

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



SUPLEMENTACIÓN DE SIMBIÓTICOS EN EL PERIODO DE LACTANCIA
EN BECERRAS DE RAZA HOLSTEIN

Tesis

Que presenta CITLALLY MORENO VILLEDA
como requisito parcial para obtener el Grado de
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

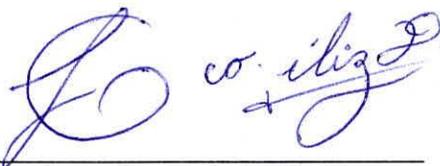
Torreón, Coahuila

Junio 2023

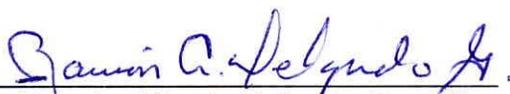
SUPLEMENTACIÓN DE SIMBIÓTICOS EN EL PERIODO DE LACTANCIA EN
BECERRAS DE RAZA HOLSTEIN.

Tesis

Elaborada por CITLALLY MORENO VILLEDA como requisito parcial para
obtener el grado de Maestro en Ciencias en Producción Agropecuaria con la
supervisión y aprobación del Comité de Asesoría



Dr. Francisco Gerardo Véliz Deras
Asesor principal



Dr. Ramón Alfredo Delgado González
Asesor



Dra. Jessica María Flores Salas
Asesor



Dr. Rafael Rodríguez Martínez
Asesor



Dra. Dalia Ivette Carrillo Moreno
Jefe del Departamento de Postgrado



Dr. Antonio Flores Naveda
Subdirector de Postgrado

Agradecimientos

A Dios misericordioso.

Así que acerquémonos confiadamente al trono de la gracia para recibir misericordia y hallar la gracia que nos ayude en el momento que más la necesitemos.

Hebreos 4:16

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por el apoyo a través del programa Becas Conacyt Nacionales.

Al comité de asesoría. Al personal y dirección del área de crianza del establo Nuevo León del municipio de Francisco I. Madero Coahuila.

Gracias a estudiantes y personal de la Unidad de Diagnóstico Veterinario de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna.

La financiación de la Subdirección de Investigación de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna.

A mi amigo y compañero de maestría Alejandro Santos.

Índice General

RESUMEN.....	vii
I.- INTRODUCCIÓN.....	1
II.- REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Crianza de beceras	3
2.1.1 Importancia de la administración de calostro	3
2.1.2 Sistema gastrointestinal de los rumiantes	4
2.3 Influencia de los probióticos y prebióticos en el desarrollo	5
2.4 Diarrea neonatal bovina	8
2.4.1 Criptosporidiosis	9
Etiología	9
Patogenia	10
2.4.2 Salmonelosis	10
Etiología	10
Patogenia	10
Control y prevención.....	11
III.- MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
3.1 Localización	11
3.2 Animales experimentales	12
3.3 Variables a evaluar.....	12
3.3.1.- Ganancia de peso diario (GDP)	12
3.3.2. Frecuencia de diarreas	13
3.3.4. Diagnóstico de <i>Cryptosporidium spp.</i> y <i>Salmonella spp.</i>	13
3.3.5. Altura	13
3.3.6. Temperatura rectal.....	14
3.4. Análisis estadístico	14
IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
V. CONCLUSIÓN	19
VI. LITERATURA CITADA	20

Lista de cuadros

Cuadro 1. Ganancia diaria de peso promedio (kg) a los 30 y 60 días en becerras tratadas con simbióticos (n=40, Experimental) y no tratadas (n=40, Testigo)	15
Cuadro 2. Frecuencia de diarreas en relación a los días de edad de las becerras del grupo experimental (n=40) y grupo testigo (n=40)	16
Cuadro 3. Altura a la grupa y temperatura rectal promedio de becerras tratadas con simbióticos (n=40, Experimental) y no tratadas (n=40, Testigo) obtenidos durante el periodo de estudio	18

Lista de figuras

Figura 1. Diagnóstico de <i>Cryptosporidium spp.</i> y <i>Salmonella spp.</i> en las muestras de diarreas obtenidas durante el periodo de estudio (30 días)	8
--	---

RESUMEN

Suplementación de simbióticos en el periodo de lactancia en becerras de raza
Holstein

Citlally Moreno Villeda

Para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Producción Agropecuaria

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Dr. Francisco Gerardo Véliz Deras

Director de tesis

En la etapa de crianza las becerras presentan problemas relacionados con la alimentación, manejo y medio ambiente, favoreciendo la incidencia de algunos agentes patógenos como: *Salmonella spp.* y *Cryptosporidium spp.* Una alternativa para disminuir los problemas gastrointestinales en las becerras son los simbióticos, ya que protegen y regulan la microbiota ruminal e intestinal. El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de la adición de probióticos y prebióticos (simbióticos) sobre la ganancia diaria de peso (GDP), presencia de *Cryptosporidium spp.* y *Salmonella spp.*, altura y temperatura rectal en becerras Holstein. El estudio se realizó en el Establo Nuevo León, donde se asignaron de acuerdo a su inventario 80 becerras de 5 a 15 días de edad. Se formaron 2 grupos, distribuyendo al azar las becerras; el primer grupo se denominó testigo (GT, n=40), alimentado con leche entera pasteurizada, y el segundo grupo experimental (GE, n=40) alimentado con leche entera pasteurizada más simbióticos. Al realizar un análisis de varianza (ANOVA) se estableció que no hubo diferencia significativa ($p > 0.05$) entre grupos, a excepción de la ganancia diaria de peso promedio a los 30 días ($p = 0.045$). Se concluye que el agregar simbióticos en la etapa de lactancia en becerras Holstein alimentadas con leche entera pasteurizada favorece la ganancia diaria de peso promedio a los 30 días, aunque no influye las otras variables estudiadas: ganancia diaria de peso promedio al destete (60 días), altura, temperatura rectal y presencia de *Cryptosporidium spp.* y *Salmonella spp.*

Palabras clave: Probióticos, Prebióticos, *Salmonella*, *Cryptosporidium*, Diarrea.

ABSTRACT

SYMBIOTIC SUPPLEMENTATION IN THE LACTATION PERIOD IN HOLSTEIN CALVES

Citlally Moreno Villeda

To obtain the degree of Master of Science in Agricultural Production

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Dr. Francisco Gerardo Véliz Deras

Thesis director

During the rearing stage, calves present problems related to feeding, handling and environment, favoring the incidence of some pathogens such as *Salmonella spp* and *Cryptosporidium spp*. An alternative to reduce gastrointestinal problems in calves is the use of symbiotics, since they protect and regulate the ruminal and intestinal microbiota. The objective of this research was to evaluate the effect of the addition of probiotics and prebiotics (symbiotics) on daily weight gain (DWG), presence of *Cryptosporidium spp*. and *Salmonella spp.*, height and body temperature in Holstein calves. The study was carried out in the Nuevo Leon dairy where 80 calves from 5 to 15 days of age were assigned according to their inventory. The first group was called control (GT, n=40) fed pasteurized whole milk, and the second experimental group (GE, n=40) fed pasteurized whole milk plus symbiotics. When an analysis of variance (ANOVA) was performed, it was established that there was no significant difference ($p>0.05$) between GT and GE; except for average daily weight gain at 30 days ($p= 0.045$). We conclude that the addition of symbiotics in the lactation stage in Holstein calves fed pasteurized whole milk favors the average daily weight gain at 30 days, but does not influence the other evaluated variables: average daily weight gain at weaning (60 days), height, body temperature and presence of *Cryptosporidium spp*. and *Salmonella spp*.

Keywords: Probiotics, Prebiotics, Salmonella, Cryptosporidium, Diarrhea.

I.- INTRODUCCIÓN

En el área de la Comarca Lagunera en México, la producción de leche es una de las principales actividades económicas en la ganadería (Reta *et al.*, 2015). El rendimiento de la leche de esta región representa el 20% (10 millones de toneladas) del total producido en el país (García Muñiz *et al.*, 2015).

La cría de becerras para reemplazo presenta algunos problemas, como el mal suministro de calostro, alimentación con sustitutos de leche de baja calidad y cambios repentinos en la ración (Soto *et al.*, 2014), una alternativa para disminuir los problemas gastrointestinales en las becerras son los probióticos y prebióticos.

