que se realizado en terneros recién nacidos se encontró que la alimentación temprana tiene efectos benéficos para la microbiota intestinal. Se menciona que los terneros que se alimentaron con calostro tratado con calor en comparación con calostro fresco durante las primeras 2 a 6 horas de vida tiene una mayor abundancia de bacterias benéficas y disminuye la cantidad de bacterias patógenas. Estos resultados sugieren que el calostro tratado térmicamente mejora el establecimiento de una microbiota benéfica y previene la colonización de bacterias patógenas en el TGI (Malmuthuge, 2016). Por lo tanto, los cambios en la microbiota del rumen están

influenciados tanto por la dieta como las prácticas de manejo, Lo fundamental para la salud de las crías, es el calostro, el primer alimento que debe de recibir, después de ser alimentado con calostro la becerro se alimenta de leche entera o sustituto de leche, acompañado de alimento iniciador y agua. Se ha demostrado que los terneros pre-destetados que consumen alimento iniciador y sustituto de leche tienen mayor capacidad de fermentación ruminal en comparación con terneros que solo consumían sustituto de leche (Oba *et al.*, 2011).

### **3.9. Probióticos en la alimentación de becerras**

Los probióticos son microorganismos viables y beneficiosos que ayuda a mantener el equilibrio microbiano, que tienen como función tratar de poblar el sistema gastrointestinal del animal (GI) y promover el desarrollo del rumen. son un sustrato especial que alimenta la microflora digestiva del animal, fomentando su crecimiento y reproducción (Yu *et al.*, 2009). La administración de probióticos en la alimentación de las becerras, alrededor de la edad del destete puede facilitar el desarrollo de las comunidades bacterianas del rumen y ayudar a los terneros con una transición de alimento líquido a alimento seco y forraje (Uitz-Huchin y Jaimes-Jaimes, 2012). Se ha demostrado la suplementación de *Bacillus subtilis* en iniciador se demostró que el alimento ayuda al desarrollo de las comunidades bacterianas del rumen al aumentar el crecimiento de bacterias celulolíticas en terneros después del destete. Además de los beneficios mencionados, también se ha demostrado que la administración de probióticos aumenta la ganancia diaria promedio antes del destete, mejora el peso corporal

y una menor incidencia de diarrea, La utilización de probióticos se ha dirigido a dos áreas principalmente: la salud y alimentación humana, la sanidad y producción animal. En la producción animal, la importancia de los probióticos en cuanto a su uso en la alimentación de los animales de granja se basa en las propiedades que se les atribuyen para mejorar la eficiencia de conversión alimenticia y como promotores de crecimiento (Rosminini *et al.*, 2004).

Estos tienen la capacidad de mejorar la salud intestinal estimulando el desarrollo de una microbiota saludable, evitando que los patógenos entéricos colonicen el intestino, aumenten la capacidad digestiva, disminuyan el pH favoreciendo el crecimiento de organismos beneficiosos, y mejoren la inmunidad de la mucosa (Uyeno *et al.*, 2015).

Además, los probióticos ayudan a la regulación de la movilidad intestinal y la producción de moco. También, usan mecanismos enzimáticos que modifican los receptores de toxinas y los bloquean, previniendo la colonización de patógenos por competencia, para que un microorganismo sea considerado como un probiótico no debe de ser patógeno ni toxigénico, sobrevivir al medio ácido del estómago, capacidad de adhesión a células epiteliales, adaptarse a la microbiota intestinal sin desplazarla, producir sustancias antimicrobianas y tener capacidad para aumentar de modo positivo las funciones inmunes y las actividades metabólicas (Castro y Rovetto, 2006). El uso de probióticos continúa en expansión. Actualmente, se incluyen en el tratamiento y prevención de diarreas, Se aumentan la resistencia a la colonización por competir con patógenos para unirse a los sitios de adhesión en la superficie del epitelio intestinal. Algunas

cepas han sido escogidas por su habilidad de adherencia a las células epiteliales como *Lactobacillus spp* (Uyeno, 2015).

Adicionalmente, la ganancia diaria de peso (GDP) y la estructura corporal se han visto mejorados tras la suplementación de este probiótico (Jimmy *et al.*, 2020).

