

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



LA SUPLEMENTACIÓN DE *Bacillus subtilis* PB6 MEJORA EL CRECIMIENTO Y
CONSUMO DE ALIMENTO DEPENDIENDO DEL PESO AL NACIMIENTO.

Tesis

Que presenta EDGAR JESUS MACIAS ORTIZ
como requisito parcial para obtener el Grado de
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

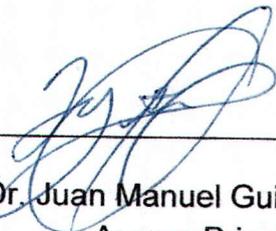
Torreón, Coahuila

Julio 2021

LA SUPLEMENTACIÓN DE *Bacillus subtilis* PB6 AFECTA EL CRECIMIENTO Y
CONSUMO DE ALIMENTO DEPENDIENDO DEL PESO AL NACIMIENTO

Tesis

Elaborada por EDGAR JESUS MACIAS ORTIZ como requisito parcial para
obtener el grado de Maestro en Ciencias en Producción Agropecuaria con la
supervisión y aprobación del Comité de Asesoría



Dr. Juan Manuel Guillen Muñoz
Asesor Principal



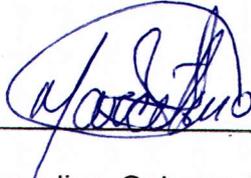
Dr. Ramiro González Avalos
Asesor



Dra. Beatriz Xoconostle Cázares
Asesor externo



Dra. Leticia Romana Gaytán Alemán
Jefe de Departamento de Postgrado



Dr. Marcelino Cabrera De La Fuente
Subdirector de Postgrado

AGRADECIMIENTOS

A mis padres:

Agradezco su gran esfuerzo que me motiva a cumplir mis metas. Sin su confianza, apoyo y sobre todo, cariño, los obstáculos se hubieran tornado más complicados. Quisiera que, en todo momento, tengan presente que los amo y que me han ayudado a construir la fuerza que me impulsa a continuar y creer en mí.

A mis hermanos:

Oswaldo y Cindy, son una parte esencial de mi motivación para salir adelante ante los problemas que se me presenten día a día.

A mi familia materna y paterna:

Mis abuelitos Moisés, Margarita y Francisca, mi tío Francisco. Ustedes han sido mi soporte y me han enseñado el valor del significado de la palabra “familia”.

Dr. Juan Manuel Guillen Muñoz:

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.

Dr. Ramiro González Avalos:

Gracias por todos sus consejos y por la manera de guiarme, ha sido fundamental en mi formación como profesionista.

M.V.Z. Eduardo Barrón:

Gracias por su apoyo incondicional y su ética profesional, fueron de suma importancia para culminar este proyecto.

A mis amigos y colegas de profesión, **Karla Ramírez Uranga** y **Diego Hernández Villanueva**, gracias por apoyarme en cada momento.

A **Liliana Juárez García**, gracias por estar siempre a mi lado, tu apoyo me fortalece a cada momento.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
1. INTRODUCCION	1
1.1. Hipótesis.....	2
1.2. Objetivo general.	2
1.3. Objetivos específicos.....	2
2. REVISION DE LITERATURA.....	4
2.1. Sistema de crianza artificial	4
2.2. Trasferencia de inmunidad en becerras.....	4
2.3 Sistema digestivo de la becerro neonata	6
2.4. Consumo de concentrado iniciador	7
2.5. Factores que afectan el desarrollo de becerras de remplazo	8
2.6. Requerimientos nutrimentales en becerras	9
2.7. Probióticos en la alimentación de becerras	11
2.8. Efectos de la alimentación en la microbiota intestinal	13
2.9. Colonización y establecimiento de microbios intestinales	15
2.10. Impacto de los antimicrobianos en la microbiota.....	18
3. MATERIALES Y METODOS	19
3.1. General.....	19
3.2. Localización	19
3.3. Grupos y tratamientos.....	19
3.4. Variables evaluadas	20
3.5. Análisis estadísticos.....	21

4. RESULTADOS.....	22
4.1. Ganancia de peso y altura	22
4.2. Consumo de alimento	24
4.3. Incidencia de enfermedades.....	26
5. DISCUSION	28
6. CONCLUSION	31
7. LITERATURA CITADA.....	32

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Desarrollo del estomago en becerras neonatas	7
Cuadro 2	Composición general de la leche de vaca por cada 100 g	11
Cuadro 3	Registro de enfermedades en becerras Holstein con o sin suplementación de probiótico <i>Bacillus subtilis</i> PB6	27

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1 Ganancia de peso vivo (Kg) y altura (cm) 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). 23
- Figura 2 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 a través del tiempo en un mismo grupo (P< 0.05). NS = no significativo (P> 0.05). 25

RESUMEN

LA SUPLEMENTACIÓN DE *Bacillus subtilis* PB6 MEJORA EL CRECIMIENTO Y CONSUMO DE ALIMENTO DEPENDIENDO DEL PESO AL NACIMIENTO

EDGAR JESUS MACIAS ORTIZ

Para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Producción Agropecuaria

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna

Dr. Juan Manuel Guillen Muñoz

Director de tesis

La crianza de reemplazos es un área fundamental en los sistemas de producción pecuarios. El establecimiento de microbios benéficos en el sistema digestivo es de gran importancia para la salud y producción de las becerras. Los probióticos exhiben beneficios potenciales al mejorar el equilibrio microbiano intestinal. El presente estudio evaluó el efecto de suplementar *Bacillus subtilis* PB6 en la leche administrada a becerras Holstein sobre el crecimiento, consumo de alimento y salud. Se utilizaron 26 animales recién nacidos, de manera aleatoria y se incluyeron a 1 de 2 tratamientos. Conformados de la siguiente manera: 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 (suplementados con 10g/becerra/día de *B. subtilis* PB6 en calostro y leche entera). 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. 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 en la administración de leche en el periodo final de crianza.

Palabras clave: Nutrición, desarrollo de rumen, salud

ABSTRACT

SUPLEMENTACIÓN DE *BACILLUS SUBTILIS* PB6: CRECIMIENTO, CONSUMO DE ALIMENTO Y SALUD DE BECERRAS HOLSTEIN

EDGAR JESUS MACIAS ORTIZ

To obtain the degree of Maestro en Ciencias en Producción Agropecuaria

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna

Dr. Juan Manuel Guillen Muñoz

Thesis director

Key words:

1. INTRODUCCION

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 remplazos.

Los problemas respiratorios y digestivos son las infecciones más comunes que afectan a las becerras antes del destete (NASHMS,2014). 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 (Markowiank y Slizewska, 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 (Rosminini *et al.*,

2004; Guo *et al.*, 2017; Fuller, 1989). 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 en becerros neonatales Holstein Friesian.

1.1. Hipótesis

Suplementar con *Bacillus subtilis* PB6 mejorará la salud y el desarrollo de becerros Holstein Friesian.

1.2. Objetivo general.

El objetivo del presente estudio evaluar el efecto de la suplementación de *Bacillus subtilis* PB6 sobre el desarrollo, consumo de alimento y salud de becerros Holstein Friesian.

1.3. Objetivos específicos

- Cuantificar la ganancia de peso.

- Cuantificar la ganancia de altura.
- Medir la incidencia de enfermedades.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. Sistema de crianza artificial

La crianza artificial consiste en la separación de la cría de su madre con el fin de alentar la ingesta de leche o sustitutos de leche y concentrado iniciador, esto con la finalidad de acelerar su desarrollo ruminal, 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, de esta manera se busca disminuir los tiempos productivos que plantea el ciclo natural de desarrollo fisiológico de los bovinos (Roth *et al.*, 2009; Diao *et al.*, 2019). Los programas nutricionales, el desarrollo de conocimientos y estrategias para promover la salud de las becerras alojadas en los sistemas de crianza artificial son fundamentales para garantizar un sistema de producción rentable (De Moura *et al.*, 2008).

