

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS



Desarrollo de becerros lecheros Holstein suplementados con inmunoglobulinas específicas durante los primeros 30 días de vida

Por:

Luisa Ariadna Ituarte Villalba

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Torreón, Coahuila, México
Junio 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS

Desarrollo de becerros lecheros Holstein suplementados con inmunoglobulinas específicas durante los primeros 30 días de vida

Por:

Luisa Ariadna Ituarte Villalba

TESIS

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

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por:


Dr. Juan Manuel Guillén Muñoz
Presidente


MC. Blanca Patricia Peña Revuelta
Vocal


Dr. Ramiro González Avalos
Vocal


Dra. Reyna Roxana Guillén Enríquez
Vocal Suplente


M.V.Z. Eric Alejandro Reyes Ramírez
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal

Torreón, Coahuila, México
Junio 2026



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS

Desarrollo de becerros lecheros Holstein suplementados con inmunoglobulinas específicas durante los primeros 30 días de vida

Por:

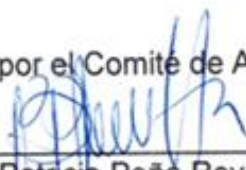
Luisa Ariadna Ituarte Villalba

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por el Comité de Asesoría:


MC. Blanca Patricia Peña Revuelta
Asesor Principal


Dra. Reyna Roxana Guillén Enríquez
Coasesor


Dr. Ramiro González Avalos
Coasesor


M.V.Z. Eric Alejandro Reyes Ramírez
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal

Torreón, Coahuila, México
Junio 2026



DEDICATORIAS

A mi mamá y papá, por estar siempre presentes en cada etapa de mi vida, por su apoyo incondicional y por nunca dejarme sola. Espero algún día poder devolverles, aunque sea una parte de todo lo que han hecho por mí.

A Gloria, Alejandro y Manuel, mis hermanos, gracias por impulsarme a dar siempre lo mejor de mí, por sus consejos y por ayudarme a formar mi carácter. Los admiro profundamente.

A mi tía Celia y a mi madrina Liz, quienes han sido un pilar importante en mi vida y nunca me han soltado de la mano. Gracias por acompañarme, cuidarme y estar para mí durante todo este tiempo.

A mis sobrinos, por llenar mis días de alegría con sus ocurrencias, su cariño y su compañía. Gracias por existir y darle tanta luz a mi vida.

A mis perritas Chequi y Chepina, a mi gatita Coca por su lealtad y cariño incondicional, y a mi perro Chuchín, quien me acompañó desde mi infancia hasta mi adultez. Este logro también es para ustedes, aunque ya no estén aquí.

Y finalmente, al amor y cariño de mis amigas, mi novio y toda mi familia. Gracias por acompañarme, apoyarme y hacer más feliz este camino. Siempre los llevaré en mis pensamientos y en mi corazón.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradezco a Dios por permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi vida profesional, por acompañarme en cada paso del camino y por abrirme puertas llenas de aprendizaje y oportunidades. Le pido que nunca deje de guiarme, cuidarme y bendecir mi camino.

Al Dr. Ramiro González Ávalos, gracias por su apoyo incondicional, sus enseñanzas y por inspirarnos a ser mejores estudiantes y futuros profesionistas. De igual manera, agradezco al Departamento de Ciencias Básicas por brindarme la oportunidad de desarrollar este proyecto y crecer académicamente.

A la Dra. Marcela Emmerth Llamas, mi más sincero agradecimiento por compartir siempre sus conocimientos con tanta pasión y entusiasmo. Gracias por su paciencia, su apoyo y por despertar en mí el deseo constante de aprender más.

A los animales que, con su vida, hicieron posible el avance del conocimiento y contribuyeron a mi formación académica; este logro también les pertenece, con profundo respeto y gratitud.

Gracias a mi novio Alonso, por motivarme a realizar este experimento de tesis, por creer en mí incluso en los momentos de duda y por acompañarme durante este proceso. Sin ti, esto no habría sido posible. Te amo profundamente.

A mi familia, gracias por ser mi refugio, mi fuerza y mi apoyo incondicional. Gracias por acompañarme tanto en los momentos buenos como en los difíciles, por motivarme a seguir adelante y por inspirarme cada día a construir un mejor futuro. Son el regalo más grande que tengo en la vida.