El género *Lactobacillus* forma parte del grupo de las bacterias ácido-lácticas (Jones, 2017). *Lactobacillus* y *Bifidobacterium*, en el intestino han sido reconocidas por su capacidad para mejorar la salud de los animales huéspedes (Teo y Tan, 2007). Estos *Lactobacillus* son un grupo de bacilos Grampositivos anaerobios que no producen esporas, se ha demostrado que una alta prevalencia de *Lactobacillus* y *Bifidobacterium* en las heces de lactantes alimentados con leche entera proporciona protección contra las infecciones digestivas, Sin embargo, la mayoría de los *Lactobacillus* son células bastante regulares sin ramificación (Uyeno *et al.*, 2015). Por lo tanto, el objetivo de este trabajo de investigación fue evaluar el efecto de la suplementación de *Lactobacillus subtilis* PB6 sobre la ganancia diaria de peso desarrollo y conversión alimenticia en terneras lactantes.

### **3.10. Impacto de los antimicrobianos en el microbioma**

Los antibióticos se administran selectivamente para combatir determinados patógenos, sin embargo, muchos antibióticos tienen un amplio espectro y afectan el microbioma. Aunque los antibióticos son diseñados y empleados contra microorganismos patógenos, (Mauricio, 2016).

El microbiota es fundamental para terneros sanos que les permitan crecer adecuadamente. el pre-destete período se considera una ventana crítica, en la que se establece el microbiota de los terneros. Varios factores externos como la dieta y el uso de antibióticos pueden influir significativamente en el establecimiento de este microbiota (Mohammed *et al.*, 2018).

Se menciona que al tratar a las becerras con amoxicilina genera una erradicación de *Lactobacillus* en todo el intestino y una drástica reducción de bacterias aerobias y anaerobias en el colon, en particular *Enterobacteriácea* y *Enterococos*. El tratamiento neonatal con antibióticos ha mostrado que reduce la diversidad del microbiota intestinal y reduce la colonización de especies beneficiosas como *Bifidobacteria* y *Lactobacillus*, e induce la colonización de cepas resistentes a antibióticos o cepas patógenas (Mauricio, 2016).

Los hallazgos inconsistentes sobre el efecto de los antibióticos en el microbiota fecal posiblemente se deban al tipo de antibióticos, dosis de antibióticos, diferentes animales y diferentes tipos de muestras (Mohammed *et al.*, 2018).

## **4. MATERIALES Y METODOS**

### **4.1. Especificaciones generales**

Todos los métodos y manejo de las unidades experimentales utilizadas en este estudio fueron en estricto acuerdo con los lineamientos para el uso ético, cuidado y bienestar de animales en investigación a nivel internacional (FASS, 2010) y nivel nacional (NAM, 2002) con número de referencia de aprobación institucional UAAAN-UL/2704

### **4.2. Localización**

El inicio del experimento fue del 15 de febrero al 15 de abril de 2020, tomando en cuenta el periodo de lactancia de 60 días de cada hembra utilizada. El experimento se llevo acabo en un establo comercial ubicado en el municipio de Matamoros, Coahuila; localizado en el semi-desierto del norte de México, con una altura de 1170 msnm, entre los paralelos 28° 11' y 28° 11' de latitud norte y los meridianos 105° 28' y 105° 28' de longitud oeste (INEGI, 2016). Cuenta con una precipitación media anual de 230 mm y con temperatura promedio de 24 °C, máxima de 41 °C en mayo y junio, y mínima de -1 °C en diciembre y enero (CONAGUA, 2015).

### 4.3. Grupos y tratamientos

Se llevo a cabo la selección de 26 becerras de manera aleatoria, para después dividirse en dos tratamientos, grupo tratado (GT) y grupo control (GC), las cuales fueron separadas de la madre al nacimiento y alojadas individualmente en jaulas de metal previamente lavadas y desinfectadas, los animales contaban con un rango de peso al nacimiento entre 29 a 50 Kg. La primera ingesta de calostro se realizó dentro de la primera hora de vida (3 L por toma, con una calidad de > 50 mg / mL de inmunoglobulina G) y 6 h después de la primera toma se suministró una segunda con las mismas características (Godden, 2008). Los grupos experimentales fueron: Grupo control con animales con un peso al nacimiento de < 37 Kg y > 38 Kg (sin suplementación) y Grupo Tratamiento con animales de < 37 Kg y > 38 kg (10g/becerra/día de *B. subtilis* PB6 en calostro y leche entera). En ambos tratamientos se suministraron de la siguiente manera: 2 - 15 d 3 L en la mañana y 3 L en la tarde, 16 – 20 d 4 L en la mañana y 4 L en la tarde, 21 – 40 d 5 L en la mañana y 5 L en la tarde y de 41 - 60 d 2 L en la mañana y 2 L en la tarde, esta se suministró en dos tomas/día 07:00 y 15:00 h respectivamente; la adición de *B. subtilis* PB6 se realizó en una tina de metal previo su desinfección al momento de la alimentación en la primera toma (Peña-Revuelta *et al.*, 2019). Se ofreció agua a libre acceso durante todo el estudio.