Los prebióticos son oligosacáridos no digeribles pero fermentables, que modulan el crecimiento y la actividad de las poblaciones microbianas beneficiosas, lo que puede mejorar la salud y la función intestinal. Los galactooligosacáridos (GOS) han demostrado este potencial prebiótico (Castro *et al.*, 2016). Para potenciar el efecto de los probióticos, es útil alimentar simultáneamente con prebióticos, que deben ser sustratos específicos para las bacterias probióticas y que son capaces de estimular el establecimiento, la supervivencia y/o la actividad de las especies probióticas, a la vez que aumentan el número de especies bacterianas gastrointestinales beneficiosas (Konar *et al.*, 2016).

Los trastornos digestivos son comunes durante las primeras semanas de vida de los terneros recién nacidos (Castro *et al.*, 2016). Asociado a la diarrea neonatal de los terneros está *Cryptosporidium spp.*, patógeno entérico frecuente, lo que pone de manifiesto su importancia económica y el impacto en la salud pública en las industria ganadera (Thomson *et al.*, 2017); por otro lado, se encuentra la salmonelosis, enfermedad frecuente en las unidades bovinas especializadas en la producción de leche, que causa enfermedad, muerte y disminuye la reposición de reemplazos. Esta zoonosis es muy importante, por lo que su diagnóstico, prevención, control y tratamiento, es primordial para la sanidad animal y la salud pública (Chávez *et al.*, 2017). El presente estudio surge ante la búsqueda de una metodología para promover el desarrollo ruminal e intestinal, disminuir la presencia de *Salmonella spp.*

y *Cryptosporidium spp.*, para lograr un mejor rendimiento en la producción, mediante el uso de probióticos y prebióticos en la dieta de las becerras. Algunos estudios aportan que la suplementación con probióticos y prebióticos en la dieta de becerras favorecerá la ganancia diaria de peso y reducirá la incidencia de diarreas ocasionadas por la presencia de *Cryptosporidium spp.* y *Salmonella spp.* Con base en lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la adición de probióticos y prebióticos (simbióticos), en la ganancia diaria de peso altura, temperatura rectal y en la presencia de enfermedades por *Cryptosporidium spp.* y *Salmonella spp.* en becerras.

II.- REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Crianza de becerras

El término "neonato" define a los terneros de menos de 28 días. Durante el periodo neonatal, el ternero corre un alto riesgo de sufrir diferentes enfermedades, y la morbilidad y mortalidad neonatales causan grandes pérdidas económicas (Astiz *et al.*, 2017).

Para que la producción ganadera sea rentable, es necesario adoptar estrategias que garanticen un rendimiento óptimo de las novillas de reposición. Aprovechando la preñez, como la primera ventana de desarrollo disponible y, posiblemente, la más influyente del desarrollo, proporcionando y/o reforzando los requisitos nutricionales y energéticos adecuados, se tendrá un impacto positivo en el rendimiento futuro de las crías al liberar todo su potencial genético (Cardoso *et al.*, 2021).

Para el neonato, la transferencia pasiva de inmunidad es un mecanismo de defensa primario contra las infecciones. La inmunidad, el crecimiento y la pubertad de los terneros son factores críticos que influyen en la productividad de las novillas (Zago *et al.*, 2019).

2.1.1 Importancia de la administración de calostro

La gestión de la alimentación del ternero postnatal y predestete tiene un impacto importante en su crecimiento y desarrollo durante este período crítico, y afecta a la salud y el bienestar de los terneros. Después del nacimiento, un suministro inmediato y suficiente de calostro es un requisito previo para el éxito de la crianza de las terneras (Hammon *et al.*, 2020).

El calostro es una mezcla compleja de proteínas, lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales, además de inmunoglobulinas, factores de crecimiento, enzimas (proteinasas, lipasas y esterasas), inhibidores enzimáticos (macroglobulina, antitrombina, inhibidores de la tripsina), nucleótidos y nucleósidos (no

nitrogenados), citoquinas (péptidos o glicoproteínas como las interleucinas, los interferones y la hormona del crecimiento-GH-) que pueden influenciar el desarrollo de inmunidad en los terneros que lo consumen después del nacimiento (McGrath *et al.*, 2016; Tacoma *et al.*, 2017).

Las inmunoglobulinas (o anticuerpos), son glicoproteínas producidas por células B plasmáticas que reconocen y se unen específicamente a los antígenos presentes en los microorganismos (Ulfman *et al.*, 2018).

2.1.2 Sistema gastrointestinal de los rumiantes

El tracto gastrointestinal de los rumiantes alberga una gran variedad de especies microbianas que participan en el bienestar general de los animales (Stover *et al.*, 2016).

La alimentación con leche restringida durante el periodo predestete se utiliza ampliamente para reducir los costes de la cría de terneros. Esta práctica también es conocida por estimular la ingesta de alimento y promover el desarrollo temprano del rumen (Azevedo *et al.*, 2016), considerándose a la alimentación temprana de los terneros como elemento clave para un buen y temprano desarrollo del rumen. Alimentar a los terneros con cantidades restringidas de alimento líquido y mezclas de iniciación que contienen carbohidratos que se fermentan rápidamente en ácidos butíricos y propionatos acelera el desarrollo del rumen (Govil *et al.*, 2017).

El rumen es una parte única del tracto gastrointestinal de los rumiantes. A medida que el rumen se desarrolla y es colonizado por microorganismos, un ternero pasa fisiológicamente de ser un pseudo-monogástrico a un rumiante funcional. El desarrollo del rumen en los terneros puede afectar directamente a la ingesta de alimentos, la digestibilidad de los nutrientes y el crecimiento final de los terneros (Diao *et al.*, 2019).

El rumen, lugar donde se lleva a cabo la fermentación, es un sistema biológico complejo donde ocurre la degradación, fermentación y transformación de las materias primas en productos por los microorganismos (Abrão *et al.*, 2014), los que

se clasifican en tres dominios: bacterias, arqueas (metanógenos) y eucariotas (protozoos y hongos). Hay más de 200 especies de bacterias del rumen y su población oscila entre 10^{10} a 10^{11} por g. Los hongos anaeróbicos del rumen se clasifican en 6 géneros, con un rango de población de 10^3 a 10^6 por g, la población de metanógenos del rumen es de hasta 10^9 por g, mientras que los bacteriófagos y protozoos ciliados tienen respectivamente, rangos de población de 10^7 a 10^9 por g y 10^4 a 10^6 por g (Kumar *et al.*, 2009).

En 1966 Minato *et al.*, mencionaron que las bacterias que degradan la fibra vegetal asociada a las partículas de los piensos representan entre el 50% y el 75% de la población microbiana total (Arowolo y He, 2018). Los hongos anaeróbicos que degradan los componentes lignocelulósicos de las partículas del pienso, constituyen alrededor del 20% de la biomasa microbiana (Rezaeian *et al.*, 2004), mientras que los protozoos participan en la digestión de la fibra y la modulación de los perfiles de la fermentación al frenar la producción de ácidos que reducen el pH del rumen (Vibhute *et al.*, 2011). Debido a lo anterior, sin la participación de los microorganismos, muchos procesos metabólicos no serían eficaces, por lo que la densidad y la diversidad de la microbiota determinan la correcta salud de sus hospederos y afectan a los índices de producción.

Muchos estudios realizados hasta ahora, no explican algunas dependencias que se producen en los ecosistemas de la microbiota, sino que se centran principalmente en la taxonomía y no en las funciones e interacciones entre los microorganismos (Cholewińska *et al.*, 2020).

2.3 Influencia de los probióticos y prebióticos en el desarrollo

Los antibióticos son fármacos considerados relativamente modernos, aunque su uso se ha registrado desde las antiguas civilizaciones. Ejemplo de ello es el tratamiento con pan mohoso en la civilización griega, egipcia y romana (Gould, 2016). Otro indicio en la historia antigua del uso de antibióticos es hallado en esqueletos que datan del año 350-500 a.C. con restos de tetraciclina (Bassett *et al.*, 1980).

El uso de antibióticos ha beneficiado la salud pública y la producción ganadera. Sin embargo, muchos países han prohibido la utilización de antibióticos como promotores del crecimiento (Qiao *et al.*, 2018), en consecuencia, se han encontrado alternativas como el uso de probióticos y prebióticos.

