

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



Efecto de la suplementación de *Bacillus subtilis* PB6 sobre la ganancia de peso y altura en becerras Holstein

Por:

MAYRA DIAZ DE SANTIAGO

Tesis

Que presenta como requisito parcial para obtener el título de:

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Torreón, Coahuila

Septiembre, 2022

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

Efecto de la suplementación de *Bacillus subtilis* PB6 sobre la ganancia de peso y altura en becerras Holstein

Por:

MAYRA DIAZ DE SANTIAGO

TESIS

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

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

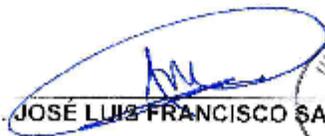
Aprobada por:


Dr. Juan Manuel Guillen Muñoz
Presidente


Dra. Zensaday Santos Jiménez
Vocal


Dr. Ramiro González Avalos
Vocal


MC. Blanca Patricia Peña Revuelta
Vocal Suplente


MC. JOSÉ LUIS FRANCISCO SANDOVAL ELÍAS
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



Torreón, Coahuila
Septiembre, 2022

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

Efecto de la suplementación de *Bacillus subtilis* PB6 sobre la ganancia de peso y altura en becerras Holstein

Por:

MAYRA DIAZ DE SANTIAGO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título del:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Juan Manuel Guillen Muñoz
Asesor Principal



Dra. Zurisaday Santos Jiménez
Asesor Principal Externo



Dr. Ramiro González Avalos
Coasesor



MC. JOSÉ LUIS FRANCISCO SANDOVAL ELÍAS
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



Torreón, Coahuila
Septiembre, 2022

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por no dejarme nunca sola en este camino y por darme la oportunidad de por fin realizarme como tanto lo soñé. Gracias por permitirme vivir este momento.

Gracias a mi familia por siempre estar, por todos los sacrificios que se hicieron para poder llegar hasta esta instancia nunca voy a poder pagar lo que hicieron por nosotros.

A mis compañeros, especialmente a Beto, por ser mi mejor amigo y estar siempre que te necesitaba.

Gracias a mi universidad, a mi Narro, que siempre llevo en el corazón, gracias por haberme permitido formarme en ella.

A mis asesores, por guiarme en esta investigación y tenerme paciencia siempre.

DEDICATORIA

A Dios, que me dio la fuerza para seguir adelante a pesar de todos los problemas que se presentaron a lo largo de mi carrera universitaria y después de terminarla.

A mi Madre, quien me alentó siempre y que creyó en mi cuando muchos dudaron que lo lograría. Gracias mamá por tus palabras de aliento, por tu apoyo incondicional y tu amor infinito.

A mi Padre, por apoyarme siempre y buscar sacarnos adelante a mis hermanos y a mí. Espero que esto lo llene de orgullo.

A mis hermanos. Manuel, por acompañarme en este largo camino por no dejarme jamás sola y por enseñarme que soy capaz de hacer lo que yo me proponga. A mi hermanito pequeño, que siempre estuvo presente a pesar de la distancia.

A mi hijo Saúl, quien se ha convertido en mi mayor motivación para seguir adelante y poder llegar a ser un ejemplo en su vida.

A mi esposo, por no dejarme sola en los momentos que más lo necesito y por ese apoyo incondicional que siempre me das.

Y a mí ALMA MATER, por esos años tan bonitos donde tantos de nosotros pasamos para poder formarnos y lograr nuestros sueños. A mis maestros por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión, a todas gracias.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT	vi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. HIPÓTESIS	2
3. OBJETIVO GENERAL	2
4. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
4.1. Importancia de la producción de leche en México	3
4.2. Sistema de producción de bovinos	4
4.3. Sistema de crianza artificial.....	5
4.4. Calostro	6
4.5. Principales enfermedades al nacimiento y desarrollo del neonato	7
4.6. Sistema digestivo de la becerro	8
4.6.1. Fase de pre-rumiante	9
4.6.2. Fase de transición	10
4.6.3. Fase de rumiante.....	10
4.7. Requerimientos nutricionales en la becerro	11
4.8. Colonización de la microbiota intestinal	12
4.8.1. Bacterias.....	13
4.8.2. Protozoarios	13
4.8.3. Hongos	14
4.9. Suplementación con probióticos	15
5. MATERIALES Y METODOS	18
5.1. Especificaciones Generales	18
5.2. Localización del experimento	18
5.3. Grupos y tratamientos	18
5.4. Variables evaluadas	19
5.5. Análisis estadísticos	19
6. RESULTADOS	20
6.1. Ganancia de peso y altura	20
7. Discusión	22
8. Conclusión.....	24
9. LITERATURA CITADA.....	25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estados con mayor población de bovinos en México para el año 2020...	3
Figura 2. Representación gráfica de los estados con mayor producción de leche en el año 2020.....	4
Figura 3. Sistema de producción intensivo en la Comarca Lagunera.	5
Figura 4. Diferenciación de los diferentes compartimentos del estómago en el rumiante.	9
Figura 5. Ganancia de peso vivo (kg) en becerras desde el nacimiento hasta el destete.	20
Figura 6. Ganancia de altura (cm) en becerras desde el nacimiento hasta el destete.	21

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar si la suplementación con *Bacillus subtilis* mejora la ganancia de peso y la altura en beceras neonatas. Se seleccionaron 26 beceras de manera aleatoria, divididas en dos tratamientos (GT y GC), 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. Los tratamientos 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). De acuerdo con nuestros resultados pudimos observar que no existió diferencia estadística en la ganancia de peso en las beceras con <37kg en ninguno de los dos grupos al igual que en las nacidas con >38, en ninguno de los dos grupos ($P>0.05$). Sin embargo, en la observación del día 30 obtuvimos una diferencia estadística en la ganancia de peso para el GT sobre el GC; (5.7 ± 0.2 vs 3.8 ± 0.7 ; respectivamente, $P<0.05$). En conclusión, el uso de *Bacillus subtilis* PB6 puede mejorar la ganancia de peso a los 30 días de vida en beceras que nacen con peso >38 kg. 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 60 días de vida y cambiarlo a una encaminada al peso vivo del animal.

Palabras clave: Suplementación, Becerras, Probiótico, Ganancia de peso, Tratamiento, Calostro.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate whether *Bacillus subtilis* supplementation improves weight gain and height in neonatal calves. 26 calves were randomly selected, divided into two treatments (GT and CG), the animals had a range of birth weight between 29 to 50 Kg. The first intake of colostrum was made within the first hour of life (3 L per dose, with a quality of > 50 mg / mL of immunoglobulin G) and 6 h after the first dose, a second with the same characteristics was administered. The treatments were: Control Group with animals with a birth weight of < 37 Kg and > 38 Kg (without supplementation) and Treatment Group with animals of < 37 Kg and > 38 kg (10g/calf/day of *B. subtilis* PB6 in colostrum and whole milk). According to our results, we could observe that there was no statistical difference in weight gain in calves with <37kg in either of the two groups, as well as in those born with >38, in neither of the two groups ($P>0.05$). However, in the observation of day 30 we obtained a statistical difference in weight gain for the GT over the CG; (5.7 ± 0.2 vs 3.8 ± 0.7 ; respectively, $P<0.05$). In conclusion, the use of *Bacillus subtilis* PB6 can improve weight gain at 30 days of life in calves that are born weighing >38 kg. Likewise, it is important to make an adjustment in dairy herds where a homogenized feed is provided in the amounts of milk provided during the first 60 days of life and change it to one aimed at the live weight of the animal.

Keywords: Supplementation, Calves, Probiotic, Weight gain, Treatment, Colostrum.