### 4.4. Variables evaluadas:

Consumo de alimento (concentrado): Para determinar el consumo de concentrado se utilizó una báscula electrónica digital (L-EQ 5 Torrey ®), el

consumo del alimento se midió a partir del día 2 de vida de las becerras, para determinar el consumo de alimento por día se media los sobrantes de alimento iniciador del día posterior (Steele *et al.*, 2017).

#### **4.5. Análisis estadísticos**

El análisis estadístico para estimar el consumo de concentrado iniciador se realizó mediante un análisis de medias por t-student. El registro se realizó a partir del nacimiento hasta los 60 días de vida. Se utilizó el valor de  $P < 0.05$  para considerar diferencia estadística. Esto mediante el programa estadístico SYSTAT 12.



## 5. RESULTADOS

### 5.1. Consumo de alimento

En la figura 2, se muestra el consumo de alimento de las becerras durante el tiempo de estudio. Después del día 40 de suplementación se alcanza a observar un aumento significativo en el consumo de alimento en todos los grupos independientemente del peso al nacimiento (<37 o >38 kg). Sin embargo, el GT >38 kg se puede observar un consumo que duplica el consumo registrado en los demás grupos (GC >38; GT<37; GC<37 kg;  $P<0.05$ ). Y esa tendencia se mantiene hasta el momento del destete a los 60 días.