La primera vez que se introdujo el concepto de probiótico, fue definido como un factor de origen microbiológico que estimula el desarrollo de otros microorganismos (Lilly y Stillwell, 1965). Fuller en 1989 definió a los probióticos, como un suplemento alimenticio con microorganismos vivos que afectan benéficamente al hospedero animal, mejorando su equilibrio microbiano intestinal (López, 2017). Los probióticos también se definen como cepas vivas de microorganismos estrictamente seleccionados que, cuando se administran en cantidades adecuadas, confieren un beneficio para la salud en el huésped (por ejemplo, la disminución de la incidencia de la diarrea) (Markowiak y Śliżewska, 2017).

Todos los animales albergan un gran número de microorganismos, la mayoría de los cuales afectan positivamente a su organismo. Este efecto positivo es inducido por los probióticos (Ayichew *et al.*, 2017).

Combinando los fundamentos de los probióticos y los prebióticos, se propone el concepto de simbióticos para caracterizar algunos alimentos colónicos con interesantes propiedades nutricionales que hacen de estos compuestos candidatos a ser clasificados como ingredientes alimentarios funcionales que mejoran la salud (Gibson y Roberfroid, 1995).

Los probióticos, prebióticos y los simbióticos son eficaces para mejorar algunos parámetros hematológicos como el recuento de leucocitos, la hemoglobina y el volumen celular total. Además, los probióticos y los simbióticos son eficaces para mejorar el aumento de peso corporal y son accesibles para los ganaderos (Dar *et al.*, 2017).

Los probióticos específicos para rumiantes incluyen microbios de alimentación directa como la levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) y especies bacterianas como *Bacillus*, *Bifidobacterium*, *Enterococcus*, *Lactobacillus*, *Propionibacterium*,

Megasphaera elsdenii y *Prevotellabryantii* (Seo *et al.*, 2010), *Leuconostoc mesenteroides*, *Pediococcus pentosaceus*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus crispatus* y *Lactococcus lactis*; estas cepas tienen un amplio potencial probiótico en las novillas y requieren una mayor evaluación directa *in vivo* en el tracto gastrointestinal (Landa-Salgado *et al.*, 2019).

Los probióticos tienen un efecto positivo en la producción de rumiantes, mejorando su rendimiento y su salud al promover el desarrollo de la microflora ruminal, aumentar el pH ruminal y disminuir la acidosis clínica y subaguda. También pueden proteger a los animales contra los patógenos, mejorar la respuesta inmunitaria, reducir el uso de antibióticos y la morbilidad o mortalidad, además de aumentar los beneficios para el consumidor a través de la mejora de la calidad del producto (Bahari, 2017).

Se ha reportado que *S. cerevisiae* favorece el consumo de los reemplazantes lácteos y la consistencia fecal luego de un desafío a *Salmonella entérica* (Harris *et al.*, 2017a). La suplementación alimenticia de *Saccharomyces cerevisiae* y enzimas favorece el metabolismo proteico en terneras, aunque no es suficiente para producir una mejora en la ganancia diaria de peso (Quisirumbay-Gaibor *et al.*, 2020).

La adición de fitobióticos consistentes en extractos de hierbas con ácido rosmarínico como principal componente bioactivo, además del probiótico *Lactobacillus* como aditivos alimentarios individuales al calostro y al sustituto de la leche, no afectan a la ingesta de alimentos, al rendimiento del crecimiento ni a los índices fisiológicos de las terneras lecheras durante el predestete. Se sugiere un efecto sinérgico positivo de ambos aditivos en un tratamiento combinado de extractos o aceites vegetales conocidos como fitobióticos y probióticos (Stefańska *et al.*, 2021).

En terneros cruzados, los probióticos, prebióticos y simbióticos son eficaces en la reducción del colesterol y los triglicéridos séricos (Hussain *et al.*, 2018). La alimentación probiótica basada en el sustituto de la leche tiene un potencial para controlar las enfermedades, incluyendo la diarrea en los terneros neonatos (Kayasaki *et al.*, 2021).

En el trabajo de Semeniuk y colaboradores en 2008, mencionan que los prebióticos tienen nutrientes que estimulan el crecimiento y el desarrollo de la microflora intestinal beneficiosa en el tracto digestivo del animal, al tiempo que suprimen las bacterias patógenas dañinas del organismo (Radzikowski, 2017). Los requisitos que deben cumplir las sustancias incluidas en los prebióticos son: la resistencia a la digestión por las enzimas gástricas, la disminución del pH del tracto digestivo, la modificación de la composición biológica del colon, y la estimulación de la conversión de la flora microbiana en el sistema digestivo que conduce al desarrollo de bacterias del tipo *Lactobacillus* y *Bifidobacterium*. Las sustancias con efecto prebiótico son ciertos péptidos, proteínas, grasas, oligo y polisacáridos (Swennen *et al.*, 2006).

Los efectos de los prebióticos en el rendimiento de la salud y la inmunidad de los terneros no han sido consistentes, por ejemplo, la suplementación de mananoligosacáridos origina, en una escala de 1 a 4, una reducción de casi 1 punto en la gravedad de la diarrea neonatal (Ghosh y Mehla, 2012) y disminuye el número de días con altas puntuaciones de diarrea (Heinrichs *et al.*, 2013).

En la revisión de Aguilar-Toala y colaboradores en el 2018, señalan que, aunque el término prebióticos ha sido utilizado durante las últimas décadas, la definición de lo que constituye un prebiótico ha evolucionado. En los últimos años se ha hecho un esfuerzo por caracterizar mejor los metabolitos y los componentes de la pared celular derivados de microbios vivos o no vivos, con especial interés en el término "postbiótico" (Cangiano *et al.*, 2020).

2.4 Diarrea neonatal bovina

En los rebaños, la tasa de morbilidad debida a la diarrea neonatal puede alcanzar el 21 %, y las tasas de mortalidad pueden llegar a ser del 5% al 8%. Los productores pueden sufrir importantes pérdidas económicas debido a los efectos negativos en la salud y productividad de las terneras, además de la inversión terapéutica (Alawneh *et al.*, 2020).

Las causas más importantes de la diarrea de los terneros son los parásitos protozoarios *Cryptosporidium parvum* y *Giardia duodenalis* (criptosporidiosis y giardiasis, respectivamente). Estos parásitos pueden afectar gravemente a la salud de los terneros, provocando letargo, deshidratación y reducción de la ingesta de alimentos, la absorción de nutrientes y el rendimiento (Shaw *et al.*, 2020).

La diarrea en terneros neonatales es una enfermedad multifactorial en la que influyen agentes infecciosos en combinación con el entorno y las prácticas de manejo. Múltiples patógenos pueden contribuir a esta condición, incluyendo los comunes como; rotavirus, coronavirus, *Cryptosporidium parvum*, *Escherichia coli*, *Salmonella spp.*, *Clostridium perfringens* y agentes emergentes; enterovirus torovirus, norovirus y nebovirus), aunque *C. parvum* y rotavirus son los patógenos más frecuentes (Benito *et al.*, 2020).

La prevalencia de los principales etiopatógenos de la diarrea en becerros Holstein de la Comarca Lagunera México, muestra que la mayoría de los terneros (>60%) con signos de diarrea tienen una infección combinada, reportándose a *Cryptosporidium spp.* y Rotavirus como los etiopatógenos más comunes con el mayor número de infecciones durante las dos primeras semanas de vida (Delgado-González *et al.*, 2018).

2.4.1 Criptosporidiosis

La criptosporidiosis es una enfermedad protozoaria zoonótica que afecta el tracto gastrointestinal de los animales y los seres humanos. La diarrea es el signo más importante de la infección, provocando grandes pérdidas económicas en las industrias ganaderas y poniendo en peligro la vida de los individuos inmunocomprometidos. La criptosporidiosis se transmite por la ingestión de ooquistes, a través de alimentos o agua contaminados (Askari *et al.*, 2016).

Etiología

Cryptosporidium es un parásito protozoario apicomplexa que causa una infección generalizada en animales y humanos. *C. parvum* es uno de los patógenos entéricos más prevalentes asociados a la diarrea neonatal de los terneros, con signos clínicos

como diarrea, depresión deshidratación y anorexia (Askari *et al.*, 2016), lo que pone de manifiesto la importancia económica y el impacto en la salud pública de la criptosporidiosis en las explotaciones ganaderas (Avendaño *et al.*, 2019).