A mi hermana adoptiva Valeria, gracias por compartir conmigo esta etapa tan importante. A pesar de las diferencias y las peleas, siempre encontramos la manera de apoyarnos mutuamente. Gracias por tu compañía, tu cariño y por todos los momentos vividos durante la carrera.

Parte importante de mi gratitud es para el Dr. Víctor Salva y la Ing. Rosalinda, por ayudarme en uno de los momentos más difíciles de mi vida y por el cariño y apoyo que siempre me brindaron. Nunca olvidaré su calidad humana y su confianza en mí.

Por último, agradezco a mi Alma Mater por abrirme sus puertas durante estos cinco años, por darme la oportunidad de crecer como profesionista y como persona, y por ayudarme a expandir mis metas y sueños tanto académicos como laborales.

Índice general

AGRADECIMIENTOS	ii
Índice general	iv
RESUMEN.....	v
Índice de cuadros.....	vi
Índice de figuras.....	vii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo	3
1.2 Hipótesis	3
2. REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	4
2.1 Importancia de la crianza de reemplazos lecheros	4
2.2 Importancia del calostro para el neonato bovino	8
2.3 Sistemas de alimentación.....	11
2.3.1 Suministro de leche entera en la alimentación de becerras.....	12
2.3.2 Sustituto de leche en la crianza de becerras.....	14
2.3.3 Leche de antibiótico en la alimentación de becerras.....	18
2.4 Suplementación con IgG específicas a becerros.....	22
2.4.1 Costos de suplementación con inmunoglobulinas.....	26
3. MATERIALES Y MÉTODOS	27
3.1 Sitio de estudio	27
3.2 Diseño experimental	27
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
5. CONCLUSIONES	35
6. LITERATURA CITADA	36

RESUMEN

La ganancia de peso en becerras Holstein, es un indicador de la eficacia en los sistemas de crianza actuales, realizar registros frecuentes con el peso y altura permite tener un estimado sobre el correcto desarrollo de la becerra, dicho crecimiento no es posible sin la transferencia de inmunidad adecuada, ésta permite al becerro defenderse de agentes infecciosos que merman su crecimiento. El objetivo del presente estudio fue evaluar el peso y la altura de becerros Holstein suplementados con inmunoglobulinas específicas. Se emplearon 12 becerros los tratamientos fueron: T1=testigo 0 gr, T2= 15 gr al nacimiento, T3= 30 gr, 15 gr al nacimiento, 15 gr 48 h después de la primera aplicación. Las variables evaluadas fueron, peso y altura, se pesaron y midieron los becerros cada siete días, la última evaluación se ajustó al día 30 de vida. No se observó diferencia estadística significativa entre los tratamientos, en cuanto los resultados para la ganancia de peso (GDP) se obtuvieron valores de 310, 207 y 138 gr para los tratamientos T1, T2 y T3 respectivamente, con una ganancia de peso en kilogramos de 47, 44.7 y 42.3 para el T1, T2 y T3, en cuanto a la variable de altura los resultados fueron T1=84 cm, T2=82.3 cm y T3=82.7 cm. El uso de inmunoglobulinas específicas no incrementa la ganancia de peso ni altura en becerros Holstein lactantes, durante los primeros 30 días de vida.

Palabras clave: Alimentación, Altura, Calostro, Peso

Índice de cuadros

Cuadro 1 Composición y análisis de los sustitutos de leche (Tomado de Badman et al., 2019).....	16
Cuadro 2 Contenido nutricional del sustituto de leche comercial utilizado para la alimentación de los becerros.	28
Cuadro 3 Contenido nutricional del alimento iniciador utilizado en la alimentación de los becerros.	30
Cuadro 4 Ganancia diaria de peso de becerros Holstein suplementados con inmunoglobulinas específicas durante los primeros 30 días de vida.	31
Cuadro 5 Peso de becerros Holstein suplementados con inmunoglobulinas específicas durante los primeros 30 días de vida.	32
Cuadro 6 Altura promedio en becerros Holstein suplementados con inmunoglobulinas específicas durante los primeros 30 días de vida.	34

Índice de figuras

Figura 1 Suministro de inmunoglobulinas a becerro Holstein recién nacido.	28
Figura 2 Preparación y alimentación con sustituto de leche a becerro Holstein recién nacido	29
Figura 3 Medición de altura la cruz y la cadera en becerro Holstein.	29

1. INTRODUCCIÓN

Poco se habla sobre como la forma en que se crían y desarrollan las becerras repercute sobre la reproducción y producción de leche en la edad adulta, dado a que las becerras que superan enfermedades manifiestan secuelas en el futuro en cuanto a su salud, crecimiento, etapa reproductiva y productiva. Pues únicamente durante muchos años se ha establecido que la salud y producción de leche son resultado exclusivamente de la genética, nutrición, manejo y sanidad (Waltner *et al.*, 1986).