1. INTRODUCCIÓN

El sector pecuario representa el 40% del producto interno bruto (PIB) agrícola, este genera empleo para aproximadamente mil trecientos millones de personas y resulta en el sustento de millones de familias en todo el mundo (Steinfeld *et al.*, 2006). Por otro lado, según las proyecciones realizadas en los últimos años se sabe que la demanda de alimento de origen animal incrementara debido al aumento de personas en el mundo (9.5 mil millones; Menchaca, 2020; Rivero *et al.*, 2021). Por lo anterior, la producción de productos derivados de los bovinos como son carne, leche, queso y yogurt, serán los más solicitados, lo que se traduce en la importancia de mejorar el sistema productivo.

En México la producción de leche de bovinos se concentra principalmente en Jalisco y la Comarca Lagunera de Coahuila y Durango, con un promedio de 2 millones de litros al año (SIAP, 2021). Sin embargo, para el mantenimiento de este sistema se utiliza razas especializadas en producción de leche como es la raza Holstein (Loera & Banda 2017)., derivado al número de animales en producción y el manejo de las hembras gestantes, cuando están paren se utiliza el sistema de crianza artificial que consiste en la separación del ternero de la vaca, siempre teniendo en cuenta que el ternero haya mamado la mayor cantidad de calostro (Stockler, 2014). Este alimento indispensable para el neonato contiene una gran cantidad de inmunoglobulinas, carbohidratos, grasa y proteínas, mismas que son esenciales para iniciar el metabolismo (Morril *et al.*, 2012). Es por ello, que se sugiere el uso de probióticos hechos de bacterias ácido lácticas, para evitar y disminuir problemas gastrointestinales y así mismo promover la ganancia de peso de las becerras (Landa-Salgado *et al.*, 2019). Al mejorar la ganancia de peso se podrá destetar al tiempo ideal para comenzar con su transición a rumiante. El objetivo de nuestra investigación fue evaluar si la suplementación con *Bacillus subtilis* mejora la ganancia de peso y la altura cuando se suplementa a becerras neonatas Holstein.

2. HIPÓTESIS

La suplementación con *Bacillus subtilis* PB6 mejorara el peso y altura en becerras Holstein Friesian, durante el periodo de lactancia.

3. OBJETIVO GENERAL

El objetivo de esta investigación fue evaluar si la suplementación con *Bacillus subtilis* mejora la ganancia de peso y la altura en becerras neonatas.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Importancia de la producción de leche en México

México para el año 2020 (año de la última actualización del Sistema Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) cuenta con una población nacional de 2,606,311 cabezas de ganado, los principales estados con mayor número de cabezas de ganado se pueden observar en la figura 1, donde observamos que el estado de Jalisco cuenta con 386,899; pero cuando juntamos los datos de la Región Lagunera que comprende municipios de Coahuila y Durango el número incrementa a 506,217. Además de esto en los datos de producción de leche muestran que el estado de Jalisco es el mayor productor de leche con 2,629.686 miles de litros de leche para el año 2020. por otro lado, aunque no existen datos agrupados sobre los litros de leche producidos al año en la región lagunera, el estado de Coahuila produce 1,461,595 miles de litros de leche y el estado de Durango 1,293,524. Siendo estos los estados con más producción seguidos de Chihuahua y Guanajuato. Tal como se muestra en la figura 2.

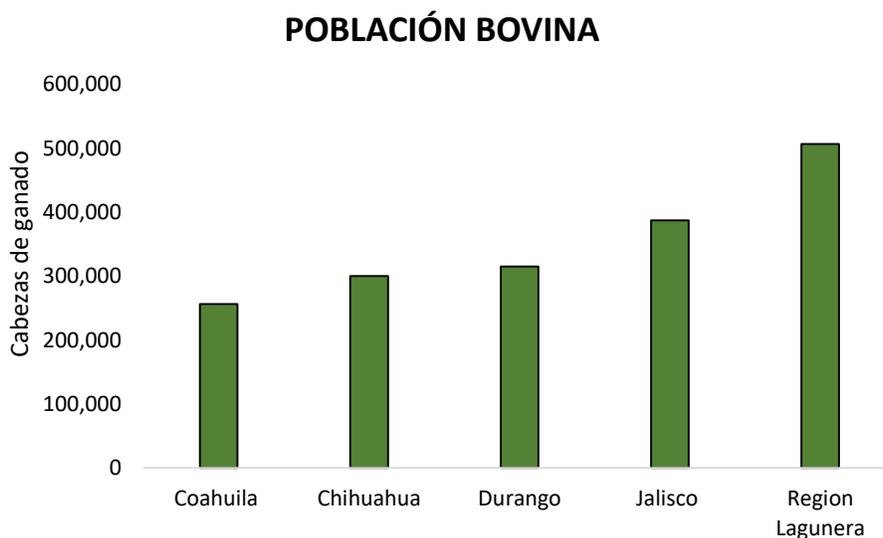


Figura 1. Estados con mayor población de bovinos en México para el año 2020 (SIAP, 2020).

Por otro lado, aunque no existen datos agrupados sobre los litros de leche producidos al año en la región lagunera, el estado de Coahuila produce 1,461,595 miles de litros de leche y el estado de Durango 1,293,524. Siendo estos los estados con más producción seguidos de Chihuahua y Guanajuato (figura 2).

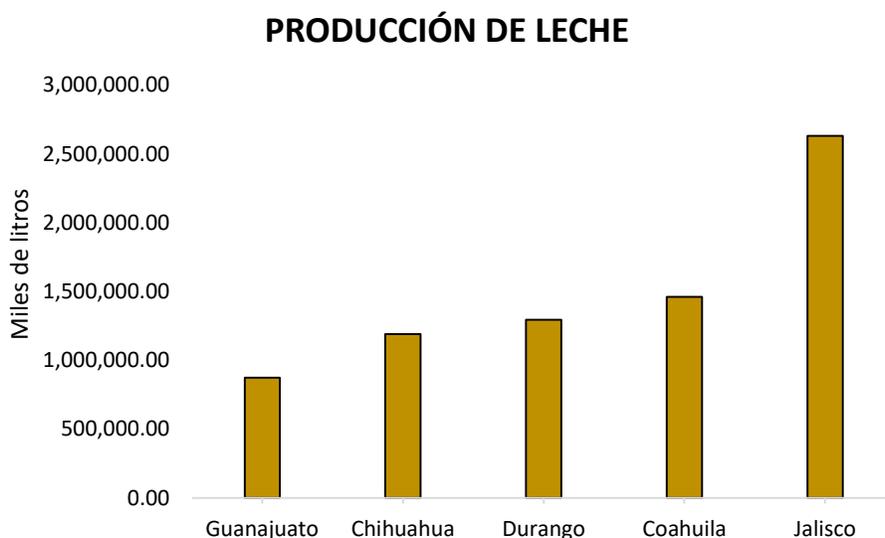


Figura 2. Representación gráfica de los estados con mayor producción de leche en el año 2020 (SIAP, 2020).

4.2. Sistema de producción de bovinos

En la comarca Lagunera el sistema de producción de leche se caracteriza por explotaciones con gran cantidad de vacas en producción en promedio 1000 hembras, así como poseer su propio sistema de producción de forrajes.

El sistema de producción es el intensivo en el cual a las vacas se les mantienen en estabulación el cual puede consistir en dos métodos el primero denominado fijo en el cual los animales permanecen en el mismo sitio durante toda su vida productiva, en segundo lugar, el denominado “libre” en que a los animales se le acondicionan corrales en los cuales pueden tener zonas de descanso, zonas de ejercicio y zonas de alimentación tal como se muestra en la figura 3 (Patiño & Ortega 2013).

En este tipo de sistemas la raza especializada que se utiliza para una mayor producción de leche es la raza Holstein, misma que se trata de aclimatar a las condiciones del medio ambiente siendo el estrés calórico una de sus principales limitantes en su producción.



Figura 3. Sistema de producción intensivo en la Comarca Lagunera.