Patogenia

El parásito infecta el tracto gastrointestinal del huésped y consecuentemente el ooquiste como etapa final del ciclo de vida del parásito se excreta a través de las heces (Askari *et al.*, 2016); tiene un ciclo de vida directo y puede desarrollarse y multiplicarse en las células epiteliales gastrointestinales de animales infectados (Shafieyan *et al.*, 2015). Se han identificado unas siete especies y dos genotipos de *Cryptosporidium* en el ganado vacuno (Hunder *et al.*, 2004). El parásito puede transmitirse de forma antroponótica o transmisión zoonótica (Abu-Madi *et al.*, 2011).

2.4.2 Salmonelosis

Etiología

Salmonella spp. es uno de los principales patógenos entéricos que puede causar enfermedades locales y sistémicas graves con un alto riesgo de mortalidad, especialmente entre los terneros jóvenes. Además, la salmonelosis es una enfermedad zoonótica que plantea riesgos para la seguridad alimentaria y laboral (Harris *et al.*, 2017b).

Patogenia

Brotos de salmonelosis humana, especialmente de los serovares *Typhimurium*, *Enteritidis*, *Heidelberg* y *Newport*, se han vinculado con el consumo de alimentos contaminados por *Salmonella* de origen animal. Las salmonelas no tifoideas (NTS), como muchas otras bacterias enteropatógenas, han evolucionado en la utilización de una variedad de marcadores de virulencia y otra maquinaria celular para colonizar al huésped adhiriéndose, invadiendo y evitando los mecanismos de defensa gastrointestinales del hospedero. Estos factores incluyen flagelos, cápsulas, plásmidos, sistemas de adhesión y T3SS codificados en los SPI-1 y SPI-2 y otros SPI, mecanismos esenciales y que desempeñan papeles cruciales en la patogénesis de las infecciones por *Salmonella* (Jajere, 2019).

Control y prevención

El hecho de que las crías sean portadoras y diseminadoras de estos patógenos debe ser de preocupación debido al potencial zoonótico que poseen estos enteropatógenos; además, se requiere de más investigaciones sobre los serotipos de *Salmonella spp.* presentes en la región y determinar la resistencia a antibióticos por parte de estos microorganismos (Delgado-González *et al.*, 2016).

La reducción de la colonización y la excreción de patógenos entéricos, como la *Salmonella*, mejoraría la salud de los terneros y reduciría el riesgo de enfermedad en los humanos (Harris *et al.*, 2017b).

III.- MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología y manejo de las unidades experimentales para realizar este estudio, fueron basados de acuerdo con los lineamientos para el uso ético, cuidado y bienestar de los animales para investigación (Guide, 2020).

Proyecto aprobado institucionalmente con clave asignada por la Subdirección de Investigación: 38111-425501002-2854.

3.1 Localización

La presente investigación se realizó en el área de crianza del establo “Nuevo León”, ubicado en el municipio de Francisco I. Madero en el estado de Coahuila de Zaragoza, México, en las coordenadas 25°42'LN, 103°17'LO, durante los meses de enero y febrero del año 2021,

El municipio de Francisco I. Madero se localiza en el suroeste del Estado de Coahuila, a una altura de 1,100 metros sobre el nivel del mar. El clima en el municipio es de subtipos secos semicálidos; la temperatura media anual es de 20 a 22°C y la precipitación media anual se encuentra en el rango de los 300 a 400 mm, con régimen de lluvias en los meses de mayo, junio, julio, noviembre, diciembre y enero (Inafed, s/f).

3.2 Animales experimentales

La investigación fue realizada en el área de crianza durante el periodo de lactancia (60 días) de un establo lechero comercial, el cual produce reemplazos de raza Holstein-Friesian, manejados en un sistema intensivo.

Al nacer las terneras son asistidas por el personal, mismos que se encargan de registrar la fecha y hora de nacimiento, tipo de parto, limpieza y desinfección del ombligo, registro de temperatura rectal y peso al nacimiento. Después de llevarse a cabo el protocolo en el corral de parto la ternera es llevada al área de crianza, que consta de jaulas individuales de aproximadamente 2.5 m², cama de tierra y sombra a una altura aproximada de 140 cm.

Durante las primeras cuatro horas de nacidas las terneras son alimentadas con calostro con indicadores de buena calidad que contiene 50 - 120 mg de IGg por ml; La dieta base de las terneras consiste en 2 tomas diarias de leche entera ultrapasteurizada 7

De acuerdo al inventario del establo se asignaron 80 becerras de 5 a 15 días de edad. El tamaño de la muestra se basó en los datos disponibles y las limitaciones de recursos. Se formaron 2 grupos, distribuyendo al azar las becerras, el primer grupo se denominó testigo (GT, n=40) alimentado con leche entera pasteurizada y el segundo grupo se denominó experimental (GE, n=40) alimentado con leche entera pasteurizada más tres gramos diarios de simbióticos (mezcla de bacterias celulolíticas, amilolíticas, lactobacilos, levaduras vivas, cultivo de levaduras, mananos y β -glucanos).

3.3 Variables a evaluar

3.3.1.- Ganancia de peso diario (GDP)

Para calcular la GDP a los 30 y 60 días, se llevó a cabo el pesaje de cada becerro en una báscula digital (Tru-Test), se registró el peso al nacer, a los 30 y 60 días del tratamiento, para determinar la ganancia diaria de peso promedio a los 30 y 60 días

se utilizó la fórmula reportada por Córdova *et al.*, (2005), Contexto Ganadero, (2016) y Deikun *et al.*, (2020): $\text{Peso final-Peso inicial} / \text{días de tratamiento}$.

3.3.2. Frecuencia de diarreas

En base a la técnica de Schinwald *et al.*, (2022) para registrar la frecuencia de diarreas, durante los días de tratamiento, se observó la consistencia fecal de cada becerro y se registró la edad de la que presentaron diarrea.

3.3.4. Diagnóstico de *Cryptosporidium spp.* y *Salmonella spp.*

Para el diagnóstico de estos agentes etiológicos, las muestras obtenidas se trasladaron a la Unidad de Diagnóstico Veterinario de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna.

El diagnóstico de *Cryptosporidium spp.* en las diarreas identificadas, al igual que en los estudios de Maurya *et al.*, (2013), Ayele *et al.*, (2018) y Ebiyo y Haile, (2022), se llevó a cabo con la colecta de heces fecales directamente de la becerro identificada con diarrea, con guantes y una bolsa estéril. Se prepararon frotis fecales y se tiñeron con una tinción de Ziehl-Neelsen modificada. Los portaobjetos se examinaron al microscopio, las muestras se reconocieron como positivas para ooquistes de *Cryptosporidium spp.* en función del color de los ooquistes, es decir, gránulos rojos brillantes sobre un fondo azul.

En el diagnóstico de *Salmonella spp.* las muestras se procesaron de acuerdo a la metodología descrita por Becton Dickinson y Company (2013), con un medio de cultivo agar salmonella shigella, incubados a 37°C. Posteriormente enriquecer la siembra con base de caldo tetracionato y después examinadas a las 24 horas, donde al localizar siembras grandes con apariencia de ojo de pescado indicaban un cultivo positivo a *Salmonella spp.* para después ser observada al microscopio.

3.3.5. Altura

Basado en la metodología de Ramírez *et al.*, (2008), la altura de los becerros se midió con una regla vertical graduada con brazo móvil a los 7, 14 y 21 días del tratamiento. La altura a la grupa se midió desde el piso hasta la tuberosidad sacra conocida comúnmente como la “grupa”.

3.3.6. Temperatura rectal

La temperatura rectal se registró a los 7, 14 y 21 días de tratamiento, utilizando la técnica de Larson-Peine *et al.*, (2022), por medio de un termómetro electrónico (Diagnostic- Digital LCD punta flexible país).

3.4. Análisis estadístico

Para analizar la diferencia estadística entre los grupos para cada variable estudiada, se utilizó el programa estadístico SAS con un análisis de varianza (ANOVA) de las medias obtenidas, con un índice de correlación del 95% donde la diferencia estadística significativa fue de $P < 0.05$ y Chi cuadrada para la frecuencia de diarreas y presencia de *Cryptosporidium spp.* y *Salmonella spp.*

IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 1 se muestran los pesos promedio por grupo de becerras tratadas, en donde se señala que no se encontró diferencia significativa ($P>0.05$) entre los grupos para el peso a los 30 y 60 días, sin embargo, en la ganancia diaria de peso a los 30 días si podemos observar una diferencia significativa ($P=0.04$). Al respecto Cantor *et al.*, (2019) observaron que la suplementación con probióticos en terneras mejora la ganancia diaria de peso durante los primeros 28 días de vida. Lo anterior puede ser debido a que las prácticas de estimulación temprana del rumen, en las primeras semanas de nacidas en las terneras, generan la capacidad para digerir y absorber los nutrientes necesarios (Azevedo *et al.*, 2016; Govil *et al.*, 2017).