El descarte de ganado lechero implica un costo elevado para la unidad de producción, debido a ello se vuelve necesario criar novillas de reemplazo. Cuando el descarte no se realiza de manera adecuada o en el momento oportuno, provoca un uso inadecuado de bienes disponibles. Después de los costos de alimentación, los gastos relacionados al reemplazo del hato representan el segundo componente más importante dentro de los costos totales de la empresa lechera (Goodger *et al.*, 1989).

Durante las primeras cuatro semanas de vida, las becerras se encuentran predispuestas a un mayor riesgo de mortalidad (Agerholm *et al.*, 1993). Siendo que la enteritis y la neumonía son las principales causas de mortalidad en becerros jóvenes (Svensson *et al.*, 2006). Bajo estas condiciones de enfermedad, el animal no puede hacer uso total de los nutrientes ingeridos, hacia su proceso de crecimiento y desarrollo, ya que su organismo está enfocado en eliminar agentes patógenos (Williams *et al.*, 1975).

En la actualidad, la crianza artificial de becerras Holstein facilita un mayor control sobre la nutrición y el estado salubre, lo que facilita disminuir costos y acelerar el progreso genético. Además, este sistema de manejo permite analizar indicadores productivos y de bienestar que apoyan la selección de animales de reemplazo con mayor eficiencia (Garzón-Quintero, 2008).

Fundamentado en lo anterior, la investigación orientada a maximizar la eficiencia en la crianza de becerras de reemplazo y reducir pérdidas asociadas a la morbilidad y mortalidad, resulta indispensable. Pues en función de ello, los productores pueden continuar optimizando el manejo y bienestar de becerros mediante la implementación de programas de alimentación mejorados, que incrementen la ganancia de peso, la identificación oportuna de enfermedades y desarrollar estrategias efectivas de destete que permitan realizar este proceso eficazmente (Urie *et al.*, 2018).

El calostro representa una sustancia indispensable para los becerros recién nacidos, enriquecida en diversos nutrientes que fortalecen el sistema inmune y desarrollo de los neonatos, no obstante, también contiene ciertas sustancias no nutritivas. La insuficiencia de inmunoglobulinas (Ig) presentes en el calostro repercute en la incidencia de enfermedades, como la infección por *E. Coli*; en ello radica la importancia de absorber calostro rico en inmunoglobulinas (Blum, 2006).

Esta cantidad de Ig que consume el becerro, se encuentra determinada por factores, tales como la calidad y volumen de calostro administrado, y, en cuanto a su posterior absorción se rige por los siguientes factores; rapidez con la que se suministra la primera toma de calostro, contaminación bacteriana y el estado fisiológico del

animal (Godden *et al.*, 2019). La ingesta de calostro de alta calidad y absorción de Ig, tienen como efecto una transferencia exitosa de inmunidad pasiva a las 24 horas de vida de becerros neonatos (Shivley *et al.*, 2018).

1.1 Objetivo

Evaluar el peso y la altura de becerros Holstein suplementados con inmunoglobulinas específicas.

1.2 Hipótesis

La suplementación con inmunoglobulinas específicas a becerros Holstein incrementa la ganancia de peso y altura durante los primeros 30 días de vida.

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1 Importancia de la crianza de reemplazos lecheros

Desde la década de los 80's en México, ya se observaba un evidente desabasto en los reemplazos lecheros necesarios para el hato, a consecuencia de la ineficacia en la crianza de becerras (Fuente de la, 1981).

Los ganaderos deben criar becerras saludables que manifiesten un crecimiento y desarrollo acelerado (Mohd-Nor *et al.*, 2012). Reducir costos, pero sin afectar negativamente la salud y producción de la crianza de vaquillas es el reto para el productor, pues las acciones de hoy son el futuro del mañana en la explotación ganadera, ya que los sistemas de producción no permiten disminuir la eficacia en el crecimiento de vaquillas (Belloso, 2005). La mayor parte del costo total de la producción lechera se relaciona con el reemplazo de becerras, pues los productores lecheros deben complacer los requerimientos de reemplazo del hato lechero, con la finalidad de mantener la rentabilidad de la explotación, minimizando la mayor cantidad de costos posibles (Heinrichs, 1992).