4.3. Sistema de crianza artificial

Este sistema está principalmente orientado al cuidado y alimentación de los terneros desde el inicio de su lactancia esto para que se logren adaptar a una dieta sólida lo antes posible. Cuando hablamos de sistemas de reemplazo normalmente existe un promedio de crianza que va de 8 semanas a diferencia de los machos donde existe un rango de entre 3 a 8 semanas (Ybalmea, 2015).

La alimentación de las terneras durante su periodo de crianza consiste principalmente en una primera fase en la cual se proporciona calostro seguida de una dieta líquida a base de leche o sustituto de calostro, posteriormente ya viene una fase en la cual se empieza a dar alimento concentrado y forraje siempre

cuidando una adecuada proporción de agua a libre acceso (Revisado por Nemocón-Cobos *et al.*, 2020).

Al nacimiento del ternero esté es separado de la vaca y ahí es cuando comienza lo que se conoce como la crianza artificial dentro de esto siempre es importante tomar en cuenta que el ternero tome la cantidad adecuada de calostro durante las primeras 6 horas de vida. Cuando nos aseguremos de un adecuado calostro del ternero posteriormente comenzará lo que se conoce como crianza artificial en la cual se le dará todos sus requerimientos nutricionales para que tenga un adecuado desarrollo y crecimiento hasta su destete (Godden, 2008). El alojamiento de las terneras en los corrales de crianza estas deben de estar libres de humedad, tener una adecuada ventilación e impedir que estas estén expuestas a las condiciones medioambientales como es el Sol o la lluvia. En algunos hatos la lotificación de las terneras en los corrales es de acuerdo con la edad y peso. Una vez lotificadas estas pueden ser alojadas dentro de las corraletas comunes o individuales. La etapa de vida que comprende desde el nacimiento hasta los 3 meses es de suma importancia ya que esto va a determinar su potencial productivo y desarrollo (Stockler, 2014; Nùñez, 2018).

4.4. Calostro

Las terneras neonatas es indispensable que adquieran una inmunidad pasiva (anticuerpos) esto para poder combatir los microorganismos que se encuentran en el ambiente, esto es suministrado por la madre a través del calostro. La primera secreción de la glándula mamaria por parte de la madre es lo que se conoce como calostro. Esta secreción contiene gran cantidad de inmunoglobulinas, proteínas, grasas y carbohidratos que le sirven al neonato como su principal fuente de alimento y energía durante sus primeras horas de vida (Morril *et al.*, 2012). El ternero durante sus primeras horas de vida es indispensable que se administre una cantidad de adecuada de calostro ya que después de ese tiempo empieza a decrecer sobre todo la cantidad de proteína en el calostro y se ha podido observar que después de 6 horas llega a reducirse hasta un 17%. Además, después de este tiempo empieza a

ver dificultades en el paso de las inmunoglobulinas al intestino delgado lo cual imposibilita una adecuada absorción de las mismas (Inagaki *et al.*, 2014).

Un calostro de buena calidad debes de tener por lo menos 50 g por litro de inmunoglobulinas y no superar más de 100 000 UFC/mL de recuento bacteriano. Un ternero recién nacido debe de ingerir por lo menos entre 150 a 200 g de inmunoglobulinas durante sus primeras 6 horas de vida. Lo más recomendable es que el suministro de calostro sea de acuerdo con su peso corporal es decir entre 10 a 12%. Sin embargo, por cuestiones de manejo se suele administrar entre 3 a 4 L de calostro de buena calidad por animal en dos tomas (Stockler, 2014).

Existen algunas limitantes de la cantidad de inmunoglobulinas presentes en el calostro esto se ha visto que está relacionado con la edad de la madre, es decir, animales de tercer parto llegan a encontrarse cantidades que van de 107,4 a 113,3 mg ml⁻¹, mientras que vacas de primer o segundo parto se ha reportado cantidades que van de (83,5 a 92,9 mg ml⁻¹). Lo cual se relaciona directamente a que una vaca adulta puede presentar un desarrollo inmunitario completo (Landa-Salgado *et al.*, 2019).

4.5. Principales enfermedades al nacimiento y desarrollo del neonato

Unas de las principales enfermedades que afectan los primeros días de vida de las terneras están relacionadas principalmente con neumonía y diarrea. Por lo tanto, es de suma importancia cuidar y dar un adecuado manejo durante este período crítico de vida (Ballina, 2010). Las principales causas de mortalidad en las terneras antes del destete son de un 8% y está relacionado principalmente con diarreas las cuales contribuyendo alrededor del 60% de las muertes en este periodo, seguida de enfermedades respiratorias con un 22.5% (Rocha *et al.*, 2019).

Las enfermedades digestivas en las terneras normalmente cursan con una signología característica con un cuadro de deshidratación, heces líquidas, postración y en algunos casos la muerte. Estos cuadros diarreicos suelen estar relacionados con agentes etiológicos combinados como pueden ser protozoarios,

virus o bacterias. En algunos casos siendo un solo agente como puede ser *Rotavirus*, *Salmonella* y *E. coli* (Rocha *et al.*, 2019).

Debido a todo lo anterior, se desarrollan nuevas tecnologías cómo es el uso de probióticos los cuales están fabricados a base de bacterias lactogénicas, esto para tratar de disminuir los trastornos gástricos y poder tener buenas ganancias de peso en las terneras (Landa-Salgado *et al.*, 2019). Es de suma importancia disminuir la incidencia de enfermedades durante el periodo de crianza hasta antes del destete esto debido a que tiene una relación directa sobre su futura como vaca productora de leche, específicamente en su primera lactancia (Quisirumbay-Gaibor *et al.*, 2020).

4.6. Sistema digestivo de la becerra

Es importante entender el manejo de la crianza y poder comprender todos los ciclos biológicos y las etapas relacionadas con el desarrollo y el crecimiento de las terneras, esto está relacionado con su futuro manejo (Rodríguez *et al.*, 2017).

La primera etapa de vida de las becerras éstas son consideradas como monogástricas debido a que aún no existe un desarrollo del rumen, por lo tanto, la leche pasa a través de una canaladura esofágica conocida como gotera esofágica. En esta etapa el abomaso ocupa cuatro veces la capacidad del rumen posteriormente después de las 12 semanas el rumen llega a tener su tamaño final (González *et al.*, 2017; Figura 4). Existe evidencia de que algún problema en el cierre la canaladura esofágica puede llegar a producir distensión ruminal esto debido a una mala fermentación bacteriana de la leche (Pochón, 2016).

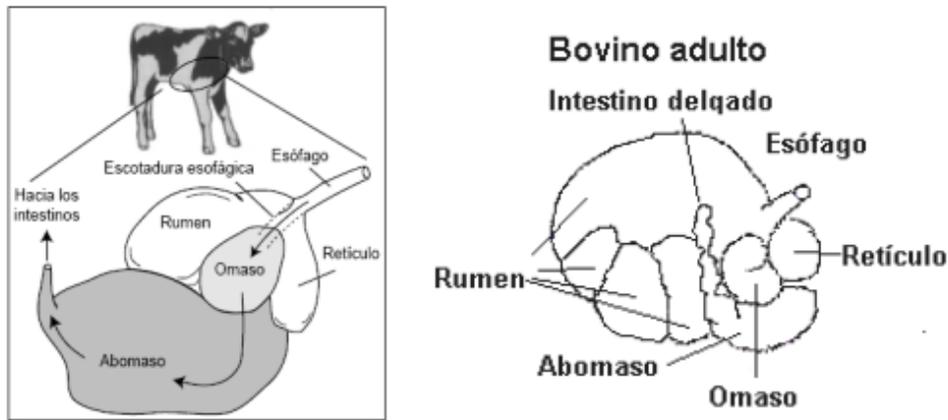


Figura 4. Diferenciación de los diferentes compartimentos del estómago en el rumiante (Tomado de Garzón, 2007).