2.2. Traslencia de inmunidad en becerras

Las becerras nacen con un sistema inmunológico inmaduro y deben adquirir un mecanismo de defensa inmunológico específico a través de la alimentación con calostro (Bush y Staley, 1980; Castro *et al.*, 2011). Este proceso es conocido como transferencia de inmunidad pasiva el cual consiste en la absorción de

inmunoglobulinas (Ig) a través de la alimentación con calostro (David y Drackely, 1998).

Cuando la becerro presenta una insuficiente absorción de Ig se conoce como falla en la transferencia de inmunidad pasiva (FTIP), esto sucede cuando la concentración de inmunoglobulinas tipo G (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 (Calloway *et al.*, 2002; Godden, 2008). Estas categorizaciones están basadas en estudios que han demostrado que las becerras con concentraciones séricas de IgG $< 10 \text{ mg / mL}$ presentaron mayores tasas de mortalidad (Besser *et al.*, 1991; Wells *et al.*, 1996; Furman-Fratczak *et al.*, 2011).

La transferencia de inmunidad pasiva se puede determinar midiendo las concentraciones de IgG por métodos directos o indirectos. El método comúnmente utilizado para determinar la cantidad de IgG es el ensayo de inmunodifusión radial, sin embargo, la técnica ensayo por inmunoadsorción ligado a enzimas (ELISA) también puede medir directamente la cantidad de IgG (Gelsinger *et al.*, 2015). A pesar de que estas dos pruebas cuentan con una gran eficacia para determinar las concentraciones de IgG tienen la desventaja de requerir mucho tiempo, son costosas por lo cual en los sistemas de producción no se aplican ya que requieren de procedimientos de laboratorio y sus resultados son aproximadamente de 24 h (Deelen *et al.*, 2014; Renaud *et al.*, 2018).

En consecuencia, a menudo se utilizan medidas indirectas, estas suelen ser más prácticas y simples para estimar los niveles de IgG o FTIP en suero (Hernandez *et*

al., 2016). El método más común para determinar la proteína total en suero es a través de la refractometría (Deelen *et al.*, 2014). Los refractómetros utilizan el grado de refracción para estimar las proteínas totales en las soluciones (Chavatte *et al.*, 1998), lo cual es de suma importancia ya que las Ig constituyen una proporción importante de proteínas en el suero de la becerro recién nacida (Calloway *et al.*, 2002).

2.3 Sistema digestivo de la becerro neonata

Desde el nacimiento hasta el primer parto, la becerro de reemplazo sufre tremendos cambios anatómicos principalmente en su sistema gastrointestinal, así como en las prácticas de alimentación y manejo. Esta pasa de ser un pseudo-monogástrico a un rumiante completo (Morris, 1992; Quigley, 2003) a este período se le conoce como transición. Durante este período, la ternera es alimentada con calostro, leche o sustituto de leche y un iniciador. En particular, la producción de leche de por vida y la salud de una vaca lechera dependen en gran medida de la nutrición y el manejo temprano de la vida de la becerro. Las técnicas de investigación emergentes han abierto nuevas fronteras para comprender mejor al animal en su conjunto, cómo su dieta y su entorno pueden influir en sus sistemas microbiano, endocrino, inmunológico y metabólico. La integración del conocimiento existente ayudará a perfeccionar las prácticas de manejo y la alimentación de las becerros de reemplazo (Zhiyun y Van Amburgh, 2020).

Cuadro 1. Desarrollo del estómago en becerras neonatas (tomado de Diao *et al.*, 2019).

Compartimientos	0 semanas	8 semanas	12-16 semanas
Retículo-rumen (%)	38	61,23	67
Omaso (%)	13	13,4	18
Abomaso (%)	49	25,37	15

2.4. Consumo de concentrado iniciador

Las becerras experimentan cambios sorprendentes desde que nacen hasta que alcanzan su edad adulta. Uno de estos cambios más extremos es el desarrollo del aparato digestivo. Al nacer, el rumen de las becerras es estéril, pequeño y no funcional (Morril, 1992). A medida que la becerro se desarrolla y alcanza su madurez el rumen se convierte en un sitio de fermentación y producción de energía en forma de ácidos grasos volátiles (AGV) y proteína (como proteína microbiana) para el rumiante, estos productos de fermentación tienen efecto sobre la inmunorregulación, el metabolismo y la maduración del epitelio ruminal (Baldwin y McLeod, 2000; Maslowski y Mackay, 2011; Laarman *et al.*, 2012).

El desarrollo acelerado del rumen en la etapa de crianza permite realizar un destete (Quigley, 2003). La meta principal de cualquier programa de reemplazos debe ser criar y desarrollar animales que alcancen un tamaño y peso óptimo tempranamente para iniciar la pubertad, establecer la preñez y parir fácilmente a una edad adecuada y al menor costo posible (Beharka *et al.*, 1998).

Desafortunadamente, la alimentación, prácticas de manejo y el desarrollo de becerras no son una prioridad en algunos establos lecheros de nuestro país, este desinterés puede repercutir negativamente en la tasa de crecimiento de los animales, su desempeño productivo y reproductivo. El consumo de alimento iniciador es fundamental para el desarrollo de las papilas ruminales durante los primeros meses de vida, con los sistemas de crianza artificial se busca acelerar este proceso para que los animales puedan aprovechar la fibra que contenga la dieta después de ser destetados. Para alcanzar dicho desarrollo, el tracto gastrointestinal y específicamente el rumen, debe de sufrir una serie de cambios anatómicos y fisiológicos que son estimulados por el tipo de dieta (Suárez *et al.*, 2007).

Estos cambios en el animal están influenciados directamente por la fermentación ruminal y la consecuente producción de AGV (Suárez *et al.*, 2006). El ácido butírico es el principal AGV que estimula el desarrollo de papilas ruminales (Tamate *et al.*, 1962). El consumo de alimento iniciador es fundamental durante los primeros meses de vida, ya que los productos de fermentación resultan benéficos para el desarrollo de la mucosa ruminal. Por lo cual los alimentos balanceados son ampliamente utilizados en la etapa de crianza (Nocek *et al.*, 1984; Suárez *et al.*, 2007).

2.5. Factores que afectan el desarrollo de becerras de remplazo

La etapa de crianza representa un periodo crítico en el desarrollo y vida de las crías de remplazo, en esta etapa los neonatos se encuentran susceptibles a las enfermedades, por lo cual, cualquier afectación en la salud tendrá repercusiones en la producción de por vida, incluido el desarrollo, la eficiencia productiva y la producción (Canguiano *et al.*, 2020).

Las enfermedades digestivas y respiratorias son las infecciones más comunes que afectan a las becerras antes del destete (NASHMS,2014). Se ha demostrado que animales que presentan trastornos digestivos y necesitan de tratamiento experimentan un crecimiento reducido, un mayor riesgo de mortalidad, una mayor edad al primer parto y una producción reducida de leche durante la primera lactancia (Walther-Toews *et al.*, 1986; Svenson y Hultgren, 2008; Windeyer *et al.*, 2014). De la misma manera las enfermedades respiratorias están relacionadas con la disminución en la productividad de los animales (Schaffer *et al.*,2016)

2.6. Requerimientos nutrimentales en becerras

El rumiante recién nacido atraviesa al inicio de su vida semanas críticas; los programas de alimentación se diseñan de forma de que la leche se emplee como su primera fuente de alimentación durante este periodo (Castro, 2002). 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 posee un gran valor energético debido a la grasa que contiene y la lactosa (Garzón, 2008). Se prefiere sobre los sustitutos de leche, esto debido a que es una fuente natural y más completa en cuestión de nutrientes, por lo que es menos probable que ocasione problemas de origen digestivo si es administrada de una manera adecuada (Gasque, 2008).

Existen diversos sistemas de alimentación, en el sistema convencional la cantidad de leche que se administra a la becerro está en relación al 10% de su peso vivo, es decir, que una becerro de 35-45 Kg consumirá alrededor de 4 L de leche diarios (Schingoethe y García, 2004). Se recomienda que las becerros tengan un sistema de alimentación y que sea respetado tanto como en horario y la cantidad de alimento por día, se recomienda que se alimente 2 veces al día, por ejemplo 8 de la mañana y 4 de la tarde; la administración de la leche puede ser mediante mamila o cubetas, aunque lleva algunos riesgos como neumonías por aspiración (Ortiz, *et al.*, 2005).