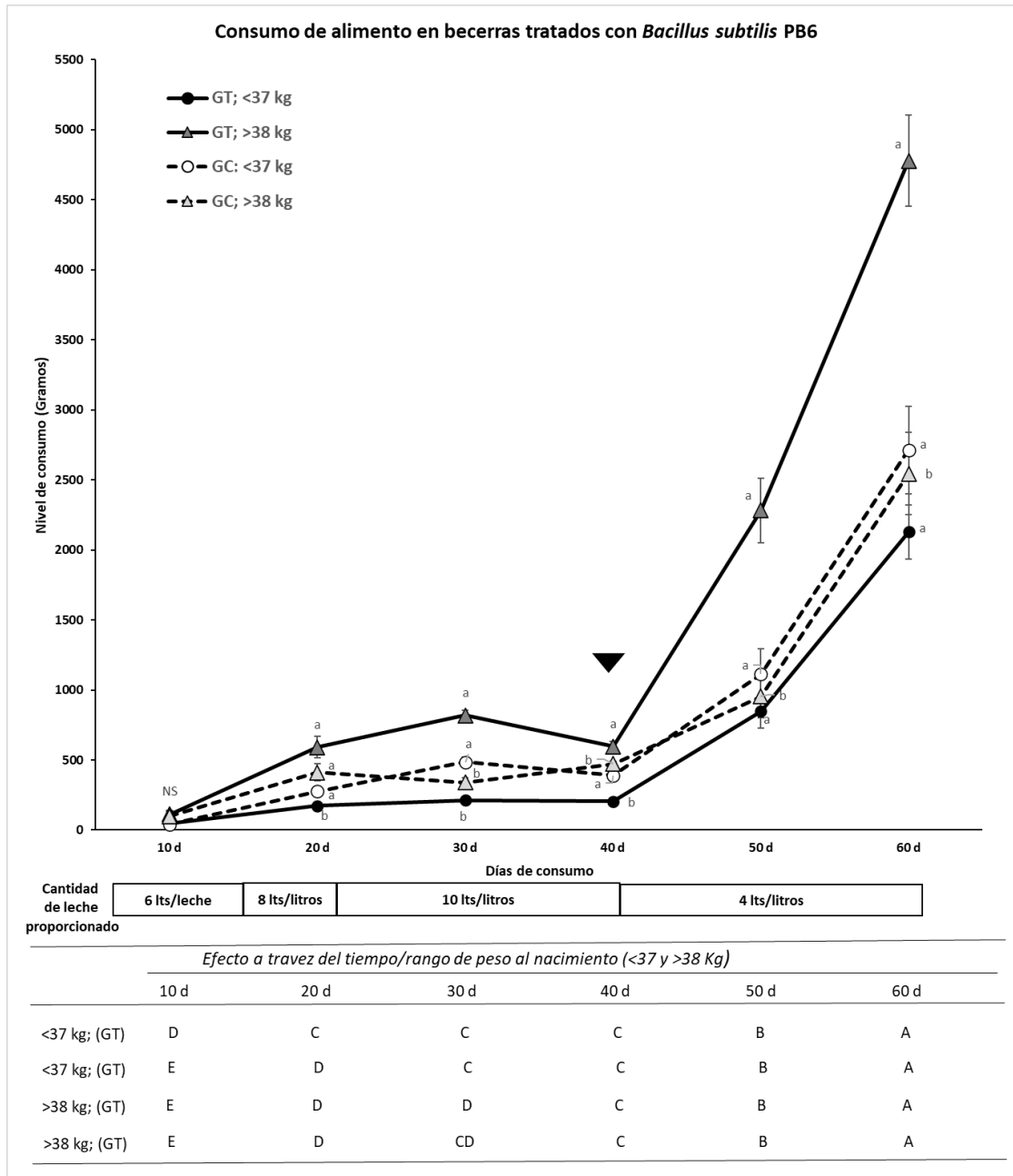


Figura 3. Consumo de alimento (gramos) en becerras desde el nacimiento hasta el destete en animales <37 y >38 kg tratados con *Bacillus subtilis* PB6 (GTA, GTA, GTP, GCP; <37 y GTA, GTA, GTP, GCP; <38). ▼, momento de reducción de la dieta líquida. a, b = difieren estadísticamente entre tratamientos ( $P < 0.05$ ). A, B, C = difieren estadísticamente a través del tiempo en un mismo grupo ( $P < 0.05$ ). NS = No significativo ( $P > 0.05$ ).

## 6. DISCUSIÓN

Las becerras nacidas con <37 kg al nacimiento se puede inferir que la dieta proporcionada fue suficiente para cubrir sus necesidades nutricionales por tal motivo no tuvimos diferencias significativas en estos grupos (NRC, 2001). Sin importar el tratamiento y bajos el sistema de manejo al cual fueron sometidas las becerras su consumo de alimento no influyo en las becerras nacidas con <37 kg, lo que nos refiere que se cubrieron satisfactoria mente sus necesidades nutricionales. En este sentido, tanto el GT y GC en estas becerras su consumo fue mayor a los 60 días seguido de 50, 30, 40, 20 y 10 días para los dos grupos. Mientras que las becerras >38 kg al nacimiento las becerras del GC mostraron un patrón diferente de consumo siendo mayor a los 60 días seguido de los 50, 40, 20, 30 y 10 días, lo cual nos hace pensar en el tuvieron un mayor desafío para afrontar la disminución de la dieta líquida (leche) a los 40 días lo cual indico que fue necesario tratar de compensar con una mayor cantidad de alimento sólido (concentrado y forraje). A diferencia del GT>38 kg mostro el mismo patrón que los animales <37 kg, donde en ese grupo se cubrieron mejor las necesidades alimenticias. Por tal motivo observamos un comportamiento alimenticio similar a las becerras <37 kg al nacimiento. La etapa de alimentación con leche en las becerras es esencial, ya que en esta etapa su sistema digestivo se asemeja a un monogástrico por lo que depende esencialmente de este alimento líquido, sin embargo, es conveniente inducir la ingesta de alimento solido para ir adaptando el rumen y poder realizar un destete óptimo. Datos previos publicados por Molinar (2019), reporta un consumo de 602 g en promedio durante los últimos 5 días con

un sistema de alimentación similar al presente estudio. A su vez, Además, Florentino (2015), reporto un mayor consumo de concentrado iniciador en becerras alimentadas con menor cantidad de leche, en este estudio se suministraron T1= 6 L y T2= 5 L durante 50 días, obteniendo como resultado un consumo promedio de 458 y 695 g durante los últimos 5 días. Alentar la ingesta de consumo sin afectar el desarrollo del animal es de suma importancia, los grupos > 38 tanto GT y GC se vieron afectados por el sistema de alimentación, ya que este no cumplió con sus requerimientos nutricionales para obtener las ganancias recomendadas, sin embargo, el grupo > 38 GT mostro una mejor ingesta de consumo iniciador lo cual es favorable ya que de esta manera puede compensar las necesidades nutrimentales para generar el aporte de energía requerida.