Existen diferentes etapas de desarrollo ruminal las cuales están influenciadas directamente por la alimentación de las beceras. Es decir, primero existe una fase de alimentación líquida seguida de una alimentación líquida y sólida y finalmente pasa a una alimentación de forrajes y concentrado. En base a esto podemos determinar en qué etapa se encuentra el rumiante, es decir: fase de pre-rumiante, transición o fase de finalización (Garzón, 2007; Fernández Silveira & Hornos Moraes, 2019).

4.6.1. Fase de pre-rumiante

En esta etapa y el abomaso es el principal estómago relacionado en la digestión la cual es una alimentación estrictamente a base de leche o sustitutos lácteos. Para lo cual es indispensable la función de la canaladura esofágica este mecanismo le permite a la beceras ir teniendo un desarrollo paulatino de ser una especie monogástrica hacer una especie poligástrica. Una vez que es estimulado este reflejo existe una contracción del tejido muscular a lo largo de la zona reticular que conecta con la entrada al orificio retículo omasal y permite que exista un paso constante de la leche. Este mecanismo es indispensable en las beceras neonatas debido a que

permite un adecuado paso del calostro y posteriormente de la leche a la zona del abomaso sin que exista caída en la zona reticular lo cual puede llegar a provocar trastornos digestivos por una mala fermentación (Martin-Alonso *et al.*, 2017).

Esta etapa va desde el parto hasta la tercera semana de vida o cuando el animal empieza a ingerir pequeñas cantidades de forraje o concentrado (Saquipay, 2011).

4.6.2. Fase de transición

Posteriormente sigue una dieta de alimento líquido y alimento sólido la cual está relacionada a cubrir las necesidades nutricionales de las terneras (Guarneros, 2012). Una vez que empieza a producirse los ácidos grasos volátiles estos son los encargados de que exista un adecuado desarrollo ruminal. Durante esta etapa está caracterizada por una alimentación líquida aunada a una alimentación sólida principalmente concentrados (Saquipay, 2011).

4.6.3. Fase de rumiante

Esta etapa está caracterizada principalmente por una alimentación sólida la cual está regulada principalmente por la fermentación microbiana que ocurre en el rumen (Pérez & Sirias, 2007). Las características más importantes de esta etapa en las beceras es el desarrollo del rumen el cual está relacionado con una mayor altura de las papilas ruminales debido a un aumento en el consumo de dietas a base de forraje y concentrado (Beharka *et al.*, 1998). Existen ciertas limitantes con el uso de concentrados esto debido a que pueden causar en la beceras un aumento de la fermentación y modificar los niveles de pH causando que existan problemas de absorción con los ácidos grasos volátiles (Cozzi *et al.*, 2002; Suárez *et al.*, 2006). Las glándulas salivales cumplen una función fundamental que es la producción de saliva con sustancias buffer, necesarias para la neutralización de los ácidos formados por la fermentación del rumen y también son necesarios para lograr el equilibrio ácido-base del contenido ruminal. La saliva también participa en la lubricación del bolo alimenticio para facilitar el paso por la cavidad oral (Silveira & Moraes, 2019).

El surco esofágico, por otro lado, es primario. Ofrece a los animales rumiantes la posibilidad de una progresiva adaptación fisiológica del estómago monogástrico al estómago rumiante. Cuando es estimulado, el tejido muscular se contrae, adoptando una estructura hueca que forma un conducto a lo largo de la pared del retículo, la cual conecta el esófago (cardias) con el orificio retículo-omasal. El orificio retículo-omasal permanece abierto permitiendo el flujo de la leche, lo cual es de gran interés en los animales recién nacidos, ya que permite que el calostro y la leche pasen directo al abomaso, sin caer al rumen ni en el retículo, impidiendo así la fermentación anormal (Martin-Alonso *et al*, 2017).

4.7. Requerimientos nutricionales en la becerra

Es fundamental que exista un adecuado aporte nutricional en las terneras recién nacida las cuales deben consistir un adecuado aporte de proteína, energía, minerales y vitaminas. Actualmente se cuenta con sustitutos de leche que pueden ser utilizados como fuente de energía y de nutrientes para poder ejercer un adecuado crecimiento y salud de las terneras. Sin embargo, debemos tener en cuenta que la alimentación en esta etapa es fundamental no sólo para que tenga una adecuada supervivencia durante sus primeras semanas de vida sino también sobre su futura vida productiva en el hato (González *et al.*, 2017).

La alimentación líquida específicamente la utilización de leche o sustitutos es muy importante durante la etapa de crianza esto debido a que este alimento suministra los nutrientes necesarios para un adecuado desarrollo es decir la composición de la leche contiene cantidades adecuadas de proteína, glucosa, carbohidratos, calcio, fósforo y algunas vitaminas como puede ser la A y D (Garzón, 2008).

Podemos encontrar diferentes sistemas de alimentación, por una lado en el sistema convencional se la leche que se administra a la becerra va de acuerdo al 10% de su peso vivo, por ejemplo si tenemos una becerra con un peso de 35-45 kg esta consumirá alrededor de 4 litros de leche por día (Schingoethe & García, 2004). Es recomendable que las becerras cuenten con un horario establecido de alimentación

por ejemplo se pueden alimentar dos veces al día en horarios que pueden ser a las 8 de la mañana y 4 de la tarde, debemos tener en cuenta que puede existir un riesgo de aspiración de leche por lo cual este alimento se les debe administrar por medio de mamilas o cubetas (Ortiz et al., 2005).

4.8. Colonización de la microbiótica intestinal

Al momento del nacimiento está bien documentado que el rumen cuenta con el mismo tamaño que el abomaso. Es por eso por lo que cuando en la dieta incorporamos el forraje el retículo y el rumen comienzan a crecer gracias a la fermentación bacteriana y los ácidos grasos volátiles. La becerrea necesita bacterias ruminales mismas que puede conseguir a través del agua, forrajes o el suelo, mientras que cuando lame a otro animal adquiere protozoarios (Tovar & Gingins, 1969).

Los intestinos tienden a ser mayores durante el desarrollo fetal, que el rumen. Este crece de entre un 30 al 70% de la capacidad del tracto gastrointestinal (Warner, 1956), este desarrollo intestinal es necesario para permitir la digestión y absorción de nutrientes del calostro. El tracto gastro intestinal comienza su colonización cuando la becerrea pasa por el canal vaginal y es expuesta a heces maternas, piel y saliva (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 becerrea se desarrolla y crece se establece una comunidad microbiana (Malmuthuge *et al.*, 2014).

Esta colonización es muy importante ya que funge como protección de la mucosa intestinal, misma que le da una resistencia a la colonización por microorganismos patógenos al mismo tiempo que trae beneficios en el sistema inmune, el cual está debilitado al nacimiento. Una de las cualidades de los rumiantes es que, al estar expuesto con diferentes microorganismos, pueden aprovechar compuestos de la dieta que otros animales no pueden metabolizar (Warren, 2021).

4.8.1. Bacterias

Hasta que la becerro cumple 3 semanas de edad las bacterias que se encuentran presentes en el rumen son diferentes a las de una vaca adulta. Posteriormente entre la semana 9 y 13 la población del rumen es prácticamente igual que a de un rumiante adulto (Blanco, 1999).

Se han identificado 22 géneros y 63 especies de bacterias anaeróbicas en una concentración de 10.9-10.10/g de contenido ruminal (Contreras & Noro, 2010).