La armonía en el sistema de crianza es indispensable para el desarrollo y la rentabilidad de las vacas a largo plazo. Pues la nutrición, el medio ambiente, las defensas inmunitarias, el estrés físico y metabólico definen la estabilidad de la salud de las becerras y con ello la sostenibilidad del establo (Curtis, 1981). Toda aquella becerro que crezca y se convierta en una vaca con un rendimiento lechero óptimo, por tiempo prolongado, constituye los cimientos de producción y crianza lechera sostenibles (Tautenhahn, 2017).

El modelo de crianza ejercido en el establo lechero, en conjunto con otros factores, como el estado de salud, la genética, nutrición, número de partos y manejo, determinan la proporción de leche sintetizada por la vaca lechera en su etapa productora (Rodríguez *et al.*, 2012).

Los ganaderos basan la decisión de sacrificar vacas, por diferentes factores como la edad de las vacas, periodo de lactancia, disponibilidad, rendimiento productivo, estado de salud y producción de leche, lo cual determina si una vaca debe ir al rastro (Beaudeau, 1995). Las deficiencias reproductivas en el hato son justificación para el sacrificio biológico de vacas, tales deficiencias como infertilidad, abortos espontáneos, mastitis, retención placentaria, etc. Además de algunos trastornos metabólicos y enfermedades digestivas por cetosis, desplazamiento de abomaso y parálisis postparto (Dziekiewicz-Mrugasiewicz y Wierzbicka, 2021).

A partir de un análisis de los costos asociados a la crianza de vaquillas, se determinó que la eficiencia del sistema depende principalmente de dos factores: que las vaquillas alcancen su primer parto antes de los 24 meses y que logren una producción de leche superior al 88 % en relación con la de las vacas adultas del hato durante la primera lactación (Heinrichs *et al.*, 2013).

A consecuencia de dichos problemas, para el productor ganadero, resulta insostenible la ineficiencia reproductiva, dado que conduce a pérdidas económicas en el sistema de producción (Bellows *et al.*, 2002). Es por eso que los primeros 4 meses de vida de la becerras son de suma importancia pues tienen efecto sobre la etapa productiva y edad al primer parto, pues estos eventos se encuentran

influenciados por sucesos relacionados al nacimiento, tales como, factores nutricionales, de salud y ambientales (Heinrichs *et al.*, 2005).

A pesar de que el desarrollo de animales de reemplazo representa un gasto económico importante para el productor, el costo de desarrollo y mantenimiento anual se compensa con el parto de becerras que nazcan en el tiempo de vida productiva de la vaca. Es entonces que, el periodo de recuperación corresponde al tiempo que requieren las becerras de reemplazo para concretar su etapa de desarrollo (Boyer *et al.*, 2020).

El objetivo de cualquier sistema de crianza y desarrollo de becerras debe regirse por obtener valores de crecimiento graduales, con altura y ganancia de peso adecuados, esto con la finalidad de obtener reemplazos saludables (González-Avalos *et al.*, 2023). Lamentablemente, en numerosas explotaciones ganaderas, la becerro lechera suele ser el recurso más descuidado y peor manejado del establecimiento (Heinrichs *et al.*, 2025).

En síntesis, los factores vinculados con la crianza de becerras que fueron identificados incluyen la cantidad de calostro ingerido durante el primer día de vida, la condición de primiparidad de las vacas, la duración del período seco, la ausencia de una dieta de reto en las vacas, así como el peso corporal y la altura al momento del nacimiento (Villaseñor-González *et al.*, 2022).

Al nacer la becerro Holstein-Friesian, debe tener un peso de 40-46 kilogramos, tener una alzada de 75 a 78 centímetros, para obtener un peso mínimo de 340 kg y una alzada de 121 cm, esto con la finalidad de estar recibiendo su primer servicio a la

edad de 14 meses y posteriormente a los 23.5 a 24 meses de edad tener su primer parto pesando al menos 517 kg y una altura de 132 cm (Medina, 1994).