Cuadro 1. Ganancia diaria de peso promedio (kg) a los 30 y 60 días en becerras tratadas con simbióticos (n=40, Experimental) y no tratadas (n=40, Testigo).

GRUPO	PESOS PROMEDIO (Kg)				
	NACIMIENTO	30 DÍAS	GDP	60 DÍAS	GDP
Experimental	37.85±0.65	61.56±0.71	0.79±0.03	90.55±1.51	0.88±0.02
Testigo	37.00±0.51	63.03±1.00	0.87±0.03	91.55±1.42	0.91±0.02
Valor-P	0.3	0.23	0.045	0.63	0.32

GDP = Ganancia diaria de peso

La administración de probióticos es más eficaz en los terneros alimentados con la dieta de leche entera criados en un sistema de ganadería extensiva. Para conseguir un efecto probiótico en animales criados de forma intensiva, probablemente sería necesaria una aplicación repetida, ya que no son eficaces en terneros alimentados con la dieta combinada de un sistema de cría intensiva (Bunešová *et al.*, 2015). Entre otros estudios similares Dar *et al.*, (2017), reportan resultados de que la suplementación con probióticos (*Lactobacillus acidophilus*), prebióticos (Mananoligosacaridos) y simbióticos favorece los niveles bioquímicos en terneros mestizos a los 60 y 90 días, aunque sin efecto en enzimas séricas, aspartato aminotransferasa y la alanina aminotransferasa. La inclusión de un suplemento simbiótico en la ración de las vacas lactantes mejora la intensidad del proceso de fermentación ruminal, además de que no deteriora el estado fisiológico y de salud de los animales suplementados (Trukhachev *et al.*, 2022).

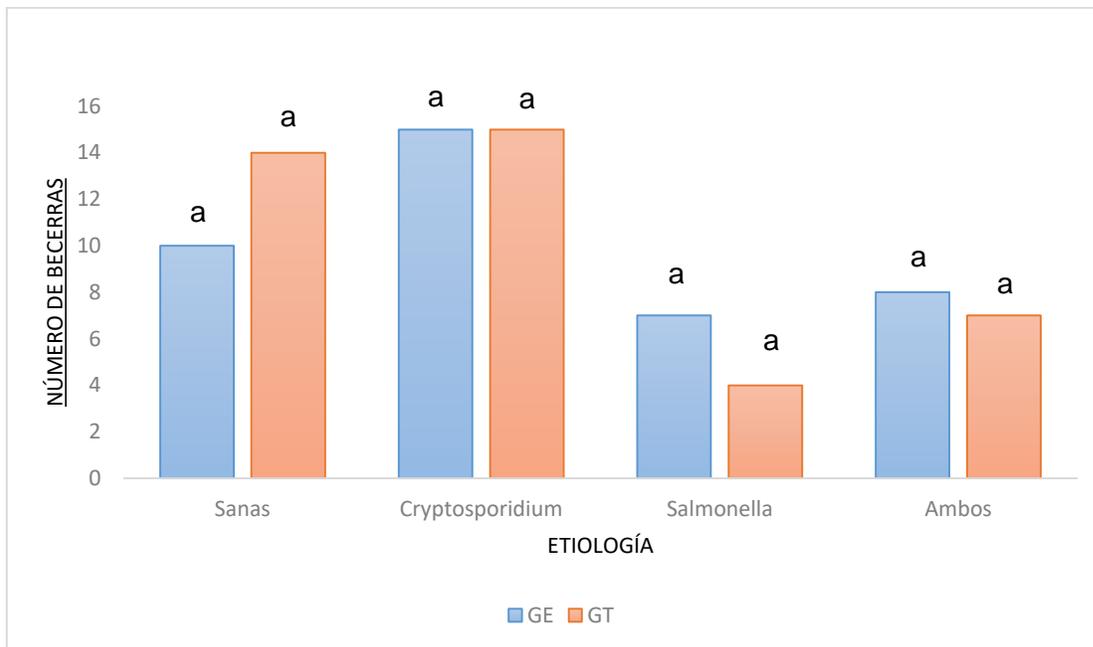
Con respecto a los resultados en la frecuencia de diarreas no se encontró diferencia estadística significativa entre las diarreas que presentaron las becerras del grupo experimental vs testigo $P > 0.05$ (Cuadro 2). En el estudio de Cantor *et al.*, (2019) encontraron que los probióticos tuvieron beneficios limitados en la reducción de la incidencia de enfermedades en un rebaño con alta prevalencia de enfermedades. Contrario a lo publicado por Kayasaki *et al.*, (2021) quienes mencionan que la alimentación probiótica basada en el sustituto de la leche tiene un potencial para controlar las enfermedades, incluyendo la diarrea en los terneros neonatos.

Cuadro 2. Frecuencia de diarreas en relación a los días de edad de las becerras del grupo experimental (n=40) y grupo testigo (n=40).

BECERRAS			
DÍAS DE EDAD	Grupo experimental	Grupo testigo	Valor - P
0-5	6	3	0.28
6 A 10	17	22	0.26
11 A 15	7	6	0.76

La adición de inulina a la leche entera puede influir en el pH del rumen haciéndolo más alcalino. La adición de inulina prebiótica y un nuevo simbiótico (inulina combinada con *E. faecium*) puede acelerar el desarrollo del rumen posnatal y mejorar su funcionalidad (Arne e Ilgaza, 2021).

En el diagnóstico de agentes etiológicos como *Cryptosporidium spp.* y *Salmonella spp.* en las muestras de becerras que presentaron diarrea del grupo experimental y testigo, se puede observar que el *Cryptosporidium spp.* fue el patógeno con mayor presencia en comparación a la *Salmonella spp.* aunque no se muestra una diferencia estadística significativa entre los grupos tratados (Figura 1). Se puede observar la diferencia numérica entre el diagnóstico de los patógenos de manera individual y en conjunto (ambos).



a, Letras iguales muestran que no hay diferencia estadística significativa ($P > 0.05$)

Figura 1. Diagnóstico de *Cryptosporidium spp.* y *Salmonella spp.* en las muestras de diarreas obtenidas durante el periodo de estudio (30 días).

Con respecto al diagnóstico de *Cryptosporidium spp.* Castillo *et al.*, (2009) reportan en las muestras estudiadas una alta frecuencia de animales positivos a *Cryptosporidium parvum*, lo que confirma la importancia de las principales esporas de las especies en este grupo de animales, y demuestra que se distribuye enormemente en la región de establos en Aguascalientes, México. De igual manera Delgado-González *et al.*, (2018) evaluaron la prevalencia de los principales etiopatógenos de diarrea en becerras Holstein de la Comarca Lagunera, México y confirmaron la presencia de *Cryptosporidium spp.* y Rotavirus como los etiopatógenos más comunes durante las dos primeras semanas de vida. La transferencia pasiva de inmunidad de la madre a la cría a través del calostro no influye en la susceptibilidad de los terneros a la infestación por *Cryptosporidium* (Derbakova *et al.*, 2020). Por otro lado, Delgado-González *et al.*, (2016) reportan que la prevalencia de *Salmonella spp.* en los establos de la Comarca Lagunera en las becerras Holstein entre 1 y 35 días de edad fue mayor en la segunda semana de edad con un 28.9% de las 90 muestras obtenidas.

En el estudio de Caffarena *et al.*, (2021), clasifican a los terneros lecheros neonatos en Uruguay como reservorios de patógenos potencialmente zoonóticos, especialmente *Cryptosporidium spp.* y *Salmonella Typhimurium*, que han sido identificados en pacientes humanos en ese país. Una especie dominante de *Cryptosporidium* en terneros lecheros predestetados en China es la *C. bovis*, aunque se registra una mayor transmisión de *C. parvum*. A medida que el gobierno chino promueve la industria de lácteos, se deben desarrollar medidas para prevenir la propagación de estos subtipos de importancia zoonótica (Cai *et al.*, 2017). El reconsiderar la biología y el comportamiento de *Cryptosporidium*, quizá ayude a explicar la increíble diversidad genética, distribución y gama de hospedadores de este parásito. La mejora de las tecnologías de imagen ha complementado los estudios filogenéticos que demuestran las afinidades del parásito con los protozoos gregarinos y desarrollo extracelular, y su posible papel como patógeno ambiental, haciendo hincapié en cómo pueden influir en las estrategias de control en el futuro (Thompson *et al.*, 2016).