Existe un 80% de la población bacteriana en el retículo-rumen que aun no es identificada este microbiota se encuentra adherida a las paredes. La población bacteriana depende principalmente de la dieta que consumen las becerros según Fraga (2010) se pueden encontrar miembros de los filos Firmicutes, Bacteroidetes y Proteobacteria como predominantes. Los rumiantes jóvenes adquieren su población microbiana por contacto oral con animales de mayor edad y también por inhalación de bacterias temporalmente suspendidas en el aire (Grudsky & Arias, 1983).

4.8.2. Protozoarios

La micro fauna ruminal es representada por los protozoos de los cuales se han identificado 6 géneros y 16 especies, los cuales se desarrollan a un pH superior a 6,0. Su concentración es de 10⁴- 10⁶/ por gramo de contenido ruminal. Estos protozoarios son de mayor tamaño que las bacterias lo cual representa una cantidad semejante a las bacterias (Contreras & Nolo, 2010). Se han determinado protozoarios ciliados y flagelados, mismos que consumen y metabolizan los azúcares solubles e hidrolizan bacterias para utilizarlas como sustrato y con esto limitar el crecimiento bacteriano. Estos mismos microorganismos tiene la capacidad de frenar la digestión de los sustratos que se fermentación rapidez, como el almidón y algunas proteínas (Nava & Díaz, 2001). Los protozoarios pueden jugar un papel muy importante en las dietas con concentrados ya que estabilizan el pH ruminal. Algunos investigadores argumentan que se debe a la rápida ingestión de almidón disponible para las bacterias. Cuando la dieta es alta en grano estos microorganismos tienen a desaparecer (Mendoza & Ricalde, 2015).

4.8.3. Hongos

Se han reconocido hongos anaeróbicos los cuales pertenecen a 3 géneros y 4 especies, se sabe que poseen una gran actividad celulítica sobre todo cuando el rumiante consume forraje muy maduro o encañado. Algunos hongos se encuentran en el contenido ruminal, también los podemos encontrar en adheridos a las partículas de alimento y adheridas a la pared del rumen. Es muy variable su ubicación ya que esto depende en gran medida del tiempo y la alimentación. (Contreras & Noro,2010). Los hongos del rumen producen varias enzimas que son capaces de digerir carbohidratos estructurales y de hidrolizar diversas uniones glicosídicas, dando origen a diferentes sacáridos con cadenas de distinta longitud (Estrada et al, 1993).

4.8.4. Arqueas

Anteriormente se pensaba que las arqueas entraban en la clasificación de bacterias, sin embargo, gracias al análisis molecular de su ADN se sabe que se trata de un dominio completamente diferente. Juegan un papel importante ya que participan en la formación de metano, la cual utiliza dióxido de carbono e hidrogeno. Se han determinado que existen 10 géneros de arqueas en el rumen, siendo el más abundante el *Methanobrevibacter*, que representa a aproximadamente el 91% (Castillo-López & Domínguez-Ordoñez, 2019).

El rumen es considerado con una cámara de fermentación con temperaturas mayores a la temperatura del animal 39°C, esto por el calor de la fermentación, también se produce una gran cantidad de gases por la fermentación. anaerobiosis, es decir, exclusión del aire por los gases producidos por la fermentación. La acidez es más variable pues los productos finales de la acción bacteriana son ácidos grasos volátiles (acéticos, propiónico y butírico) los cuales son neutralizados por la saliva. Si el alimento es muy digestible, la gran producción de ácidos grasos volátiles no alcanza a ser neutralizada y el pH baja a 6 y aún 5,5 en casos extremos, mientras que con dietas de mayor contenido en celulosa la producción de ácido es más lenta y la producción de saliva mayor de modo que el pH se mantiene aproximadamente en 6,8. En el primer caso tenderán a aumentar las bacterias productoras de ácido

propiónico, mientras que en el segundo predominarán las productoras de ácido acético. Estos ácidos son producto de deshecho para las bacterias, son la principal fuente de energía para el rumiante (Tovar & Gingins, 1969).

Las bacterias ruminales y los protozoarios aportan la mayoría de la proteína metabolizable que llega al duodeno. La proteína microbiana sintetizada en el rumen satisface por lo menos el 50% de los requerimientos de proteína metabolizable de los rumiantes en diversos estados de producción (Castillo-López & Domínguez-Ordoñez, 2019).

4.9. Suplementación con probióticos

Los probióticos o cultivos microbianos son productos formados por una mezcla de microorganismos vivos (hongo y levaduras), como enzimas, vitaminas, medios de cultivos y factores no identificados que tienen efectos benéficos en la fermentación ruminal, incrementando las bacterias intestinales (Mendoza & Ricalde, 2015).

Los animales saludables, en general, se caracterizan por presentar un buen funcionamiento del aparato intestinal, que asegura el equilibrio de la microflora ahí presente. Este factor es fundamental en la utilización de nutrientes y para un buen desenvolvimiento de este para el incremento de la producción. El estrés debido a un mal manejo, en la alimentación y los cambios ambientales puede provocar un desequilibrio en el intestino. Es en este momento donde los probióticos pueden ser un auxiliar (Meyer *et al.*, 2001).

La diferencia entre prebióticos y probióticos, es que los primeros se tratan de cualquier aditivo alimentario que se tenga efecto beneficioso sobre la propia flora microbiana del individuo, mientras que un probiótico es un aditivo compuesto por microorganismos vivos. En 1989 Fuller definió los probióticos como ``un suplemento alimenticio microbiano vivo, con efecto beneficioso para el animal hospedador, que mejora el equilibrio microbiano intestinal``. Este mismo año, la FDA (*Food and Drug Administration*) propuso a los fabricantes el uso del término aditivo microbiano (*direct fed-microbial*) en lugar de probiótico, y lo definió como una fuente de microorganismos viables que incluye bacterias u hongos. En 2002, tras una reunión

de un panel de expertos de la FAO/OMS se propuso como definición de referencia la siguiente: ``microorganismos vivos que, cuando se administran en la cantidad adecuada, confieren un beneficio a la salud del hospedador``. En 2004, Fuller afino la definición como ``una preparación de microorganismos viables que es consumida por el hombre u otros animales con el objetivo de inducir efectos beneficiosos influyendo cualitativa o cuantitativamente en el microbiota intestinal o modificando su estado inmunitario`` (Saro *et al.*, 2018).

Una alternativa al uso de los antibióticos son los probióticos, con el objetivo de mantener el equilibrio de la flora intestinal, armonizando en la función digestiva y la salud animal. Los probióticos son microorganismos naturales del intestino, que, tras una dosificación oral efectiva, son capaces de establecerse en el tracto gastrointestinal y mantener o aumentar el microbiota intestinal, previniendo la colonización de microorganismos patógenos y asegurando una mejor utilización de los nutrientes (Alves *et al.*, 2000).

Existen varios tipos de probióticos en el mercado. Entre los más comunes están los *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*, *Streptococcus thermophilus* y *Streptococcus diacetylactus*. Estas bacterias pueden ser usadas solas o en combinaciones, en polvo, pasta, capsulas o líquidos (Gonçalves *et al.*, 2000). Deben ser resistentes a condiciones específicas en el tracto gastrointestinal (GTI), estos deben ser resistentes por más de 4 horas a enzimas proteolíticas, valores bajos de pH (1.8.-3.2) en el estómago y a la concentración de bilis, jugos y moco pancreáticos que son parte del intestino delgado (Brizuela *et al.*, 2001).

Los probióticos son microorganismos que administrados vivos y en cantidades adecuadas tienen efectos beneficiosos sobre los huéspedes animales (Fraga, 2010).

Los productos deben de cumplir con requisitos idóneos para ser probióticos eficientes. Por ejemplo, el número mínimo de microorganismos que se requiere en el intestino del becerro para generar una adecuada salud es de 10^6 unidades formadoras de colonias (UFC) /ml (Landa-Salgado *et al.*, 2018).

Es importante conocer el efecto de la administración oral de estos microorganismos en el sistema inmune (Perdigos & 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, se han logrado (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 (Harbige *et al.*, 2016).