Para un adecuado manejo en la crianza de reemplazos, las becerras que obtengan el doble de su peso al nacimiento hacia la octava semana de edad, se considera un indicador de eficiencia productiva (Elizondo-Salazar y Monge-Rojas, 2019). No obstante, para determinar el tiempo adecuado para destetar a una becerro, el consumo de materia seca es un factor determinante, por lo tanto, cuando los becerros consumen una cantidad mínima de 0.9 a 1 kg de alimento sólido por tres días consecutivos se estima que la becerro esta lista para el destete (Yohe *et al.*, 2015). En cambio, la altura a la cruz en becerras jóvenes resulta tener una considerable variabilidad, pues en la raza Holstein, se ha reportado un promedio de 93.9 cm como indicador apropiado para el destete (Heinrichs y Lammers, 1998).

Además, se recomienda disminuir progresivamente la cantidad de leche suministrada en la dieta a partir de los 40 días de edad (Carulla *et al.*, 2023). Lamentablemente, las tasas más altas de mortalidad y morbilidad se presentan en las becerras, de entre todos los animales del hato lechero (Niekerk *et al.*, 2021).

En lo largo de la vida de la vaca lechera los sistemas de crianza de reemplazo lechero actúan sobre la rentabilidad y productividad de la unidad de producción, debido a ello se requiere investigación adicional sobre dichos sistemas (Heinrichs, 1992).

2.2 Importancia del calostro para el neonato bovino

La primera secreción de la glándula mamaria posterior al parto de la vaca lechera se conoce como calostro, el cual es rico en inmunoglobulinas (Ig) las cuales brindan protección inmunológica a la becerro, en sus primeras semanas de vida (Nousiainen *et al.*, 1994).

El calostro bovino consiste en una mezcla de componentes del suero sanguíneo y secreciones de la glándula mamaria; sin embargo, los componentes principales son las proteínas y grasa; ambos comprenden alrededor del 90% de los sólidos totales del calostro (Godden *et al.*, 2019). Además, el calostro es esencial para la salud de bovinos recién nacidos, debido a su doble función nutricional y las sustancias nutritivas básicas, como grasas, proteínas y minerales, que pueden promover el desarrollo morfológico intestinal y la madurez funcional (Ghaffari *et al.*, 2021).

Por lo que la calidad y manejo eficiente del calostro, son componentes esenciales para garantizar una transferencia pasiva exitosa en neonatos (Kertz *et al.*, 2017). Una higiene deficiente puede aumentar la susceptibilidad neonatal al padecimiento de enfermedades, causando un aumento en las tasas de mortalidad (Barry *et al.*, 2019). Aunque se reconoce que el calostro contiene un amplio espectro de componentes inmunológicos y nutricionales. La concentración de Ig se considera el punto de referencia para evaluar la calidad del calostro, definiéndose como alta cuando la concentración Ig supera los 50 g/L. Los niveles de Ig en el calostro pueden variar drásticamente entre vacas (Godden *et al.*, 2019).

El calostro representa una sustancia indispensable para los becerros recién nacidos, enriquecida en diversos nutrientes que fortalecen el sistema inmune y desarrollo de los neonatos, no obstante, también contiene ciertas sustancias perjudiciales para su salud. Dichos componentes son los agentes patógenos presentes en el calostro, ya que pueden actuar sobre el tracto digestivo y causar eventos de diarreas o incluso septicemias en los becerros alimentados con calostro contaminado (Godden *et al.*, 2012). La insuficiencia de Ig presentes en el calostro repercute en la incidencia de enfermedades, como la infección por *E. Coli*; en ello radica la importancia de absorber calostro rico en inmunoglobulinas (Blum, 2006).

Aparte de contener agua, el calostro también se constituye de proteínas, vitaminas, minerales y grasa, que compensan a las becerras con la energía requerida (Shivley *et al.*, 2018).

La inmadurez del sistema inmune repercute en la resistencia a factores ambientales en los becerros neonatos, siendo que estos requieren un manejo intenso y estricto, que se define por factores como la higiene, el bienestar animal y un sistema de alimentación efectivo que permite disminuir la morbilidad y mortalidad, eficacia en el rendimiento y un destete oportuno (Vieira-Salles *et al.*, 2024).