La altura y temperatura rectal registrados durante el periodo de estudio (7, 14 y 21 días), no mostraron diferencia estadística significativa ($P>0.05$) como se muestra en el cuadro 3.

Cuadro 3. Altura a la grupa y temperatura rectal promedio de becerras tratadas con simbióticos (n=40, Experimental) y no tratadas (n=40, Testigo) obtenidos durante el periodo de estudio.

Variable	Grupo	DÍA 7	DÍA 14	DÍA 21
Altura (cm)	Experimental	81.93±0.45	84.80±0.33	87.00±0.41
	Testigo	82.15±0.60	84.60±0.34	86.83±0.37
	Valor-P	0.76	0.67	0.74
Temperatura rectal (°C)	Experimental	38.69±0.08	38.79±0.08	38.74±0.07
	Testigo	38.60±0.08	38.69±1.26	38.67±0.06
	Valor -P	0.42	0.47	0.43

V. CONCLUSIÓN

Bajo las condiciones en que esta investigación fue realizada, con el objetivo de evaluar el efecto de la suplementación de simbióticos en la dieta de becerras Holstein en la etapa de lactancia de un establo comercial, podemos concluir que el adicionar simbióticos en la dieta de becerras durante 60 días no influye en la temperatura rectal, altura, o frecuencia de diarreas, sin embargo, favorece la ganancia de peso a los 30 días de edad de las becerras.

VI. LITERATURA CITADA

- Abrão, F. O., Duarte, E. R., Freitas, C. E. S., Vieira, E. A., Geraseev, L. C., da Silva-Hughes, A. F., Rosa, C. A., & Rodrigues, N. M. (2014). Characterization of fungi from ruminal fluid of beef cattle with different ages and raised in tropical lignified pastures. *Current Microbiology*, *69*(5), 649–659.
- Abu-Madi, M. A., Behnke, J. M., Ismail, A., Al-Olaqi, N., Al-Zaher, K., & El-Ibrahim, R. (2011). Comparison of intestinal parasitic infection in newly arrived and resident workers in Qatar. *Parasites & vectors*, *4*, 1-10.
- Alawneh, J. I., Barreto, M. O., Moore, R. J., Soust, M., Al-harbi, H., James, A. S., Krishnan, D., & Olchoway, T. W. J. (2020). Systematic review of an intervention: the use of probiotics to improve health and productivity of calves. *Preventive Veterinary Medicine*, *183*(August), 105147. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2020.105147>
- Arne, A., & Ilgaza, A. (2021). Prebiotic and synbiotic effect on rumen papilla length development and rumen pH in 12-week-old calves. *Veterinary World*, *14*(11), 2883.
- Arowolo, M. A., & He, J. (2018). Use of probiotics and botanical extracts to improve ruminant production in the tropics: A review. *Animal Nutrition*, *4*(3), 241–249. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2018.04.010>
- Askari, N., Shayan, P., Mokhber-Dezfouli, M. R., Ebrahimzadeh, E., Lotfollahzadeh, S., Rostami, A., Amininia, N., & Ragh, M. J. (2016). Evaluation of recombinant P23 protein as a vaccine for passive immunization of newborn calves against *Cryptosporidium parvum*. *Parasite Immunology*, *38*(5), 282–289. <https://doi.org/10.1111/pim.12317>
- Astiz, S., Gonzalez-bulnes, A., Elvira-partida, L., Perez-villalobos, N., & Cerviño-lopez, M. (2017). Bovine nepnatology. *Animal and Plant Productivity*.
- Avendaño, C., Ramo, A., Vergara-Castiblanco, C., Monteagudo, L. V., Sánchez-Acedo, C., & Quílez, J. (2019). Multilocus fragment analysis of *Cryptosporidium*

- parvum from pre-weaned calves in Colombia. *Acta Tropica*, 192(February), 151–157. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2019.02.005>
- Ayele, A., Seyoum, Z., & Leta, S. (2018). *Cryptosporidium* infection in bovine calves: Prevalence and potential risk factors in northwest Ethiopia. *BMC Research Notes*, 11(1), 1–6. <https://doi.org/10.1186/s13104-018-3219-7>
- Ayichew, T., Belete, A., Alebachew, T., Tsehaye, H., Berhanu, H., & Minwuyelet, A. (2017). Bacterial Probiotics their Importances and Limitations: A Review. *Journal of Nutrition and Health Sciences*, 4(2). <https://doi.org/10.15744/2393-9060.4.202>
- Azevedo, R. A., Machado, F. S., Campos, M. M., Furini, P. M., Rufino, S. R. A., Pereira, L. G. R., Tomich, T. R., & Coelho, S. G. (2016). The effects of increasing amounts of milk replacer powder added to whole milk on feed intake and performance in dairy heifers. *Journal of Dairy Science*, 99(10), 8018–8027. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10457>
- Bahari, M. (2017). A Review on the Consumption of Probiotics in Feeding Young Ruminants. *Approaches in Poultry, Dairy & Veterinary Sciences*, 1(2), 13–15. <https://doi.org/10.31031/apdv.2017.01.000508>
- Bassett, E. J., Keith, M. S., Armelagos, G. J., Martin, D. L., & Villanueva, A. R. (1980). Tetracycline-labeled human bone from ancient Sudanese Nubia (A.D. 350). *Science*, 209(4464), 1532 LP - 1534. <https://doi.org/10.1126/science.7001623>
- Becton, Dickinson and Company. (2013). BD Salmonella Shigella Agar. Consultado enero 2022. Disponible en: https://amyd.quimica.unam.mx/pluginfile.php/9874/mod_folder/content/0/Agar%20SS.pdf?forcedownload=1
- Benito, A. A., Monteagudo, L. V., Arnal, J. L., Baselga, C., & Quílez, J. (2020). Occurrence and genetic diversity of rotavirus A in faeces of diarrheic calves submitted to a veterinary laboratory in Spain. *Preventive Veterinary Medicine*, 185(October). <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2020.105196>

- Bunešová, V., Vlková, E., Geigerová, M., & Rada, V. (2015). Effect of rearing systems and diets composition on the survival of probiotic bifidobacteria in the digestive tract of calves. *Livestock Science*, *178*, 317-321.
- Cai, M., Guo, Y., Pan, B., Li, N., Wang, X., Tang, C., ... & Xiao, L. (2017). Longitudinal monitoring of *Cryptosporidium* species in pre-weaned dairy calves on five farms in Shanghai, China. *Veterinary parasitology*, *241*, 14-19.
- Caffarena, R. D., Casaux, M. L., Schild, C. O., Fraga, M., Castells, M., Colina, R., ... & Giannitti, F. (2021). Causes of neonatal calf diarrhea and mortality in pasture-based dairy herds in Uruguay: a farm-matched case-control study. *Brazilian Journal of Microbiology*, *52*(2), 977-988.
- 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. <https://doi.org/10.15232/aas.2020-02049>
- Cantor, M. C., Stanton, A. L., Combs, D. K., & Costa, J. H. (2019). Effect of milk feeding strategy and lactic acid probiotics on growth and behavior of dairy calves fed using an automated feeding system. *Journal of animal science*, *97*(3), 1052-1065.
- Cardoso CL, King A, Chapwanya A, Esposito G. (2021). Ante-Natal and Post-Natal Influences on Neonatal Immunity, Growth and Puberty of Calves—A Review. *Animals*.; *11*(5):1212. <https://doi.org/10.3390/ani11051212>
- Castillo Garcia, C., Cruz-Vazquez, C., Lopez Revilla, R., Sanchez Garza, M., Rosario Cruz, R., Vitela Mendoza, I., & Medina Esparza, L. (2009). Frequency and molecular identification of *Cryptosporidium* spp. in confined suckling dairy calves in Aguascalientes, Mexico. *Técnica Pecuaria en México*, *47*(4), 425-434.
- Castro, J. J., Gomez, A., White, B., Loften, J. R., & Drackley, J. K. (2016). Changes in the intestinal bacterial community, short-chain fatty acid profile, and intestinal development of preweaned Holstein calves. 2. Effects of gastrointestinal site and age. *Journal of Dairy Science*, *99*(12), 9703–9715.