Durante la etapa de crecimiento pre-destete, las hembras bovinas alcanzan el 35% de su peso corporal adulto, el cual variara de acuerdo a la producción lechera de la madre, a la suplementación que reciba y a las condiciones ambientales en las que se desarrolle. La garantía de proporcionar una alimentación que cubra los requerimientos nutricionales para el crecimiento, desde el nacimiento hasta el destete, incrementará la ganancia de peso y disminuirá el estrés que sufre la cría durante la etapa post destete; por lo tanto, al mantener un suministro nutricional adecuado es posible alcanzar pesos de pubertad y de incorporación al servicio a una edad más temprana (Gonzalez-Stagnaro *et al.*, 2006).

5. MATERIALES Y METODOS

5.1. 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/

5.2. Localización del experimento

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).

5.3. 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.

5.4. Variables evaluadas

Las variables que fueron evaluadas en esta investigación fueron las a continuación descritas:

Peso: El peso de las crías fue medido en una báscula electrónica digital (L-EQ 400 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).

5.5. Análisis estadísticos

El análisis estadístico para estimar el crecimiento de las becerras se realizó mediante un análisis de varianza ANOVA para los cuatro grupos experimentales. Se utilizó una prueba de comparación de medias Tukey para ver la diferencia entre grupos. 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 SAS 11.

6. RESULTADOS

6.1. Ganancia de peso y altura

En la figura 1 se muestra la ganancia de peso 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 ($P > 0.05$).

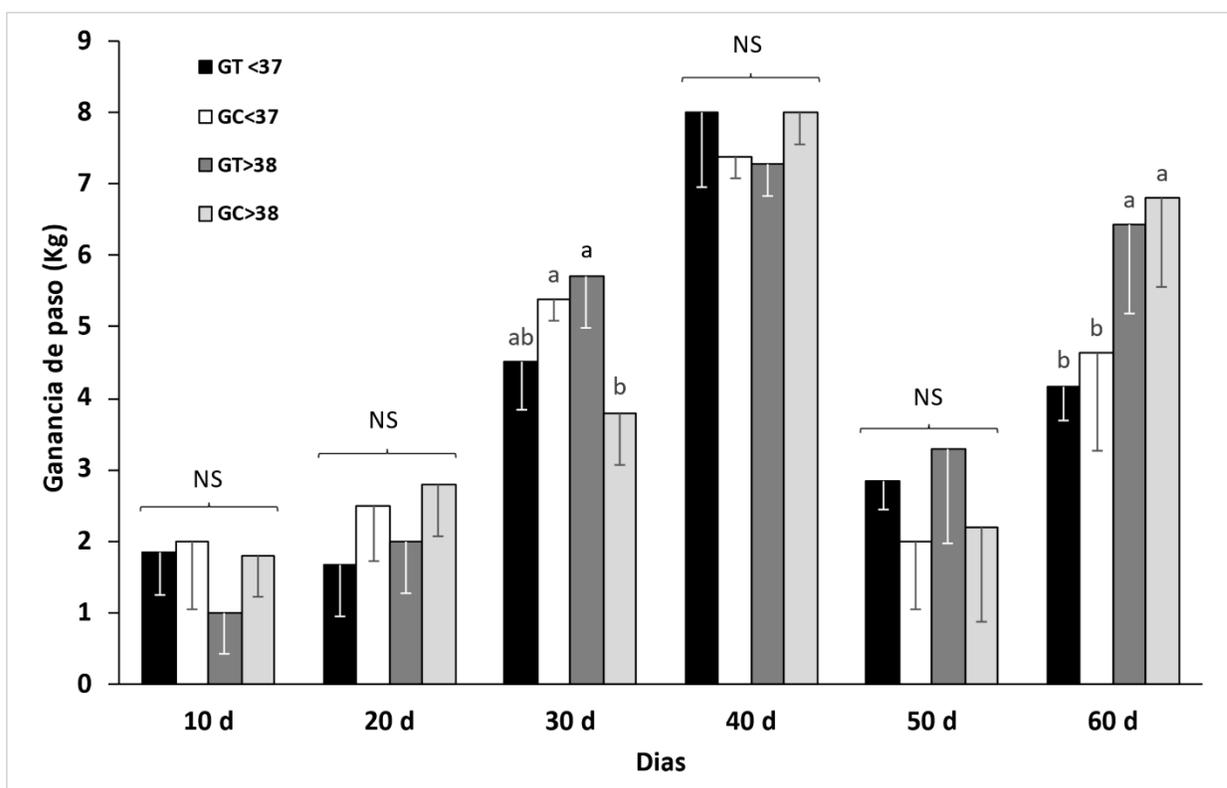


Figura 5. Ganancia de peso vivo (kg) en becerras desde el nacimiento hasta el destete en animales <37 (GT y GC) y >38 (GT y GC) kg tratados con *Bacillus subtilis*

PB6. a, b = difieren estadísticamente entre tratamientos ($P < 0.05$). tendencia estadísticamente entre tratamientos ($P < 0.06$). NS = No significativo ($P > 0.05$).

En la figura 2 se muestra la ganancia de altura ganada durante el tiempo de estudio. No existió diferencia significativa en la ganancia de altura total de las becerras nacidas con < 37 Kg para el GT vs GC fue 12.5 ± 1.3 vs 10.75 ± 1.6 , respectivamente; $P > 0.05$. Así mismo, para las becerras nacidas con > 38 kg para el GT vs GC fue 9.29 ± 1.5 vs 9.40 ± 1.6 , respectivamente; $P > 0.05$. Por otra parte, para la ganancia de altura en becerras > 38 Kg se observó una mayor ganancia en el GC a los 50 días de suplementación con respecto al GT (0.86 ± 0.3 vs 2.4 ± 0.2 ; respectivamente, $P < 0.05$).