Los datos obtenidos pueden ser debido al manejo estandarizado en el que independientemente del peso al nacimiento a las becerras se les suministra la misma cantidad de leche, repercutiendo en el desarrollo de la becerrra. Es importante implementar ajustes en las estrategias de alimentación durante los primeros 40 días de vida en las becerras nacidas con pesos superiores a 38 kg dirigidas a consumos de acuerdo con su cantidad de peso vivo.

## 7. CONCLUSIÓN

La suplementación con *Bacillus subtilis* PB6 puede ser una alternativa en becerras que nacen con peso >38 kg, lo cual puede mejorar la respuesta al desafío que indica la disminución de consumo de leche después de los 40 días de nacidas para su posterior destete, debido a que aumentan al doble la cantidad de consumo de alimento. Los datos obtenidos pueden ser debido al manejo estandarizado en el que independientemente del peso al nacimiento a las becerras se les suministra la misma cantidad de leche, repercutiendo en el desarrollo de la becerro. Es importante implementar ajustes en las estrategias de alimentación durante los primeros 40 días de vida en las becerras nacidas con pesos superiores a 38 kg dirigidas a consumos de acuerdo con su cantidad de peso vivo.

## 8. LITERATURA CITADA

- Agudelo, G., & Bedoya M. (2005). Composición nutricional de la leche de ganado vacuno. *Revista Lasallista de Investigación* 2:38-42. intestinal indígena. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 3:181-191.
- Alexopoulos, C., I. E. Georgoulakis, A. Tzivara, C. S. Kyriakis, A. Govaris, & S. C. Kyriakis. (2004). Field evaluation of the effect of a probiotic-containing *Bacillus licheniformis* and *Bacillus subtilis* spores on the health status, performance, and carcass quality of grower and finisher pigs. *J. Vet. Med. A Physiol. Pathol. Clin. Med.* 51:306–312.
- Arroyo-Arroyo, J.J., & Elizondo-Salazar, J. A., (2014). Prevalencia de falla en la transferencia de inmunidad pasiva en terneras de lechería. *Agronomía Mesoamericana*. 25(2):279-285.
- Aschenbach J. R., Penner, G. B., Stumpff F., & Gabel G. (2011). Ruminant Nutrition Symposium: Role of fermentation acid absorption in the regulation of ruminal pH. *J Anim Sci* 89(4):1092–1107. doi: 10.2527/jas.2010-3301.
- Berta, G. Q. (2007). Sustitutos lechero en la alimentación de terneros. *Redvet*. 8(5): 1695-7504.
- Castro, L. O., & Rovetto, C. (2006). Probióticos: utilidad clínica. *Colombia Médica*. 37(84): 308-314.
- Castro, N., Capote, J., Bruckmaier, R. M., & Argüello, A. (2011). Management effects on colostrogenesis in small ruminants: a review. *Journal of Applied Animal Research*, 39(2), 85-93.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2015). Servicio Meteorológico Nacional. <https://www.gob.mx/conagua>

- Davis, C. L., & Drackley, J. K. (1998). The development, nutrition, and management of the young calf. Iowa State University Press.
- DeNise, S. K., Robison, J. D., Stott, G. H., & Armstrong, D. V. (1989). Effects of passive immunity on subsequent production in dairy heifers. *J. Dairy Sci.* 72:552-554.
- FASS- Federation of Animal Science Societies. (2010). Guide for the care and use of agricultural animals in agricultural research and teaching. 3rd Edition, Federation Animal Science Society, Champaign, IL, USA, 177 p.
- Fernando, S.C., Purvis, H.T., Najar, F.Z., Sukharnikov, L.O., Krehbiel, C.R., Nagaraja, T.G., Roe, B.A., & Desilva, U., (2010). Rumen microbial population dynamics during adaptation to a high-grain diet. *Appl Environ Microbiol* 76(22):7482–7490. doi: 10.1128/AEM.00388-10
- Florentino, B.G. (2015). Respuesta del consumo de concentrado y la ganancia de peso en becerras Holstein bajo la disminución de la dieta líquida. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, Torreón, Coahuila, México.
- Fuller, R. (1989). Probiotics in man and animals. *J. Appl. Bacteriol.* 66:365–378.
- García, Q. J. L., & Gregorio R. (2013). Crianza artificial de terneros. Sitio Argentino de Producción Animal. <https://produccionbovina.files.wordpress.com/2017/08/crianza-artificial-de-terneros.pdf>
- Garzón, Q. B. (2007). Sustitutos lecheros en la alimentación de terneros. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria.* 8(5):1695-1700.
- Garzón, Q. B. (2008). Sustitutos lecheros en la alimentación de terneros. Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Agraria de la Habana.