Cabe mencionar 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 (Schingoethe y Garcia, 2004; Solórzano, 2007). Los sustitutos de leche de alta calidad contienen fuentes de proteína, la mayoría de origen lácteo, los ingredientes más comunes son leche en polvo descremada, suero en polvo o productos de suero y caseína (Gasque, 2008).

En México, la demanda de este producto para el consumo humano estimulo el uso de sustitutos de leche, lo que implica la reducción de costos del sistema de alimentación líquida (Saucedo *et al.*, 2005). Los resultados que se obtienen en la crianza de becerros dependen del tipo y cantidad de alimento ofrecido, así como la ingesta de alimento seco (Garzón, 2007). Como anteriormente se mencionó la leche entera es un alimento muy completo en cuestión de nutrientes y de fácil asimilación

para las becerras, estas características organolépticas se mencionan en el cuadro 2.

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

Componentes	Leche normal
Agua	88 g
Energía	61 Kcal
Proteína	3.2 g
Grasa	3.4 g
Lactosa	4.7 g
Minerales	0.72 g

2.7. Probióticos en la alimentación de becerras

Los probióticos son microorganismos viables y beneficiosos que ayudan a mantener una simbiosis en el microbioma GIT, además de promover el desarrollo del rumen. La adición de probióticos en la alimentación de las becerras en el periodo pre-destete puede facilitar el desarrollo de comunidades bacterianas en el rumen y ayuda a realizar una transición de alimento líquido a alimento seco y forraje (Krehbiel *et al.*, 2003; Hong *et al.*, 2005). De igual manera en el periodo post-destete se han reportado buenos resultados, se demostró que la suplementación de *Bacillus subtilis* natto en el alimento iniciador ayudo a desarrollar las comunidades bacterianas del rumen al aumentar el crecimiento de bacterias celulolíticas en terneros (Yu *et al.*, 2009). Además de los beneficios anteriormente 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 (Timmerman *et al.*, 2005; Goto *et al.*, 2016).

El método de acción de los probióticos se realiza a través de diversas acciones, entre las que se incluyen: disminución del pH, liberación de metabolitos protectivos como los AGV, modifican los receptores de toxinas y los bloquean previniendo la colonización de patógenos por competencia ya sea por los sitios de adhesión o por nutrientes (Vandenbergh, 1993; Germán, 2001; Vimala y Dileep, 2006). Desde hace varios años se ha realizado investigación de la actividad probiótica a nivel celular, y el impacto de esta en el sistema inmunológico. El uso de probióticos continúa en expansión. Actualmente, se incluyen en el tratamiento y prevención de diarreas (Zukiewicz-Sobczak *et al.*, 2014).

Es importante conocer el efecto de la administración oral de estos microorganismos en el sistema inmune (Perdigos y De macias, 1986). Autores como Kwon *et al.*, (2010) y Evrard *et al.* (2011) mencionan que los probióticos intervienen en las respuestas inmunitarias innatas y adaptativas del huésped mediante la modulación de las funciones de las células dendríticas, los macrófagos y los linfocitos T y B. Comúnmente se supone que los probióticos influyen en el sistema inmune, presumiblemente por la interacción con células inmunorreguladoras que están presentes en la lámina propia del intestino (Jones, 2017).

Mas sin embargo los efectos de los probióticos no solo se limitan a nivel intestinal (Harbige *et al.*, 2016). La microflora bacteriana puede tener efectos tanto favorables

como desfavorables sobre la salud intestinal, esto depende de la carga de bacterias, ya sean patógenas o bacterias benéficas, como las especies de *Lactobacillus* y *Bifidobacterium*, en el intestino han sido reconocidas por su capacidad para mejorar la salud de los animales huéspedes (Tan, 2007). El género *Lactobacillus* forman parte de las bacterias ácido lácticas (Jones, 2017). Estos *lactobacillus* son un grupo de bacilos Gram-positivos 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 (Harmsen *et al.*, 200).

2.8. Efectos de la alimentación en la microbiota intestinal

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 (De Filippo *et al.*, 2010; Maslowski y Mackay, 2011). 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 (Zebeli y Metzler-Zebeli, 2012).

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 (Klevenhusen *et al.*, 2017). 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).

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 (Fernado *et al.*, 2010: Petri *et al.*, 2013: McCann *et al.*, 2016). En un estudio realizado en terneros recién nacidos se encontró que la alimentación temprana tiene efectos benéficos para la microbiota intestinal. 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).

El calostro es fundamental para la salud de las crías, es 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 (Laarman *et al.*, 2012).

El aumento de la fermentación ruminal en terneros según un estudio no pareció causar una disminución perjudicial de pH, lo que puede indicar que en esta etapa hay una adaptación del epitelio del rumen a la fermentación de alimento iniciador (Laarman y Oba, 2011). Además, el alimento iniciador promueve una mayor diversidad de taxones bacterianos que utilizan con facilidad los carbohidratos. La dieta y la edad tienen efectos simultáneos en la población comensal microbiana (Días *et al.*, 2017).

Yañez-Ruiz *et al.* (2010) encontraron que el acceso a concentrados, leche y heno de pasto vs heno de pasto y leche durante el periodo previo al destete alteraba la población microbiana en coderos; algunas de estas diferencias persistieron hasta 4 meses después del destete mientras ambos grupos recibían la misma dieta. Estos estudios indican la viabilidad potencial de manipular las poblaciones microbianas desde el inicio de la vida del animal, a través de la dieta o aditivos para promover beneficios en la salud y productividad (Yanez-Ruiz *et al.*, 2015). Por lo tanto, los cambios en la microbiota del rumen están influenciados tanto por la dieta como las prácticas de manejo (Shanks *et al.*, 2011).

2.9. Colonización y establecimiento de microbios intestinales

Durante el desarrollo fetal, los tejidos intestinales tienen un mayor desarrollo en comparación con el rumen, el cual a los inicios de vida se encuentra subdesarrollado. Este crece de un 30% al 70% de la capacidad del tracto gastrointestinal (TGI) (Warner, 1956), los tejidos intestinales se desarrollan antes

para permitir la digestión y absorción de nutrientes del calostro. La colonización inicial del TGI en rumiantes se deriva de diversos factores como el medio ambiente, contacto con heces maternas, saliva, piel o el canal vaginal (Meale *et al.*, 2016), otros factores que pueden influir en el desarrollo de la comunidad bacteriana en el TGI son las prácticas de manejo en el establo como alojamiento, contacto con la madre y la dieta, a medida que la becerro se desarrolla y crece se establece una comunidad microbiana (Malmuthuge *et al.*, 2014).

Las bacterias, arqueas y hongos son la primera microbiota que coloniza el TGI, mientras que los ciliados del rumen no están presentes durante la primera semana después del nacimiento. Los ciliados del rumen pueden colonizar por contacto de hocico a hocico con un animal de mayor edad, sin embargo, se requieren condiciones ruminales específicas para su establecimiento (Eadie y Hobson, 1962). Las arqueas y las bacterias fibrolíticas colonizan el TGI de la becerro dentro de los 20 minutos posteriores al parto (Guzman *et al.*, 2015).

Se sugiere que las bacterias pertenecientes a los géneros *Faecalibacterium*, *Bifidobacterium* y *Lactobacillus* son de gran importancia para los rumiantes neonatos, ya que ayudan 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).

Rey *et al.* (2014) informaron que los géneros de bacterias productoras de ácido láctico como *Bifidobacterium* y *Lactobacillus* son típicamente más prevalentes en los rumiantes pre-destetados debido a la abundancia de oligosacáridos en la leche, también reportaron que la abundancia relativa del género bacteriano *Bifidobacterium* en el rumen se establece desde el nacimiento hasta los 83 d de edad. El género bacteriano *Lactobacillus* fue indetectable en el líquido ruminal de terneros de 2 d y de 15 a 83 d, mientras que abundancias relativas bajas (1,2%) estuvieron presentes a los 3 a 15 d de edad. Meale *et al.* (2016) mencionan que las abundancias de los géneros *Bifidobacterium*, *Feacalibacterium* y *Lactobacillus* son mayores en becerros predestetados (1.21, 4.07, y 2,87% respectivamente) que en terneros posdestetados (0.34, 0.94 y .20 % respectivamente).