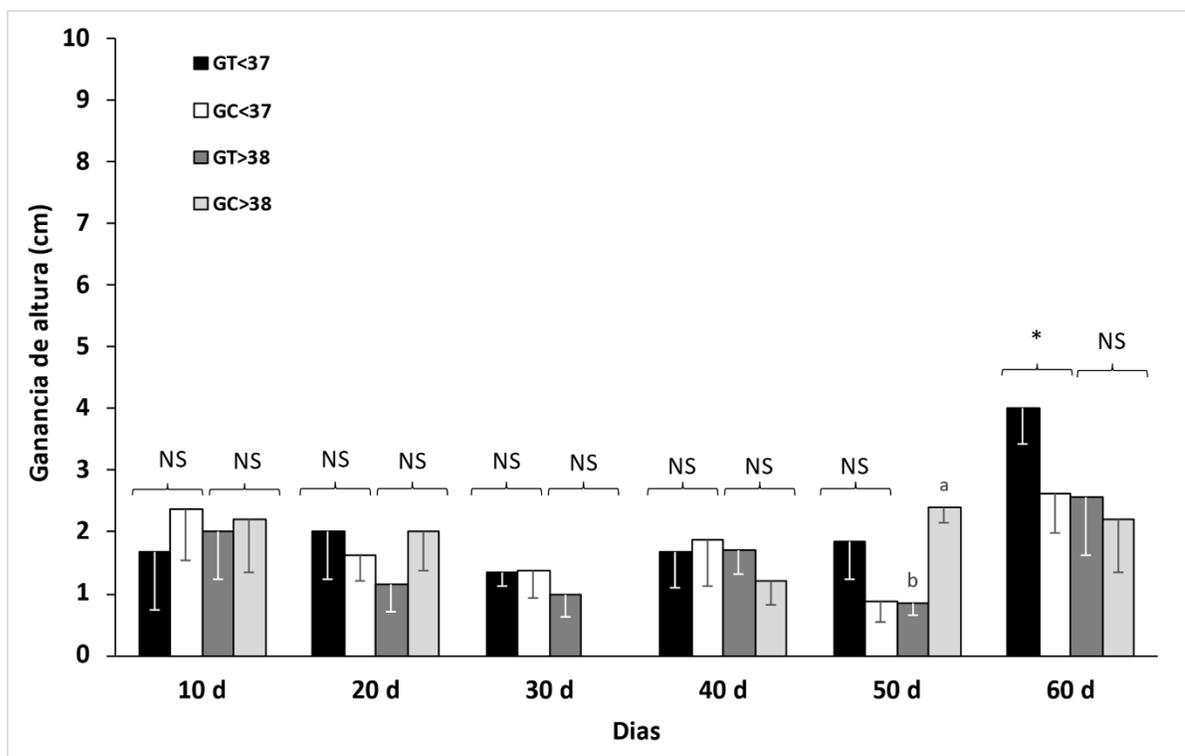


Figura 6. Ganancia de altura (cm) en becerras desde el nacimiento hasta el destete en animales < 37 (GT y GC) y > 38 (GT y GC) kg tratados con *Bacillus subtilis* PB6. a, b = difieren estadísticamente entre tratamientos ($P < 0.05$). tendencia estadísticamente entre tra tratamientos ($P < 0.06$). NS = No significativo ($P > 0.05$).

7. DISCUSIÓN

El objetivo de esta investigación fue evaluar si la suplantación con *Bacillus subtilis* PB6 mejora la ganancia de peso y la altura cuando se suplementa a beceras neonatas. Esto debido a que la etapa de crianza se a considerado como un como un periodo crítico para el desarrollo y vida de las beceras de remplazo (Canguiano *et al.*, 2020). En las beceras recién nacidas atraviesan al inicio de su vida un periodo crítico, por lo tanto, es necesario la implementación de programas alimenticios diseñados para que se emplean como principal fuente de alimento la leche (Castro, 2002). Referente al peso corporal, pudimos observar una ganancia de peso gradual hasta los 40 días en todos los grupos experimentales. Sin embargo, después de esta fecha se limitó el consumo de leche hasta un 40% lo cual se vio reflejado en las beceras de todos los grupos. En este sentido, se a mencionado que la leche es una alimento que es una fuente rica de nutrientes necesarios durante la crianza delas beceras, debido a que esta contiene un elevada cantidad de proteína y glucosa la cual es utilizada para en un primer caso desarrollo y fuente de energía, respectivamente (Garzón, 2008). Se ha mencionado que el *B. subtilis* mejora la absorción o digestión (Reis *et al.*, 2017; Park *et al.*, 2018). Por otra parte, observamos una mayor ganancia de peso a los 30 dias en todos los grupos excepto en el GC<38. Esto relacionado probablemente a que los animales con un mayor peso al nacimiento necesitan mayor cantidad de nutrientes los cual en el caso de los animales tratados el *Basillus Subtillis* pudo mejorar este parámetro. Esta ganancia de peso podemos relacionarla a un mayor consumo de alimento por parte del GT>38 que fue hasta dos veces mayor que los demás grupos. Cuando se suministran probióticos en la dieta de beceras se a observado que ayudan a mantener una simbiosis en el microbioma del tracto gastrointestinal además de promover el desarrollo ruminal así como en la transición de una alimentación liquida a una alimentación solida (Krehbiel *et al.*, 2003).Referente a las beceras <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). Las beceras experimentan cambios

que se desarrollan desde que nacen hasta que llegan a alcanzar su vida adulta, entre estos cambios lo más importante es el desarrollo del tracto digestivo (Morris, 1992). Por lo tanto, el desarrollo de los animales es indispensable para que estos puedan alcanzar la pubertad y una edad adecuada para ser cubiertas en el menor tiempo posible (Beharka *et al.*, 1998).

8. CONCLUSIÓN

El uso de *Bacillus subtilis* PB6 puede mejorar la ganancia de peso a los 30 días de vida en becerras que nacen con peso >38 kg. 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 60 días de vida y cambiarlo a una encaminada al peso vivo del animal.

9. LITERATURA CITADA

- Alves, P. M. P.A., Campos, F. O., Almeida, V. I. M., Lizieire, S. R., Modesta, D. R. C., Almeida, Q. F. y Nascimento, H. C. G. (2000). Uso de probiótico composto por *Lactobacillus acidophilus*, *Streptococcus faecium* e *Sacharomyces cerevisiae* na dieta de vitelos bovinos: efeitos sobre o desempenho e a qualidade da carne. *Zootecnia. Vet. Res. Anim. Sci.* 37 (5). Disponible en : <https://doi.org/10.1590/S1413-95962000000500013>
- Ballina, G. B. A. (2010). Manejo sanitario eficiente del ganado bovino: principales enfermedades. Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA), Instituto Nacional Tecnológico (INATEC). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). No. 1. 50 pp.
- 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(7), 1946-1955.
- Blanco, M. R. (1999). Bacterias ruminales. Sitio Argentino de Producción Animal. Fisiología Digestiva y Manejo del Alimento. 1-5 pp.
- Brizuela, M. A., Serrano, P. y Pérez, Y. (2001). Studies on probiotics properties of two lactobacillus strains. *Articles Arch. Biol. Technol.* 44 (1). Disponible en: <https://doi.org/10.1590/S1516-89132001000100013>
- 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(5), 630-651.
- Castillo-López, E. y Domínguez-Ordoñez, M. G. (2019). Factores que afectan la composición microbiana ruminal y métodos para determinar el rendimiento de la proteína microbiana. Revisión. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, Cuautitlán, Estado de México. *Rev Mex Cienc Pecu.* 10(1):120-148. Disponible en : <http://dx.doi.org/10.22319/rmcp.v10i1.4547>

- Castro, R. A. 2002. Ganadería de Leche. Enfoque empresarial. Producción bovina. Tomo I. Edit. Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica. pp. 285.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2015). Servicio Meteorológico Nacional. <https://www.gob.mx/conagua>
- Contreras, P., & Noro, M. (2010). Rumen: morfofisiología, trastornos y modulación de la actividad fermentativa. Facultad deficiencias agropecuarias, Universidad austral de Chile. Valdivia. Chile.
- Cozzi, G., Gottardo, F., Mattiello, S., Canali, E., Scanziani, E., Verga, M., & Andrighetto, I. (2002). The provision of solid feeds to veal calves: I. Growth performance, forestomach development, and carcass and meat quality. *Journal of Animal Science*, 80(2), 357-366.
- Estrada, A. J., Gaviria, L. J.M. y García, G. F. (1993). Hongos anaeróbicos del rumen. Departamento de Zootecnia, Facultad de Agronomía Pontificia Universidad Católica de Chile. *Archivo Latinoamericano de Produccion Animal*. 1(2):111-128.
- 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.
- 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.
- Fernández Silveira, M., & Hornos Moraes, L. P. (2019). Anatomía del aparato digestivo de terneros Holando neonatos.
- Fraga, C. M. (2010). Microbiota ruminal: estrategias de modulación con microorganismos fibrolíticos. Departamento de Microbiología, Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable. 74 pp.
- Garzon B. (2007). Producción veterinaria. *Revista Electrónica de Veterinaria*. Disponible en internet: www.produccion-animal.com.de/leche.pdf.