- Godden, S. (2008). Colostrum Management for Dairy Calves. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*.24(1),19–39. doi:10.1016/j.cvfa.2007.10.005
- Guo, J.R., Dong, X.F., Liu, S. & Tong, J.M. (2017). Effects of long-term *Bacillus subtilis* CGMCC 1.921 supplementation on performance, egg quality, and fecal and cecal microbiota of laying hens *Poultry science*. 96: 1280-1289.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2016). *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos*. Torreón, Coahuila de Zaragoza. Clave geoestadística 05035
- Jimmy, Q. G., Pablo L. F., & Eduardo, A. V. (2020). Suplementación de enzimas y probióticos sobre la ganancia de peso y metabolismo proteico en terneras. *Rev Inv Vet Perú*. 31(3):18730.
- Jones, R. (2017). The Use of *Lactobacillus casei* and *Lactobacillus paracasei* in Clinical Trials for the Improvement of Human Health. In: *The Microbiota in Gastrointestinal Pathophysiology*. Chapter 9. Floch M. H., Y. Reingel and W. Allan W. (Eds.) pp. 99-108.
- Kritas, S. K., & R. B. Morrison. (2005). Evaluation of probiotics as a substitute for antibiotics in a large pig nursery. *Vet. Rec*. 156:447–448.
- Malmuthuge, N. (2016). *Role of Commensal Microbiota in Neonatal Calf Gut Development (Thesis)*. Education and Research Archives.
- Markowiak, P. (2017). Śliżewska K. Effects of probiotics, prebiotics, and synbiotics on human health. *Nutrients*, 9(9), 1021-1051.
- Maslowski, K. M., & Mackay, C. R. (2011). Diet, gut microbiota and immune responses. *Nature immunology*, 12(1), 5-9.



- Mauricio, M. G. (2016). Efecto de los antibióticos en el microbioma intestinal. *Artículo científico*. 19(1): 19-25
- Mohammed, H. Y., Li, Jing-Hui., Li, Zheng-Qian., Gibson, M. A., Ji, Shou-Kun., Li, Yuan-Xiao., Wang, Ya-Jing., Li, Sheng-Li., Cao, Zhi-Jun. (2018). Low Concentration of Antibiotics Modulates Gut Microbiota at Different Levels in Pre-Weaning Dairy Calves. *Microorganisms*. 6-118; doi:10.3390/
- Molinar, B.D. (2019). Consumo de alimento en becerras Holstein lactantes suplementadas con *Bacillus subtilis* PB6. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, Torreón, Coahuila, México.
- NAHMS, U. (2016). Dairy 2014: Dairy cattle management practices in the United States, 2014.
- NAM (2002). Guide for the Care and Use of Laboratory Animals. National Academy of Medicine, Mexico and the Association for Assessment and Accreditation of Laboratory Animal Care International, Mexico, DF, Mexico.
- Nida, A., & Jana, S. (2021). Dynamic progression of the calf's microbiome and its influence on host. *Computational and Structural Biotechnology Journal* 19: 989–1001.
- NRC. (2001). Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.
- Oba, M., & Laarman, A. H. (2011). Short communication: Effect of calf starter on rumen pH of Holstein dairy calves at weaning. *J Dairy Sci* 94(11):5661–5664. doi: 10.3168/jds.2011-4273