En un estudio realizado por Song *et al.* (2017) se evaluó la digesta del intestino grueso y la microbiota adherida a las mucosas de los terneros al nacimiento, 7, 21 y 42 d de edad. Se encontró una correlación positiva entre la abundancia relativa de *Lactobacillus* spp. asociado a la mucosas y bacterias patógenas potenciales *Escherichia-shigella* y *Salmonella* que los terneros de 21 y 42 d de edad. A medida que el rumiante alcanza la edad adulta, el rumen contiene una mayor abundancia relativa del género *Prevotella* y miembros de la familia bacteriana *Succinivibrionaceae* junto con una mayor diversidad microbiana (Dill-McFarland *et al.*, 2017).

2.10. Impacto de los antimicrobianos en la microbiota

La administración de antibióticos también puede tener un efecto sobre la microbiota a nivel GIT. Los antibióticos se usan comúnmente para combatir las infecciones de origen bacteriano en todas las especies de animales, pero los efectos de los medicamentos antimicrobianos en las comunidades microbianas del TGI no están bien descritos (Oultram *et al.*, 2015). Se han realizado estudios en humanos en los cuales el tratamiento con antibióticos disminuyó significativamente la riqueza taxonómica y la diversidad de la microbiota fecal (Jernberg *et al.*, 2007; Dethlefsen *et al.*, 2008).

En estudios elaborados en animales, específicamente en terneros lecheros, se encontró que los terneros tratados con oxitetraciclina tenían una cantidad reducida de especies de *Lactobacillus* en su microbiota fecal una semana después del tratamiento y los terneros tratados con florfenicol tenían una riqueza de especies reducida que persistió dos semanas postratamiento (Oultram *et al.*, 2015). En general es evidente que la administración de antibióticos por vía parenteral y oral modifican la microbiota del TGI. Por lo cual debido a lo anteriormente comentado y a la resistencia de las bacterias a los antimicrobianos se ha vuelto una práctica insostenible (Raabis *et al.*, 2019; Smith, 2015).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. General

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/

3.2. Localización

El presente estudio se realizó durante el periodo de lactancia (60 días) de cada animal seleccionado, la fecha establecida fue del 15 de febrero del 2020 al 15 de abril del 2020 en un establo del municipio de Matamoros Coahuila; se encuentra localizado en la región semi-desértica del norte de México a 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).

3.3. Grupos y tratamientos

Para evaluar el efecto de la suplementación de *Bacillus subtilis* PB6, se seleccionaron 26 beceras de manera aleatoria, divididas en dos tratamientos (GT y 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 tratamientos quedaron de la siguiente manera: 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 396 L de leche entera pasteurizada repartida 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.

3.4. Variables evaluadas

Peso: El peso de las crías fue medido en una báscula electrónica digital (PG-2000 Torrey®), el pesaje se realizó cada 10 días, desde el nacimiento al destete (He *et al.*, 2017).

Altura: La altura de los animales se realizó cada 10 días, desde el nacimiento al destete mediante una cinta de medir (Uline Accu-Lock H-1766), tomando como referencia la altura a la cruz del animal (Ramírez *et al.*, 2008).

Trasferencia de inmunidad: Se obtuvieron muestras de sangre de la vena yugular (5 ml en tubos Vacutainer®) de cada animal a las 24 h, 48, 72 y 124 h de vida, y ésta se dejó coagular a temperatura ambiente hasta la separación del suero (Yang *et al.*, 2015). Para medir la cantidad de proteína (g dl^{-1}) en suero, se realizó una lectura en un refractómetro (Vet 360, Reichert Inc.®).

Consumo de 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).

Salud: En ambos grupos se registraron las enfermedades para determinar la salud de las becerras, solo se consideraron diarreas y neumonías. El registro se realizó a partir del nacimiento hasta los 60 días de vida (Gutiérrez, 2019).

3.5. Análisis estadísticos

El análisis estadístico para estimar el crecimiento de las becerras y el consumo de concentrado iniciador se realizó mediante un análisis de medias por t-student. Para determinar la salud entre grupos se realizó una prueba chi-cuadrada. Se utilizó el valor de $P < 0.05$ para considerar diferencia estadística. Esto mediante el programa estadístico SYSTAT 12.

4. RESULTADOS

4.1. Ganancia de peso y altura

En la figura 1 se muestra la ganancia de peso y altura ganada durante el tiempo de estudio. No existió diferencia significativa en la ganancia de peso total de las becerras nacidas con <37 Kg para el GT vs GC fue 23.0 ± 1.9 vs 23.88 ± 1.3 , respectivamente; $P > 0.05$. Así mismo, para las becerras nacidas con >38 kg para el GT vs GC fue 27.7 ± 2.7 vs 25.4 ± 0.5 , respectivamente; $P > 0.05$. Por otra parte, para la ganancia de peso en becerras >38 Kg se observó una mayor ganancia en el GT a los 30 días de suplementación con respecto al GC (5.7 ± 0.2 vs 3.8 ± 0.7 ; respectivamente, ($P < 0.05$). Todos los grupos a los 50 días se aprecia una disminución de la ganancia de peso a través del tiempo ($P > 0.05$).