- 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
- Gonzales-Staganaro, C., Rodriguez-Urbina., M. A., Goicochea-Llague, J., Madrid-Bury, N., Gonzales-Villalobos, D. (2006). Crecimiento pre-destete en hembras bovinas doble propósito. *Rev. Cient. (Maracaibo)*. Vol. 16 No. 3. 288-296 pp.
- González, A. R., González, A. J., Peña, R. B. P., Moreno, R. A. y Reye, C. J. L. (2017). Análisis del costo de alimentación y desarrollo de becerras de reemplazo lactantes. *Revista Mexicana de Agronegocios*, vol. 40. 561-569 pp. Disponible en internet: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14152127005>
- Grudsky, P. R. y Arias, B. J. L. (1983). Aspectos generales de la microbiología del rumen. *Monografías de Medicina Veterinaria*, Vol. 5 (2).
- Guarneros, A. R. (2012). Suplementación predestete de ganado bovino. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 1ra Ed. 28 pp.
- 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.
- 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. doi:10.1016/j.anifeedsci.2017.02.010
- Inagaki, M., Muranishi, H., Yamada, K., Kakehi, K., Uchida, K., Suzuki, T., ... & Kanamaru, Y. (2014). Bovine κ -casein inhibits human rotavirus (HRV) infection via direct binding of glycans to HRV. *Journal of dairy science*, 97(5), 2653-2661.
- 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

- 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.
- 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. *Journal of Animal Science*, 81(14_suppl_2), E120-E132.
- 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.
- Landa-Salgado, P., Caballero-Cervantes, Y., Ramírez-Bribiesca, E., Hernández-Anguiano, A. M., Ramírez-Hernández, L. M., Espinosa-Victoria, D., & Hernández-Sánchez, D. (2019). Aislamiento e identificación de bacterias ácido lácticas con potencial probiótico para becerros del altiplano mexicano. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 10(1), 68-83.
- Loera J., & Banda, J. (2017). Industria lechera en México: parámetros de la producción de leche y abasto del mercado interno. *Revista de investigaciones altoandinas*, 19(4), 419-426.
- 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.
- Martin-Alonso, M.J., Cal-Pereyra, L.J., Fernández-Caso, M. González-Montaña, J.R. (2017). Anatomía, fisiología, manipulación y aplicaciones veterinarias del surco reticular. *Revision*. Universidad de Leon. Departamento de Medicina, Cirugía y Anatomía, Facultad de Veterinaria. [https://doi.org/ 10.22319/rmcp.v10i3.4453](https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i3.4453)
- 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.

- Menchaca, A. (2021). Sustainable food production: The contribution of genome editing in livestock. *Sustainability*, 13(12), 6788.
- Mendoza, M. G. D. & Ricalde, V. R. (2015). Alimentación de ganado bovino con dietas altas en grano. Universidad Autónoma Metropolitana. 2da Ed.
- Meyer, M. P., Vaz, P. A., Bagaldo, A. R., Correia, J. M. y Susin, I. (2001). Adição de probiótico ao leite integral ou sucedâneo e desempenho de bezerros da raça holandesa. *Ciência Animal e Pastagens*. 58 (2). Disponible en: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162001000200001>
- Morrill, J. L. (1992). The calf: Birth to 12 weeks. *Large dairy herd management*, 401-410.
- Morrill, K. M., Conrad, E., Lago, A., Campbell, J., Quigley, J., & Tyler, H. (2012). Nationwide evaluation of quality and composition of colostrum on dairy farms in the United States. *Journal of dairy science*, 95(7), 3997-4005.
- 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.
- Nava, C. C. y Diaz, C. A. (2001). Introducción a la digestión ruminal. Departamento de Nutrición Animal, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNAM. Sitio Argentino de Producción Animal. 13 pp.
- Nemocón-Cobos, A. M., Angulo-Arizala, J., Gallo-Marín, J. A., & Mahecha-Ledesma, L. (2020). Alimentación: factor estratégico durante la crianza artificial de terneros provenientes de lecherías. *Agronomía Mesoamericana*, 31(3), 790-806.
- NRC. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.
- Núñez, A. P. S. (2018). Comparación de dos sistemas productivos de crianza artificial de terneros en raza Overo Colorado en la región de Los Lagos: un estudio de caso. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Agronomía.

- 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.
- Patiño Alvarez, C., & Ortega Zuluaga, J. C. (2013). Producción intensiva de leche bajo un sistema de estabulación en el Altiplano norte de Antioquia. "EFILAC".
- Peña-Revuelta, B.P., González-Avalos, Rocha-Valdés, 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.
- Pérez, M. E & Sirias, C. R. (2007). Transferencia de líquido ruminal o transfaunación en terneros de 2 a 4 con trastornos de poco desarrollo corporal en la Finca Mercedes de la UNA. Universidad Nacional Agraria (UNA).
- Pochón, D. O. (2016). Surco reticular de los rumiantes. *Revista Veterinaria*, 12(1 y 2), 34-44.
- Quigley, J.D.(1997). Replacement heifers from birth to weaning. *Western Dairy Management Conference*. March 13-15, Las Vegas, Nevada, USA. pag. 23-34.
- Quisirumbay-Gaibor, J., López Factos, P., & Aragón Vázquez, E. (2020). Suplementación de enzimas y probióticos sobre la ganancia de peso y metabolismo proteico en terneras. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 31(3).
- 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
- Rivero, M. J., Lopez-Villalobos, N., Evans, A., Berndt, A., Cartmill, A., Neal, A. L., ... & Lee, M. R. (2021). Key traits for ruminant livestock across diverse production systems in the context of climate change: perspectives from a global platform of research farms. *Reproduction, Fertility and Development*, 33(2), 1-19.
- Rocha, V. J., Gonzalez-Avalos, R. Avila-Cisneros, R. Peña- Revuelta, B. y Reyes-Romero, A. (2019). Impacto económico de la mortalidad y morbilidad por enfermedades en becerras lecheras. *Abanico Veterinario*. 9:1-7. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2019.920>
- Rodríguez, M. F., Sarramone, C. y Bilbao, G. (2017). Análisis de un sistema de crianza artificial intensivo en terneras Holstein. Facultad de Ciencias Veterinarias, UNCPBA.
- Saquipay, B. D.M. (2011). Alimentación de terneras de reemplazo. Universidad de Cuenca. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
- Saro, C., Mateos, I., Ranilla, M. J. y Carro, M. D. (2018). Uso de probióticos para mejorar la salud digestiva de los rumiantes. Departamento de Producción Animal, Universidad de León (España). Departamento de Producción Agraria, Universidad Politécnica de Madrid (España).
- 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.
- SIAP (2021) Consultado el 20 de junio de 2022. Bovino, Producción, precio, valor y peso de ganado en pie. http://nube.siap.gob.mx/cierre_pecuario/
- Silveira, F. M. & Moraes, H. L. P. (2019). Anatomía del aparato digestivo de terneros Holando neonatos. Universidad de la Republica, Facultad de Veterinaria.

- Steinfeld, H., Wassenaar, T., & Jutzi, S. (2006). Livestock production systems in developing countries: status, drivers, trends. *Rev Sci Tech*, 25(2), 505-516.
- Stockler, R. (2014). Management to Decrease Neonatal Loss of Dairy Heifers. *Bovine Reproduction*, 646-649.
- Suárez, B. J., Van Reenen, C. G., Beldman, G., Van Delen, J., Dijkstra, J., & Gerrits, W. 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(11), 4365-4375.
- 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.
- Tovar, G. J. & Gingsins, M. (1969). Anatomía y fisiología del aparato digestivo de los rumiantes. Sitio Argentino de Produccion Animal.
- Valdez, J. R., Gonzalez-Avalos, R., Avila-Cisneros, R., Peña-Revuelta, B., & Reyes-Romero, A. (2019). Impacto económico de la mortalidad y morbilidad por enfermedades en becerras lecheras. *Abanico Veterinario*, 9.
- 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
- Warren, H. (2021). La diversidad microbiana en los rumiantes. Alltech. Rumi News.
- Ybalmea, R. (2015). Alimentación y manejo del ternero, objeto de investigación en el Instituto de Ciencia Animal. *Revista Cubana de Ciencia Agricola*, 49 (2). 141-152 pp.