- Ortiz, S. J. A., García, T. O., & Morales, T. G. (2005). Manual del participante. Manejo de bovinos productores de leche. Colegio de Postgraduados. pp. 14-15.
- Peña-Revuelta, B.P., González-Avalos, G., Rocha-Valdéz, J.L., Rodríguez-Dimas, N., Hermosillo-Alba, M.C., Peña-Revuelta, L.A., & González-Avalos, J (2020). Crecimiento y costos de alimentación de becerras lecheras con diferente régimen de alimentación. *Ciencia e Innovación*. 3 (1): 175-185.
- Peña-Revuelta, B.P., González-Avalos, Rocha-Valdéz, J.L., González-Avalos, J., & Rodríguez-Hernández, K. 2019. Efecto de la alimentación de becerras Holstein suplementadas con *Bacillus subtilis* PB6 en: morbilidad y mortalidad. *Ciencia e innovación*. Vol.2. Num.1. Pp. 247-257.
- Quigley, J. (2003). Desarrollo ruminal en becerras. <http://www.cigal.biz/desarrolloruminal.html>. Consultado el 25 de marzo 2021.
- Rosmini, M., Sequeira, G., Guerrero, I., Martí, L., Dalla, R., Frizzo, L., & Bonazza, J. (2004). Producción de probióticos para animales de abasto: importancia del uso de la microbiota intestinal indígena. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 3:181-191.
- Roth, B. A., Barth, K., Gygax, L., & Hillmann, E. (2009). Influence of artificial vs. mother-bonded rearing on sucking behaviour, health and weight gain in calves. *Applied Animal Behaviour Science*, 119(3-4), 143–150. doi:10.1016/j.applanim.2009.03.004
- Schneider, R., Rosmini, M., Ehrmann, M., & Vogel, R. (2004). Identificación de bacterias lácticas componentes de la microbiota típica de los terneros criados en condiciones artificiales. *Ciencias Veterinarias* 3:1-2.

- Scott, K., Kelton, D.F., Duffield, T.F., & Renaud Risk, D.L. (2019). Factors identified on arrival associated with morbidity and mortality at a grain-fed veal facility: A prospective, single cohort study. *J. Dairy Sci.*, 102, pp.
- Solórzano, C. L. (2007). Alimentación con sustituto de leche a las becerras lecheras. *Carta Ganadera*, 235, 182.
- Steele, M. A., Doelman, J. H., Leal, L. N., Soberon, F., Carson, M., & Metcalf, J. A. (2017). Abrupt weaning reduces postweaning growth and is associated with alterations in gastrointestinal markers of development in dairy calves fed an elevated plane of nutrition during the preweaning period. *Journal of Dairy Science*, 100(7), 5390–5399. doi:10.3168/jds.2016-12310
- Teo, Y. A., & Tan, M. H. (2007). Evaluation of the Performance and Intestinal Gut Microflora of Broilers Fed on CornSoy Diets Supplemented With *Bacillus subtilis* PB6 (CloSTAT)1. Singapore. DF.
- Uitz-Huchin, J. A., & Jaimes-Jaimes, J. (2012). Efecto de la adición de prebióticos y probióticos en el comportamiento de terneros lactantes Holstein. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*. 11:51-56.
- United States Department of Agriculture (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
- Urie, N. J., Lombard, J. E., Shivley, C. B., Koprak, C. A., Adams, A. E., Earleywine, T. J., & Garry, F. B. (2018). Preweaned heifer management on US dairy operations: Part V. Factors associated with morbidity and mortality in preweaned dairy heifer calves. *Journal of Dairy Science*. doi:10.3168/jds.2017-14019

- Uyeno, Y., Shigemori, S., & Shimosato, T. (2015). Effect of Probiotics/Prebiotics on Cattle Health and Productivity. *Microbes and Environments*, 30(2), 126–132. doi:10.1264/jsme2.me14176
- Wang, H.B., Wang, P.Y., Wang, X., Wan, Y.L., & Liu, Y.C. (2012). Butyrate enhances intestinal epithelial barrier function via up-regulation of tight junction protein Claudin-1 transcription. *Dig Dis Sci* 57(12):3126–3135. doi: 10.1007/s10620-012-2259-4
- Yu, P., Wang, J.Q., Pu, D.F., Liu, K.L., Li, D., Zhao, S.G., Wei, H.Y., & Zhou, L.Y. (2009). Effects of bacillus subtilis natto in diets on quantities of gastrointestinal cellulolytic bacteria in weaning calves. *J. China Agric. Univ.* 14, 111–116.
- Zebeli, Q., & Metzler-Zebeli. B.U. (2012). Interplay between rumen digestive disorders and diet-induced inflammation in dairy cattle. *Res Vet Sci* 93(3):1099–1108. doi: 10.1016/j.rvsc.2012.02.004
- Zhijun, C., & Van Amburgh, M. (2020). Calf and Heifer Feeding and management. MDPI.file:///C:/Users/macia/OneDrive/Escritorio/libro%20sobre%20desarrollo%20de%20becerras%20(animals).pdf