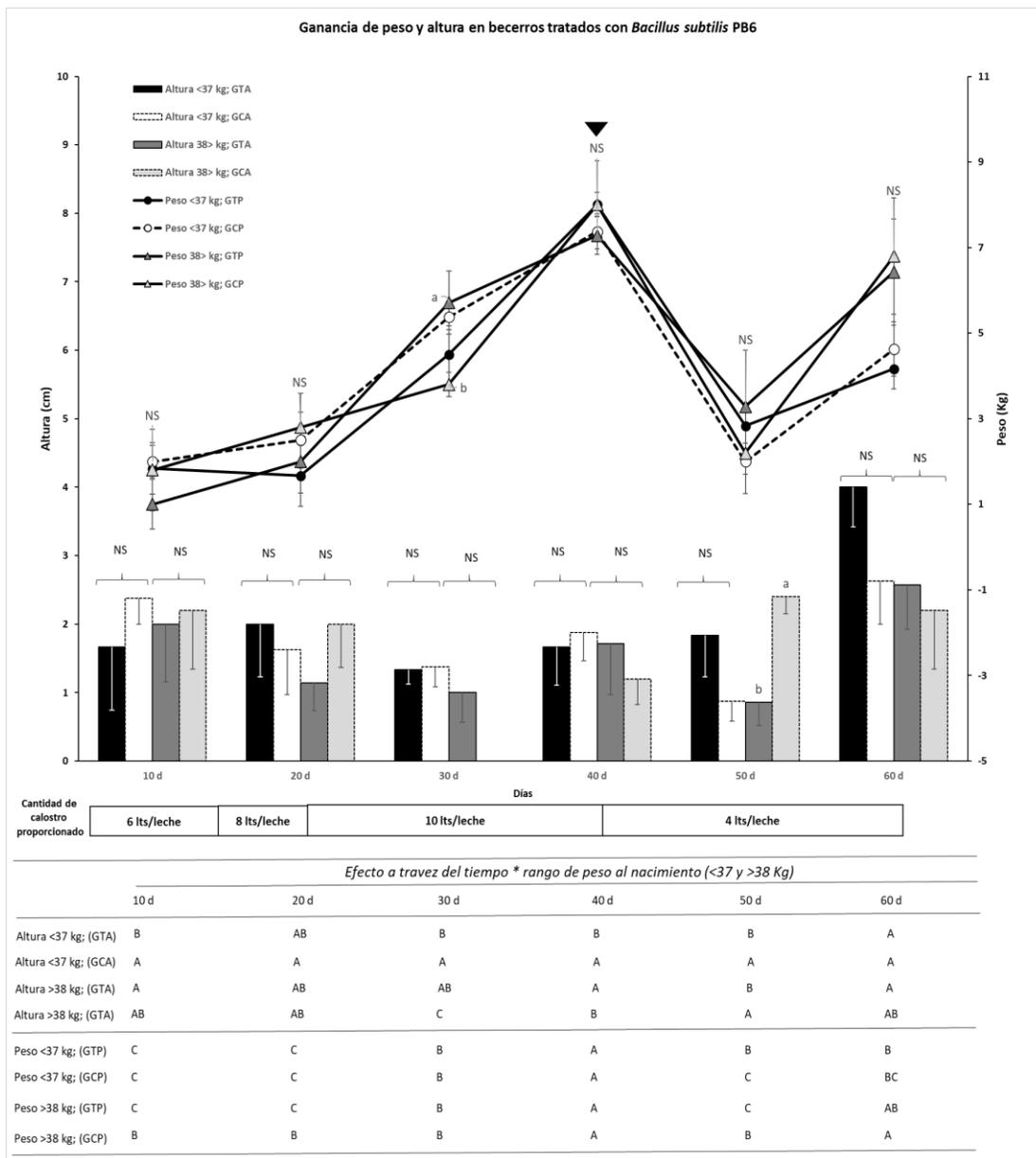


Figura 1. Ganancia de peso vivo (kg) y altura (cm) en becerros desde el nacimiento hasta el destete en animales <37 y >38 kg tratados con *Bacillus subtilis* PB6 (GTA, GCA, GTP, GCP; <37 y >38 kg; <37 y >38 kg; <37 y >38 kg; <37 y >38 kg). ▼, momento de reducción de la dieta líquida. a, b = difieren 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 ($P > 0.05$).

4.2. 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.

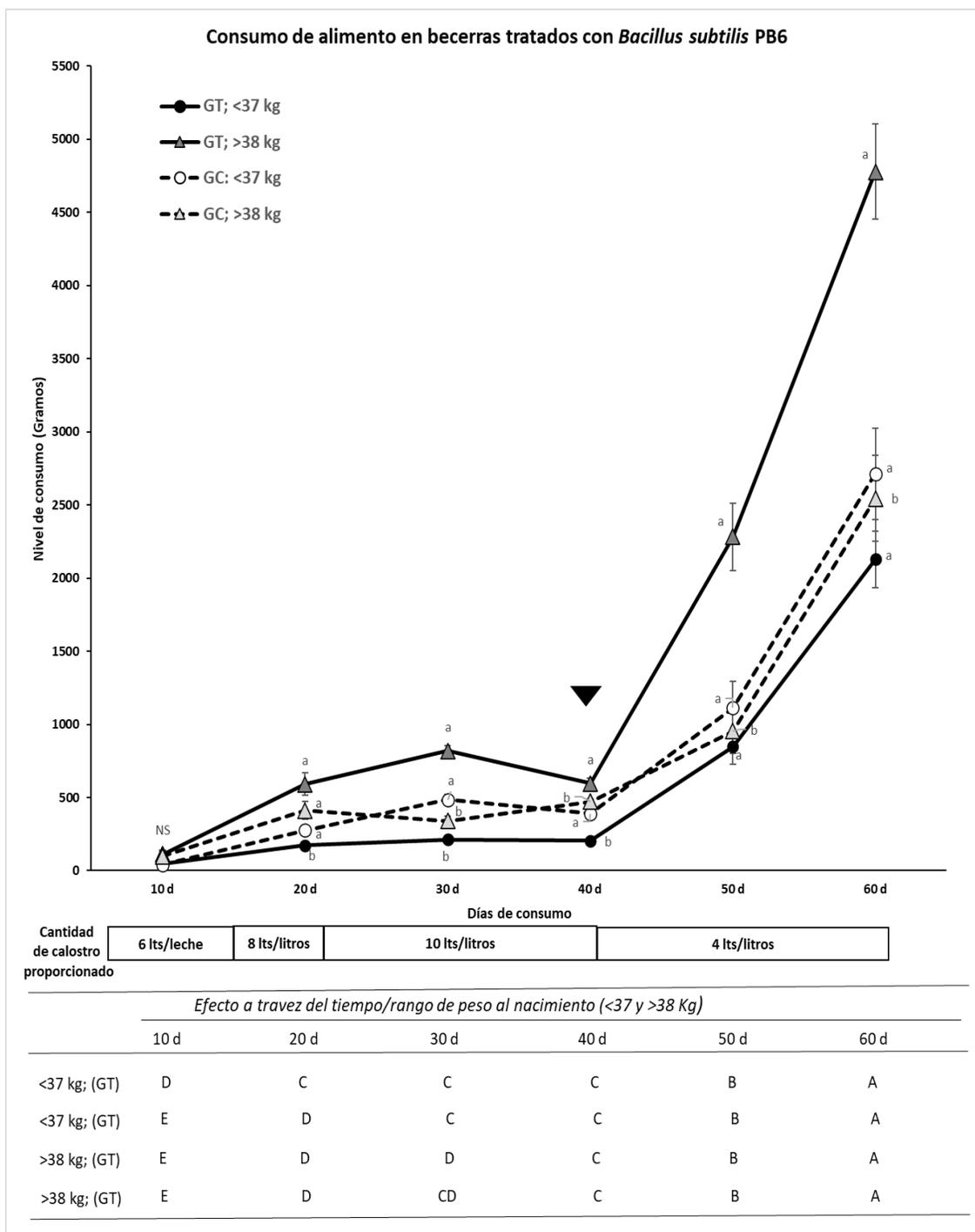


Figura 2. Consumo de alimento (Gramos) en becerras desde el nacimiento hasta el destete en animales <37 y >38 kg tratados con *Bacillus subtilis* PB6 (GTA, GTA, GTP, GCP; <37 y GTA, GTA, GTP, GCP; <38). ▼, momento de reducción de la

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 ($P > 0.05$).

4.3. Incidencia de enfermedades

El registro de enfermedades presentadas en las becerras durante los primeros 60 días se muestran en la tabla 3. No se encontró diferencia entre grupos del mismo rango de peso al nacimiento (<37 vs >38 kg; $P > 0.05$). Sin embargo, al compararlos entre grupo de peso se observó un mayor número de animales enfermos de neumonía en becerras GC<37 al nacimiento ($P < 0.05$) con respecto a los animales nacidos >38 kg independientemente del tratamiento (GT y GC). Para problemas neumónicos y combinación de neumonías y problemas digestivos no se encontró diferencia entre tratamientos (GT vs GC) y por rango de peso (<37 vs >38 kg; $P > 0.05$). Finalmente, observamos un efecto por rango de peso al nacimiento, independientemente de la suplementación, por ejemplo, el GC<37 mostraron el 100% (8/8) de algún tipo de enfermedad durante el periodo de estudio a comparación con los >38 kg que fue de 40% (2/5; $P < 0.05$).

Tabla 3. Registro de enfermedades en becerras Holstein con o sin suplementación de probiótico *Bacillus subtilis* PB6.

Grupos	<37 kg al nacimiento		>38 kg al nacimiento	
	GT <37	GC <37	GT >38	GC >38
Becerras con diarrea %	16.6 (1/6) ^{aAB}	50 (4/8) ^{aA}	0 (0/7) ^{aB}	0 (0/5) ^{aB}
Becerras con neumonía %	33.3 (2/6) ^{aA}	37.5 (3/8) ^{aA}	42.6 (3/7) ^{aA}	40 (2/5) ^{aA}
Becerras con diarrea + neumonía %	33.3 (2/6) ^{aA}	12.5 (1/8) ^{aA}	28.5 (2/7) ^{aA}	0 (0/4) ^{aA}
Total de becerras enfermas %	83.3 (5/6) ^{aAB}	100 (8/8) ^{aA}	71.4 (5/7) ^{aAB}	40 (2/5) ^{aB}

a, b = difieren estadísticamente entre columnas (P<0.05). A, B, = difieren estadísticamente entre filas (P<0.05).