<https://doi.org/10.3168/jds.2016-11007>

- Chávez, S. S., Bedolla Alva, M. A., Bernal Olguín, A. F., & López González, R. (2017). *Ileotiflocolitis fibrinosa causada por salmonelosis en una becerra*. *Fibrinous ileotiflocolitis caused by salmonellosis in a female calf Abstract*. 3(3), 1–14.
- Cholewińska, P., Czyz, K., Nowakowski, P., & Wyrostek, A. (2020). The microbiome of the digestive system of ruminants-a review. *Animal Health Research Reviews*, 21(1), 3–14. <https://doi.org/10.1017/S1466252319000069>
- Contexto Ganadero. (2016). Aprenda a calcular la ganancia diaria de peso en bovinos. Consultado enero 2022. Disponible en: <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/aprenda-calcular-la-ganancia-diaria-de-peso-en-bovinos>
- Córdova, A., Rodríguez, G., Córdova, M., Córdova, C., & Pérez, J. (2005). Ganancia diaria y peso al destete en terneros de cruces *Bos taurus* con *Bos indicus* en trópico húmedo. *Revista MVZ Córdoba*, 10(1), 589-592.
- Dar, A. H., Singh, S. K., Palod, J., Al-Ain, K., Kumar, N., Khadda, B., & Farooq, F. (2017). Effect of probiotic, prebiotic and synbiotic on hematological parameters of crossbred calves. *International Journal of Livestock Research*, 7(4), 127–136.
- Deikun, LL, Habing, GG, Quigley, JD y Proudfoot, KL (2020). La salud y el crecimiento de los terneros de carne proporcionaron un suplemento de ácidos grasos y un pezón seco. *Revista de ciencia láctea*, 103 (5), 4633-4642.
- Derbakova, A., Zolovs, M., Keidāne, D., & Šteingolde, Ž. (2020). Effect of immunoglobulin G concentration in dairy cow colostrum and calf blood serum on *Cryptosporidium* spp. invasion in calves. *Veterinary World*, 13(1), 165.
- Delgado-González, R. A., Meza-Herrera, C. A., Alvarado-Espino, A. S., Contreras-Villareal, V., Gaytán-Alemán, L. R., Arellano-Rodríguez, G., & Véliz-Deras, F. G. (2018). Enteropathogens in Holstein calves with diarrhea during the first five weeks of age in México. *Indian Journal of Animal Research*, 00, 1–5.

<https://doi.org/10.18805/ijar.b-875>

- Delgado-González R A, González-Álvarez V H, Rodríguez-Martínez R, V.-D. F. G. (2016). Prevalencia de *Escherichia coli* y *Salmonella* spp. en becerras Holstein con diarrea en la Comarca Lagunera, México (Prevalence of *Escherichia coli* and *Salmonella* spp. in Diarrheic H... *Agrofaz*, 16(1), 57–64.
- Diao, Q., Zhang, R., & Fu, T. (2019). Review of strategies to promote rumen development in calves. *Animals*, 9(8), 1–15. <https://doi.org/10.3390/ani9080490>
- Ebiyo, A. y Haile, G. (2022). Prevalencia y factores asociados con la infección por *Cryptosporidium* en terneros en y alrededor de la ciudad de Nekemte, zona de East Wollega de Etiopía. *Medicina Veterinaria Internacional*, 2022.
- García Muñiz, G., Jose, H.-M., Lara-Bueno Carlos Delfino, A., López-Ordaz, R., Jaimes-Jaimes, J., & Ramírez-Valverde, R. (2015). Effects of drinking water desalination on several traits of dairy cows in a mexican semiarid environment. *Life Science Journal*, 12(2), 87–93. <https://doi.org/10.7537/marsslj1202s15.13>
- Ghosh, S., & Mehla, R. K. (2012). Influence of dietary supplementation of prebiotics (mannanoligosaccharide) on the performance of crossbred calves. *Tropical Animal Health and Production*, 44(3), 617–622.
- Gibson, G. R., & Roberfroid, M. B. (1995). *Dietary Modulation of the Human Colonic Microbiota: Introducing the Concept of Prebiotics*. *The Journal of Nutrition*, 125(6), 1401–1412. doi:10.1093/jn/125.6.1401
- Gould, K. (2016). Antibiotics: From prehistory to the present day. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 71(3), 572-575. <https://doi.org/10.1093/jac/dkv484>
- Govil, K., Yadav, D. S., Patil, A. K., Nayak, S., Baghel, R. P. S., & Yadav, P. K. (2017). Feeding management for early rumen development in calves. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5(3), 1132–1139.
- Guide, A. (2020). ADSA-ASAS-PSA guide for the care and use of agricultural animals in research and teaching. <https://www.asas.org/docs/default->

source/default-document-library/agguide_4th.pdf?sfvrsn=56b44ed1_2

- Hammon, H. M., Liermann, W., Frieten, D., & Koch, C. (2020). Review: Importance of colostrum supply and milk feeding intensity on gastrointestinal and systemic development in calves. *Animal*, *14*(S1), S133–S143. <https://doi.org/10.1017/S1751731119003148>
- Harris, T. L., Liang, Y., Sharon, K. P., Sellers, M. D., Yoon, I., Scott, M. F., Carroll, J. A., & Ballou, M. A. (2017a). Influence of *Saccharomyces cerevisiae* fermentation products, SmartCare in milk replacer and Original XPC in calf starter, on the performance and health of preweaned Holstein calves challenged with *Salmonella enterica* serotype Typhimurium. *Journal of Dairy Science*, *100*(9), 7154–7164.
- Harris, T. L., Liang, Y., Sharon, K. P., Sellers, M. D., Yoon, I., Scott, M. F., Carroll, J. A., & Ballou, M. A. (2017b). Influence of *Saccharomyces cerevisiae* fermentation products, SmartCare in milk replacer and Original XPC in calf starter, on the performance and health of preweaned Holstein calves challenged with *Salmonella enterica* serotype Typhimurium. *Journal of Dairy Science*, *100*(9), 7154–7164. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12509>
- Heinrichs, A. J., Heinrichs, B. S., & Jones, C. M. (2013). Fecal and saliva IgA secretion when feeding a concentrated mannan oligosaccharide to neonatal dairy calves. *The Professional Animal Scientist*, *29*(5), 457–462.
- Hunter, P. R., Hughes, S., Woodhouse, S., Syed, Q., Verlander, N. Q., Chalmers, R. M., Osborn, K. (2004). *Sporadic Cryptosporidiosis Case-Control Study with Genotyping*. *Emerging Infectious Diseases*, *10*(7), 1241–1249. doi:10.3201/eid1007.030582
- Hussain, Dar, A., Singh, S. K., Kumar, S., Para, I. A., Devi, K. M., Kumar, N., Khan, A. S., & -Ain, K.-U. (2018). Impact of supplementation of probiotic, prebiotic and synbiotic on serum biochemical profile of crossbred calves. *Indian Journal of Animal Research*, *53*(of), 232–235. <https://doi.org/10.18805/ijar.b-3485>
- Inafed. (s/f). Instituto Nacional para el Federalismo y Desarrollo Municipal. Francisco

I. Madero, Coahuila de Zaragoza.
<http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM05coahuila/municipios/05009a.html> Consultado febrero 2021

Jajere, S. M. (2019). A review of Salmonella enterica with particular focus on the pathogenicity and virulence factors, host specificity and adaptation and antimicrobial resistance including multidrug resistance. *Veterinary World*, 12(4), 504–521. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2019.504-521>

Kayasaki, F., Okagawa, T., Konnai, S., Kohara, J., Sajiki, Y., Watari, K., Ganbaatar, O., Goto, S., Nakamura, H., Shimakura, H., Minato, E., Kobayashi, A., Kubota, M., Terasaki, N., Takeda, A., Noda, H., Honma, M., Maekawa, N., Murata, S., & Ohashi, K. (2021). Direct evidence of the preventive effect of milk replacer-based probiotic feeding in calves against severe diarrhea. *Veterinary Microbiology*, 254(January), 108976. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2020.108976>

Konar, N., Toker, O. S., Oba, S., & Sagdic, O. (2016). Improving functionality of chocolate: A review on probiotic, prebiotic, and/or synbiotic characteristics. *Trends in Food Science & Technology*, 49, 35–44. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.01.002>

Kumar, S., Puniya, A. K., Puniya, M., Dagar, S. S., Sirohi, S. K., Singh, K., & Griffith, G. W. (2009). Factors affecting rumen methanogens and methane mitigation strategies. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 25(9), 1557–1566.