5. DISCUSION

Se observó una ganancia de peso paulatina hasta los 40 días independientemente del tratamiento y el peso al nacimiento. Sin embargo, por el manejo del establo después de esta fecha se restringió el alimento líquido bajando hasta un 40% del consumo que tenían lo cual solo afectó a las becerras >38 kg teniendo una mejor ganancia en la altura de las becerras suplementadas con *Basillus Subtilis*. Existió una disminución de la ganancia de peso después de los 40 días esto debido al desafío al que fueron puestos al empezar a disminuir la ingesta de leche. Se ha descrito que le *B. subtilis* mejora la absorción o digestión (Reis *et al.*, 2017; Park *et al.*, 2018). Y esta ganancia de altura podemos relacionarla a un mayor consumo de alimento por parte del GT>38 que fue hasta dos veces mayor que los demás grupos. Quigley (1997) menciona que cuando una becerro Holstein consumo 1 Kg de alimento iniciador por día durante dos días consecutivos se puede tomar como un indicativo para realizar el destete. Referente a las becerras <37 kg al nacimiento podemos inferir que la dieta proporcionada pudo haber sido suficiente para cubrir sus necesidades nutricionales por tal motivo no tuvimos diferencias significativas en estos grupos (NRC, 2001). Independientemente del tratamiento bajo el sistema de manejo al cual fueron sometidas las becerras su consumo de alimento no influyó en las becerras nacidas con <37 kg. Es decir, 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. Lo cual probablemente hizo que su comportamiento alimenticio fuera 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. 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, 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. Esto se lo atribuimos al manejo realizado por el establo donde se les proporciona una cantidad establecida de leche, sin considerar el peso al nacimiento lo cual puede

tener implicaciones importantes en su posterior desarrollo. 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.

Los resultados obtenidos en la incidencia de enfermedades nos indican que los animales del grupo GT <37 tuvieron una ligera menor incidencia enfermedades en comparación con el grupo GT >38 (83.3 % vs 71%), a su vez el grupo GC <37 mostro una mayor incidencia de enfermedades en comparación del grupo GC >38 (100% vs 50%; $P < 0.05$). Sin embargo, en general el grupo GT no mostro diferencias entre rangos de peso al nacimiento, lo cual puede ser un indicativo de que la suplementación de *Bacillus subtilis* PB6 genero su efecto protector contra las bacterias patógenas (Jayaraman *et al.*, 2013). Se ha demostrado que la suplementación de *Bacillus subtilis* PB6 genera la capacidad de aumentar las concentraciones de *Lactobacillus* spp. a nivel intestinal (Teo y Tan, 2006). La incidencia de enfermedades encontrados en el presente estudio se asemeja a lo reportado por Gutiérrez (2019) y Reyes (2019), en los cuales se encontró una morbilidad de 83.3 y 88.2 respectivamente. Sin embargo, encontramos un efecto por rango de peso al nacimiento en las becerras del GC en animales nacidos >38 kg lo cual podemos atribuirlo a un mejor desarrollo de este grupo de animales. Todo lo anterior, nos indica que hay una alta tasa de morbilidad en la etapa de crianza, por tal motivo, utilizar alternativas que nos ayuden a promover el bienestar animal y favorecer el desarrollo animal es fundamental para el desarrollo de remplazos en las unidades de producción pecuarias.

6. CONCLUSION

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 aumentando al doble la cantidad de consumo de alimento. Así mismo, es importante hacer un ajuste en los hatos lecheros donde se proporciona una alimentación homogeneizada en las cantidades de leche proporcionada durante los primeros 40 días de vida y cambiarlo a una encaminada al peso vivo del animal.

7. LITERATURA CITADA

- Agudelo, G., Bedoya M. 2005. Composición nutricional de la leche de ganado vacuno. *Revista Lasallista de Investigación* 2:38-42. *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.
- 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.
- Baldwin, R. L. T., McLeod, K.R. 2000. Effects of diet forage:concentrate ratio and metabolizable energy intake on isolated rumen epithelial cell metabolism in vitro. *J Anim Sci* 78(3):771–783.
- Beharka, A. A., Nagaraja, T. G., Morrill, J. L., Kennedy, G. A. Klemm, R. D. 1998. Effects of form of the diet on anatomical, microbial, and fermentative development of the rumen of neonatal calves. *Journal of Dairy Science* 81:1946-1955.
- Besser, T.E., Gay, C.C., Pritchett, L. 1991. Comparison of 3 methods of feeding colostrum to dairy calves *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 198, pp. 419-422.

- Bush, L. J., Staley, T. E. 1980. Absorption of Colostral Immunoglobulins in Newborn Calves. *Journal of Dairy Science*, 63(4), 672–680.
- Calloway, C. D., Tyler, J. W., Tessman, R. K., Hostetler, D., & Holle, J. 2002. Comparison of refractometers and test endpoints in the measurement of serum protein concentration to assess passive transfer status in calves. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 221(11), 1605–1608.
- Cangiano, L.R., Yohe, T.T., Steele, M.A., Renaud, D.L. 2020. Invited Review: Strategic use of microbial-based probiotics and prebiotics in dairy calf rearing *Applied Animal Science* 36:630–651.
- 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.
- Castro, R. A. 2002. *Ganadería de Leche. Enfoque empresarial. Producción bovina.* Tomo I. Edit. Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica. pp. 285.
- Chavatte, P., Clement, F., Cash, R., Grognetv, J.F. 1998. Field determination of colostrum quality by using a novel, practical method *AAEP Proc.* 44, Lexington, KY, American Association of Equine Practitioners (AAEP), Baltimore, MD, pp. 206-209.
- Davis, C.L., Drackely, J.K. 1998. *The Development, Nutrition, and Management of the Young Calf* Iowa State University Press, Ames, IA.

- De Filippo, C., Cavalieri, D., Di Paola, M., Ramazzotti, M., Poullet, J.B., Massart, S., Collini, S., Pieraccini, G., Lionetti, P. 2010. Impact of diet in shaping gut microbiota revealed by a comparative study in children from Europe and rural Africa. *Proc Natl Acad Sci U S A* 107(33):14691–14696.
- De Moura, E. G., Lisboa, P. C., Passos, M. C. F. 2008. Neonatal Programming of Neuroimmunomodulation – Role of Adipocytokines and Neuropeptides. *Neuroimmunomodulation*, 15(3), 176–188.
- Deelen, S. M., Ollivett, T. L., Haines, D. M., Leslie, K. E. 2014. Evaluation of a Brix refractometer to estimate serum immunoglobulin G concentration in neonatal dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 97(6), 3838–3844.
- Dethlefsen, L., Huse, S., Sogin, M.L., Relman, D.A. 2008. The pervasive effects of an antibiotic on the human gut microbiota, as revealed by deep 16S rRNA sequencing. *PLoS Biol* 6(11):e280.
- Diao, Q., Zhang, R., Fu, T. 2019. Review of Strategies to Promote Rumen Development in Calves. *Animals*, 9(8), 490.
- Dias, J., Marcondes, M.I., Noronha, M.F., Resende, R.T., Machado, F.S., Mantovani, H.C., Dill-McFarland, K.A., Suen, G. 2017. Effect of Pre-weaning Diet on the Ruminal Archaeal, Bacterial, and Fungal Communities of Dairy Calves. *Front Microbiol* 8:1553.
- Dill-McFarland, K.A., Breaker, J.D., Suen, G., 2017. Microbial succession in the gastrointestinal tract of dairy cows from 2 weeks to first lactation. *Sci Rep* 7:40864.