Landa-Salgado, P., Caballero-Cervantes, Y., Ramírez-Bribiesca, E., Hernández-Anguiano, A. M., Ramírez-Hernández, L. M., Espinosa-Victoria, D., & Hernández-Sánchez, D. (2019). Isolation and identification of potentially probiotic lactic acid bacteria for Holstein calves in the Mexican Plateau. *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias*, 10(1), 68–83. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i1.4512>

Larson-Peine, J. M., M. C. Heller, A. R. Rathert-Williams, K. A. Pearl, N. B. Duncan, B. L. Vander Ley, and A. M. Meyer. (2022). Blood chemistry and

rectal temperature changes in a population of healthy, fall-born, suckling beef calves from birth to 72 h of age. *Theriogenology*. 188:145–155. doi:10.1016/j.theriogenology.2022.05.024.

Lilly, D. M., y Stillwell, R. H. (1965). Probiotics: growth-promoting factors produced by microorganisms. *Science*, 147(3659), 747-748.

López M, J. (2017). *Efecto del tratamiento con candida norvegensis sobre el comportamiento productivo de corderos, la degradación in situ y el valor nutritivo de forrajes fibrosos*. Universidad Autónoma de Chihuahua.

Markowiak, P., & Śliżewska, K. (2017). Effects of probiotics, prebiotics, and synbiotics on human health. *Nutrients*, 9(9), 1021.

Maurya, P. S., Rakesh, R. L., Pradeep, B., Kumar, S., Kundu, K., Garg, R., Banerjee, P. S. (2013). Prevalence and risk factors associated with *Cryptosporidium* spp. infection in young domestic livestock in India. *Tropical Animal Health and Production*, 45, 941-946.

McGrath, B. A., Fox, P. F., McSweeney, P. L. H., & Kelly, A. L. (2016). Composition and properties of bovine colostrum: a review. *Dairy Science & Technology*, 96(2), 133–158.

Qiao, M., Ying, G.-G., Singer, A. C., & Zhu, Y.-G. (2018). Review of antibiotic resistance in China and its environment. *Environment International*, 110, 160–172.

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), e18730. <https://doi.org/10.15381/rivep.v31i3.18730>

Radzikowski, D. (2017). Effect of probiotics, prebiotics and synbiotics on the productivity and health of dairy cows and calves. *Wsn*, 78, 193–198. www.worldscientificnews.com

- Ramírez, J., Quiriagua, A., Rodríguez, T., & Torres, Y. (2008). Evaluación del peso vivo estimado con el uso de medidas corporales de becerros de doble propósito. *Scientific Magazine UDO Agrícola*, 8(1), 132-137.
- Reta, D., Figueroa, U., Serrato, S., Quiroga, H., Gaytán, A., & Cueto, J. (2015). Potencial forrajero y productividad del agua en patrones de cultivos alternativos. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 6(2), 153–170. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2007-11242015000200003&lng=es&nrm=iso&tlng=es%0Ahttp://files/634/Reta Sánchez et al. - 2015 - Potencial forrajero y productividad del agua en pa.pdf%0Ahttp://files/636/scielo.html](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2007-11242015000200003&lng=es&nrm=iso&tlng=es%0Ahttp://files/634/Reta_Sánchez_et_al.-2015-Potencial_forrajero_y_productividad_del_agua_en_pa.pdf%0Ahttp://files/636/scielo.html)
- Rezaeian, M., Beakes, G. W., & Parker, D. S. (2004). Distribution and estimation of anaerobic zoospore fungi along the digestive tracts of sheep. *Mycological Research*, 108(10), 1227–1233. <https://doi.org/10.1017/S0953756204000929>
- Schinwald, M., Creutzinger, K., Keunen, A., Winder, CB, Haley, D. y Renaud, DL (2022). Predictores de diarrea, mortalidad y aumento de peso en terneros machos de leche. *Revista de ciencia láctea*, 105 (6), 5296-5309.
- Seo, J. K., Kim, S. W., Kim, M. H., Upadhaya, S. D., Kam, D. K., & Ha, J. K. (2010). Direct-fed microbials for ruminant animals. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 23(12), 1657-1667.
- Shafieyan, H., Alborzi, A., Hamidinejat, H., Tabandeh, M. R., & Hajikolaei, M. R. H. (2015). Prevalence of *Cryptosporidium* spp. in ruminants of Lorestan province, Iran. *Journal of Parasitic Diseases*, 40(4), 1165–1169. doi:10.1007/s12639-014-0642-0
- Shaw, H. J., Innes, E. A., Morrison, L. J., Katzer, F., & Wells, B. (2020). Long-term production effects of clinical cryptosporidiosis in neonatal calves. *International Journal for Parasitology*, 50(5), 371–376.
- Soto, L. P., Zbrun, M. V., Frizzo, L. S., Signorini, M. L., Sequeira, G. J., & Rosmini, M. R. (2014). Effects of bacterial inoculants in milk on the performance of intensively reared calves. *Animal Feed Science and Technology*, 189, 117–122.

<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2013.12.004>

- Stefańska, B., Sroka, J., Katzer, F., Goliński, P., & Nowak, W. (2021). The effect of probiotics, phytobiotics and their combination as feed additives in the diet of dairy calves on performance, rumen fermentation and blood metabolites during the preweaning period. *Animal Feed Science and Technology*, 272(October 2020). <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114738>
- Stover, M. G., Watson, R. R., & Collier, R. J. (2016). Pre-and probiotic supplementation in ruminant livestock production. *Probiotics, Prebiotics, and Synbiotics: Bioactive Foods in Health Promotion*, 938.
- Swennen, K., Courtin, C. M., & Delcour, J. A. (2006). Non-digestible oligosaccharides with prebiotic properties. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 46(6), 459–471.
- Tacoma, R., Gelsinger, S. L., Lam, Y. W., Scuderi, R. A., Ebenstein, D. B., Heinrichs, A. J., & Greenwood, S. L. (2017). Exploration of the bovine colostrum proteome and effects of heat treatment time on colostrum protein profile. *Journal of Dairy Science*, 100(11), 9392–9401. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13211>
- Thomson, S., Hamilton, C. A., Hope, J. C., Katzer, F., Mabbott, N. A., Morrison, L. J., & Innes, E. A. (2017). Bovine cryptosporidiosis: impact, host-parasite interaction and control strategies. *Veterinary Research*, 48(1), 42. <https://doi.org/10.1186/s13567-017-0447-0>
- Thompson, R. A., Koh, W. H., & Clode, P. L. (2016). Cryptosporidium—what is it?. *Food and Waterborne Parasitology*, 4, 54-61.
- Trukhachev, V. I., Buryakov, N. P., Shapovalov, S. O., Shvydkov, A. N., Buryakova, M. A., Khardik, I. V., ... & Aleshin, D. E. (2022). Impact of Inclusion of Multicomponent Synbiotic Russian Holstein Dairy Cow's Rations on Milk Yield, Rumen Fermentation, and Some Blood Biochemical Parameters. *Frontiers in Veterinary Science*, 9.
- Ulfman, L. H., Leusen, J. H. W., Savelkoul, H. F. J., Warner, J. O., & van Neerven,

R. J. J. (2018). Effects of Bovine Immunoglobulins on Immune Function, Allergy, and Infection. *Frontiers in Nutrition*, 5(June), 1–20. <https://doi.org/10.3389/fnut.2018.00052>

Vibhute, V. M., Shelke, R. R., Chavan, S. D., & Nage, S. P. (2011). Effect of probiotics supplementation on the performance of lactating crossbred cows. *Veterinary World*, 4(12), 557–561. <https://doi.org/10.5455/vetworld.2011.557-561>

Zago, D., Canozzi, M. E. A., & Barcellos, J. O. J. (2019). Pregnant cow nutrition and its effects on foetal weight—a meta-analysis. *J Agric Sci*, 157, 83–95.