- Eadie, J.M., Hobson, P.N., 1962. Effect of the presence or absence of rumen ciliate protozoa on the total rumen bacterial count in lambs. *Nature* 193:503–505.
- Evrard, B., Coudeyras, S., Dosgilbert, A., Charbonnel, N., Alame, J., Tridon, A., Forestier, C. 2011. Dose-dependent immunomodulation of human dendritic cells by the probiotic *Lactobacillus rhamnosus* Lcr35. *PLoS One* 6(4):e18735.
- 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.
- 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.
- Furman-Fratczak, K., Rzasa, A., Stefaniak, T. 2011. The influence of colostral immunoglobulin concentration in heifer calves' serum on their health and growth. *Journal of Dairy Science*, 94(11), 5536–5543.
- 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.
- Gasque, G. R. 2008. Enciclopedia bovina. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-UNAM. Cría de becerras lecheras. Primera Edición. Cap. 3. pp. 46-49.
- Gelsinger, S. L., Smith, A. M., Jones, C. M., Heinrichs, A. J. 2015. Technical note: Comparison of radial immunodiffusion and ELISA for quantification of bovine immunoglobulin G in colostrum and plasma. *Journal of Dairy Science*, 98(6), 4084–4089.
- Germán, A. J., Hall, E., Day, M. 2001. Immune cell population within the duodenal mucosa of dogs with enteropathies. *Journal of Veterinary Internal Medicine* 15:14-25.
- Godden, S. 2008. Colostrum Management for Dairy Calves. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*.24(1),19–39.
- 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.
- Gutiérrez, B.L.A. 2019. Salud en becerras Holstein lactantes suplementadas con *Bacillus subtilis* PB6. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, Torreón, Coahuila, México.

- Guzman, C.E, Bereza-Malcolm, L.T., De Groef, B., Franks, A.E. 2015. Presence of Selected Methanogens, Fibrolytic Bacteria, and Proteobacteria in the Gastrointestinal Tract of Neonatal Dairy Calves from Birth to 72 Hours. PLoS One 10(7):e0133048.
- Harbige, L. S., Pinto E., Allgrove J., Thomas, L.V. 2016. Immune response of healthy adults to the ingested probiotic *Lactobacillus casei* Shirota. Scandinavian Journal of Immunology 84(6):353-364.
- Heinrichs, A. J. Lesmeister, K. E. 2005. Editors. Rumen development in the dairy calf. In Calf and Heifer Rearing Eds. Garnsworthy P. C. pp.53-65.
- He, Z. X., Ferlisi, B., Eckert, E., Brown, H. E., Aguilar, A., Steele, M. A. 2017. Supplementing a yeast probiotic to pre-weaning Holstein calves: Feed intake, growth and fecal biomarkers of gut health. Animal Feed Science and Technology, 226, 81–87.
- Hernandez, D., Nydam, D. V., Godden, S. M., Bristol, L. S., Kryzer, A., Ranum, J., Schaefer, D. 2016. Brix refractometry in serum as a measure of failure of passive transfer compared to measured immunoglobulin G and total protein by refractometry in serum from dairy calves. The Veterinary Journal, 211, 82–87.
- Hong, H.A., Duc, L.H., Cutting, S.M. 2005. The use of bacterial spore formers as probiotics. FEMS Microbiol. Rev. 29, 813–835.

- 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.
- Jayaraman, S., Thangavel, G., Kurian, H., Mani, R., Mukkalil, R., Chirakkal, H. 2013. *Bacillus subtilis* PB6 improves intestinal health of broiler chickens challenged with *Clostridium perfringens*-induced necrotic enteritis. *Poultry Science*, 92(2), 370–374.
- Jernberg, C., Lofmark, S., Edlund, C., Jansson, J.K. 2007. Long-term ecological impacts of antibiotic administration on the human intestinal microbiota. *ISME J* 1(1):56–66.
- 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.
- Klevenhusen, F., Petri, R.M., Kleefisch, M.T., Khiaosa-Ard, R., Metzler-Zebeli, B.U., Zebeli, Q. 2017. Changes in fibre-adherent and fluid-associated microbial communities and fermentation profiles in the rumen of cattle fed diets differing in hay quality and concentrate amount. *FEMS Microbiol Ecol* 93(9).
- Krehbiel, C.R., Rust, S.R., Zhang, G., Gilliland, S.E. 2003. Bacterial direct-fed microbials in ruminant diets: Performance response and mode of action. *J. Anim. Sci.* 81, 120–132.

- Kritas, S. K., Morrison, R. B. 2005. Evaluation of probiotics as a substitute for antibiotics in a large pig nursery. *Vet. Rec.* 156:447–448.
- Kumar, U., Sareen, V.K.; Singh, S. 1994. Effect of *Saccharomyces cerevisiae* yeast culture supplement on ruminal metabolism in buffalo calves given a high concentrate diet. *Anim. Prod.* 59, 209–215.
- Kwon, H.K, Lee, C.G., So, J.S., Chae, C.S., Hwang, J.S., Sahoo, A., Nam, J.H., Rhee, J.H., Hwang, K.C., Im, S.H. 2010. Generation of regulatory dendritic cells and CD4+Foxp3+ T cells by probiotics administration suppresses immune disorders. *Proc Natl Acad Sci U S A* 107(5):2159–2164.
- Laarman, A.H, Oba, M. 2011. Short communication: Effect of calf starter on rumen pH of Holstein dairy calves at weaning. *J Dairy Sci* 94(11):5661–5664.
- Laarman, A.H., Ruiz-Sanchez, A.L., Sugino ,T., Guan, L.L., Oba, M. 2012. Effects of feeding a calf starter on molecular adaptations in the ruminal epithelium and liver of Holstein dairy calves. *J Dairy Sci* 95(5):2585–2594.
- Malmuthuge, N. 2016. Role of Commensal Microbiota in Neonatal Calf Gut Development (Thesis). Education and Research Archives.
- Malmuthuge, N., Griebel, P.J, Guan, L. 2014. Taxonomic identification of commensal bacteria associated with the mucosa and digesta throughout the gastrointestinal tracts of preweaned calves. *Appl Environ Microbiol* 80(6):2021–2028.

- Markowiak, P., Śliżewska, K. 2017. Effects of probiotics, prebiotics, and synbiotics on human health. *Nutrients* 9:1021.
- Maslowski, K.M., Mackay, C.R. 2011. Diet, gut microbiota and immune responses. *Nat Immunol* 12(1):5–9.
- McCann, J.C., Luan, S., Cardoso, F.C., Derakhshani, H., Khafipour, E., Loor, J.J. 2016. Induction of Subacute Ruminant Acidosis Affects the Ruminant Microbiome and Epithelium. *Front Microbiol* 7:701.
- Meale, S.J., Li, S., Azevedo, P., Derakhshani, H., Plaizier, J.C., Khafipour, E., Steele, M.A. 2016. Development of Ruminant and Fecal Microbiomes Are Affected by Weaning But Not Weaning Strategy in Dairy Calves. *Microbiol delantero* 7 : 582.
- 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.
- Morril, J. L. 1992. The calf: birth to 12 weeks. In: Large dairy herd management. H.H. Van Horn y C.J. Wilcox, Eds. ADSA, Champaign, IL pp 401.
- NAHMS. Health and Management Practices on US Dairy Operations, 2014. https://www.aphis.usda.gov/animal_health/nahms/dairy/downloads/dairy14/Dairy14_dr_PartIII.pdf (2014), Accessed Jun 2020.

- Nocek, J. E., Heald, C. W., Polan, C. E. 1984. Influence of ration physical form and nitrogen availability on ruminal morphology of growing bull calves. *Journal of Dairy Science* 67:334-340.
- NRC. 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.
- 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.
- Park, J. H., Yun, H. M., Kim, I. H. 2017. The effect of dietary *Bacillus subtilis* supplementation on the growth performance, blood profile, nutrient retention, and caecal microflora in broiler chickens. *Journal of Applied Animal Research*, 46(1), 868–872.
- 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.
- Perdigón, G., De Macias M. E., Álvarez S., Oliver, G. De Ruiz H. A. A. 1986. Effect of perorally administered lactobacilli on macrophage activation in mice. *Infection and Immunity* 53(2):404-410.
- Petri, R.M., Schwaiger, T., Penner, G.B., Beauchemin, K.A., Forster, R.J., McKinnon, J., McAllister, T.A. 2013. Changes in the rumen epimural bacterial diversity of beef cattle as affected by diet and induced ruminal acidosis. *Appl Environ Microbiol* 79(12):3744–3755.

Quigley, J. 2003. Desarrollo ruminal en becerras.

<http://www.cigal.biz/desarrolloruminal.html>. Consultado el 25 de marzo 2021.

Quigley, J.D.1997. Replacement heifers from birth to weaning. Western Dairy Management Conference. March 13-15, Las Vegas, Nevada, USA. pag. 23-34.

Raabis, S., Li, W., Cersosimo, L. 2019. Effects and immune responses of probiotic treatment in ruminants. Veterinary Immunology and Immunopathology.

Ramírez, J.L., Quiriagua, A., Rodríguez, T., Torres, Y. 2008. Evaluación del peso vivo estimado con el uso de medidas corporales de becerros de doble propósito. Revista Científica UDO Agrícola 8 (1): 132-137.

Reis, M. P., Fassani, E. J., Júnior, A. A. P. G., Rodrigues, P. B., Bertechini, A. G., Barrett, N., Schmidt, C. J. 2017. Effect of *Bacillus subtilis* (DSM 17299) on performance, digestibility, intestine morphology, and pH in broiler chickens. *The Journal of Applied Poultry Research*, 26(4), 573–583.

Renaud, D. L., Duffield, T. F., LeBlanc, S. J., & Kelton, D. F. (2018). Short communication: Validation of methods for practically evaluating failed passive transfer of immunity in calves arriving at a veal facility. *Journal of Dairy Science*. doi:10.3168/jds.2018-14723

Rey, M., Enjalbert, F., Combes, S., Cauquil, L., Bouchez, O., Monteils, V. (2014). Establishment of ruminal bacterial community in dairy calves from birth to

weaning is sequential. *J Appl Microbiol* 116(2):245–257. doi:
10.1111/jam.12405

Reyes, R.A. 2019. Morbilidad de diarreas en becerras lecheras y su efecto en su desarrollo. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, Torreón, Coahuila, México.

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

Saucedo, J. S., Avendaño L., Álvarez F. D., Rentería T. B., Moreno J. F. y Montaña M. F. (2005). Comparación de dos sustitutos de leche en la crianza de becerras Holstein en el valle de Mexicali, B.C. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 39(2):147-152.

Schaffer, A. P., Larson, R. L., Cernicchiaro, N., Hanzlicek, G. A., Bartle, S. J., Thomson, D. U. (2016). The association between calthood bovine respiratory disease complex and subsequent departure from the herd, milk production, and reproduction in dairy cattle. *Journal of the American*

Veterinary Medical Association, 248(10), 1157–1164.

doi:10.2460/javma.248.10.1157

Schingoethe, D. J., García, 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.

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. 9224-9235.
<https://doi.org/10.3168/jds.2019-16829>

Shanks, O.C., Kelty, C.A., Archibeque, S., Jenkins, M., Newton, R.J., McLellan, S.L., Huse, S.M., Sogin, M.L. (2011). Community structures of fecal bacteria in cattle from different animal feeding operations. *Appl Environ Microbiol* 77(9):2992–3001. doi: 10.1128/AEM.02988-10

Smith, G. (2015). Antimicrobial Decision Making for Enteric Diseases of Cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 31(1), 47–60.
doi:10.1016/j.cvfa.2014.11.004

Solórzano, C. L. (2007). Alimentación con sustituto de leche a las becerras lecheras. *Carta Ganadera*. 235:182.

Song, Y., Malmuthuge, N., Steele, M. A., Guan, L. L. (2017). Shift of hindgut microbiota and microbial short chain fatty acids profiles in dairy calves from

birth to pre-weaning. *FEMS Microbiology Ecology*.

doi:10.1093/femsec/fix179

- 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
- Suárez, B. J., Van Reenen, C. G., Beldman, G., Van Denle, J., Dijkstra, J. W. Gerrits, J. J. (2006). Effects of supplementing concentrates differing in carbohydrate composition in veal calf diets: I. Animal performance and rumen fermentation characteristics. *Journal of Dairy Science* 89:4365-4375.
- Suárez, B. J., Van Reenen, C. G., Stockhofe, N., Dijkstra, J. Gerrits, W. J. J. (2007). Effect of Roughage Source and Roughage to Concentrate Ratio on Animal Performance and Rumen Development in Veal Calves.
- Svensson, C., Hultgren, J. (2008). Associations Between Housing, Management, and Morbidity During Rearing and Subsequent First-Lactation Milk Production of Dairy Cows in Southwest Sweden. *Journal of Dairy Science*, 91(4), 1510–1518. doi:10.3168/jds.2007-0235
- Tamate, H., MCGuilliard, A., Jacobson, N., Getty, R. (1962). Effect of various dietaries on the anatomical development of the stomach in the calf. *Journal of Dairy Science* 45:408-420.

- Tan, A. Y. (2007). Evaluation of the Performance and Intestinal Gut Microflora of Broilers Fed on CornSoy Diets Supplemented With Bacillus subtilis PB6 (CloSTAT)1. Singapore. DF.
- Teo, A. Y.-L., & Tan, H.-M. (2006). Effect of Bacillus subtilis PB6 (CloSTAT) on Broilers Infected with a Pathogenic Strain of Escherichia coli. *The Journal of Applied Poultry Research*, 15(2), 229–235. doi:10.1093/japr/15.2.229
- 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
- Vandenbergh, P. (1993). Lactic acid bacteria, their metabolic products and interference with microbial growth. *FEMS Microbiology Reviews* 12:221-238.
- Vimala, Y. and Dileep, P. (2006). Some aspects of probiotics. *Indian Journal of Microbiology* 46:1-7.

- Waltner-Toews, D., Martin, S. W., Meek, A. H., McMillan, I. (1986). Dairy calf management, morbidity and mortality in Ontario Holstein herds. I. The data. *Preventive Veterinary Medicine*, 4(2), 103–124. doi:10.1016/0167-5877(86)90017-6
- 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
- Warner, A.C. (1956). Criterios para establecer la validez de estudios in vitro con microorganismos ruminales en los denominados sistemas ruminales artificiales. *J Gen Microbiol* 14 (3): 733–748. doi: 10.1099 / 00221287-14-3-733
- Wells, S. J., Dargatz, D. A., & Ott, S. L. (1996). Factors associated with mortality to 21 days of life in dairy heifers in the United States. *Preventive Veterinary Medicine*, 29(1), 9–19. doi:10.1016/s0167-5877(96)01061-6
- Windeyer, M. C., Leslie, K. E., Godden, S. M., Hodgins, D. C., Lissemore, K. D., LeBlanc, S. J. (2014). Factors associated with morbidity, mortality, and growth of dairy heifer calves up to 3 months of age. *Preventive Veterinary Medicine*, 113(2), 231–240. doi:10.1016/j.prevetmed.2013.10.019
- Xiao, J.X., Alugongo, G.M., Chung, R.; Dong, S.Z.; Li, S.L., Yoon, I., Wu, Z.H.,Cao, Z.J. (2016). Effects of *Saccharomyces cerevisiae* fermentation products on

dairy calves: Ruminal fermentation, gastrointestinal morphology, and microbial community. *J. Dairy Sci.* 99, 5401–5412.

Yang, M., Zou, Y., Wu, Z. H., Li, S. L., & Cao, Z. J. (2015). Colostrum quality affects immune system establishment and intestinal development of neonatal calves. *Journal of Dairy Science*, 98(10), 7153–7163.

doi:10.3168/jds.2014-9238

Yañez-Ruiz, D.R., Abecia, L., Newbold, C.J. (2015). Manipulating rumen microbiome and fermentation through interventions during early life: a review. *Front Microbiol* 6:1133. doi: 10.3389/fmicb.2015.01133

Yañez-Ruiz, D.R., Macias, B., Pinloche, E., Newbold, C.J. (2010). The persistence of bacterial and methanogenic archaeal communities residing in the rumen of young lambs. *FEMS Microbiol Ecol* 72(2):272–278. doi: 10.1111/j.1574-6941.2010.00852.x

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/macía/OneDrive/Escritorio/libro%20sobre%20desarrollo%20de%20becerras%20(animals).pdf

Zukiewicz-Sobczak, W., Wroblewski P., Adamczuk P., Silny W. (2014). Probiotic

lactic acid bacteria and their potential in the prevention and treatment of allergic diseases. Central European Journal Immunology 39(1):104-108.