La mortalidad en terneros recién nacidos está estrechamente relacionada con un bajo consumo de calostro de buena calidad (Renaud *et al.*, 2018). En base a esto, se establece que en las primeras 24 horas de vida de la becerro esta debe recibir el 10 por ciento de su peso vivo en calostro, con la finalidad de que la becerro consuma al menos la mitad de esa cantidad 1 o 2 horas posteriores al nacimiento (Favela-Reyes *et al.*, 2006).

La cantidad de Ig que consume el becerro, se encuentra determinada por factores, tales como la calidad y volumen de calostro administrado, y, en cuanto a su posterior absorción se rige por los siguientes factores; rapidez con la que se suministra la primera toma de calostro, contaminación bacteriana y el estado fisiológico del animal (Godden *et al.*, 2019). La ingesta de calostro de alta calidad y absorción de IgG, tienen como efecto una transferencia exitosa de inmunidad pasiva a las 24 horas de vida de becerros neonatos (Shivley *et al.*, 2018).

Al transcurrir 24-36 h después del nacimiento, se inhabilita la capacidad de los enterocitos para absorber macromoléculas, a este dicho suceso se le conoce como cierre; previo al cierre, los enterocitos absorben de forma indiscriminada proteínas de gran peso molecular (Staley y Bush, 1985). Las macromoléculas transcurren por la lámina propia, para posteriormente ser absorbidas por la circulación linfática o portal. Si los niveles séricos en el becerro son inferiores a 10 mg/ml, se concluye que hay un fallo en la transferencia de inmunidad pasiva, pues dicha concentración debe alcanzar el pico de IgG antes del cierre (Godden, 2008). Posterior al primer mes de nacimiento del becerro, la vida media aproximada de la IgG materna es de 16 días, puesto que esta disminuye paulatinamente (Husband *et al.*, 1972).

Las Ig componen el 5% del contenido del calostro, posterior al parto que es el periodo donde se puede encontrar un alto contenido de componentes inmunitarios en el calostro (Stelwagen *et al.*, 2009). En el calostro se encuentran una gran variedad de inmunoglobulinas, algunas de ellas como las IgG, IgA, IgM. Más, sin embargo, la IgG es la más abundante, pues conforma el 85% de las inmunoglobulinas en el calostro (Buttler, 1983).

Aunque ciertas Ig no son específicas ante ciertos patógenos, si disminuyen la susceptibilidad ante la presencia de otros patógenos invasores, y por ello evita las consecuencias de una enfermedad secundaria (Thomas y Swarm, 1973). Un calostro de alta calidad, está estrechamente relacionado con el contenido de IgG, pues la calidad del calostro se mide con una concentración mínima de 50g/L de IgG (McGuirk y Collins, 2004).

La concentración de IgG en el suero sanguíneo es un indicador preciso de la transferencia de inmunidad pasiva, pues a pesar de que otras inmunoglobulinas son importantes fisiológicamente, la abundancia de IgG está directamente relacionada con la sobrevivencia y salud de las becerras (Besser y Gay, 1985). La falla en la transferencia de inmunidad pasiva (FTP) repercute en la tasa de supervivencia, crecimiento, la salud y el rendimiento de la becerro lechera (Costa *et al.*, 2021).

Cuando la becerro recibe buenas defensas por parte del calostro, se enferma menos y se reduce el riesgo de mortalidad antes y después del destete. Además, crece mejor, aprovecha mejor el alimento, tiene su primer parto más joven, produce más leche en sus primeras lactancias y es menos probable que sea descartada en su primera lactancia (Feber *et al.*, 2005).

2.3 Sistemas de alimentación

En las etapas más tempranas de su vida, un becerro requiere obtener su principal fuente de nutrición a través de la digestión de leche en el abomaso. Siendo así que, cuando el becerro bebe leche, se moviliza el reflejo esofágico. En base a esto, se produce la contracción de las paredes musculares del surco reticular esofágico,

convirtiendo el canal abierto en un canal cerrado, por lo cual, la leche se desvía más allá de los pre-estómagos hacia el abomaso (Sjaastad *et al.*, 2010).

A esta etapa se le conoce como fase de alimentación líquida, pues el surco reticular o gotera esofágica funge como un puente que desvía la leche directamente al abomaso, lo que impide que la leche sea degradada en el rumen (Orskov, 1972).

El objetivo común, sea cual sea el sistema de alimentación implementado en una crianza, es el mismo, obtener una ganancia de peso adecuada hacia el destete. Para ello, se requiere una ingesta de materia seca de 600 a 750 g/día, de los cuales aproximadamente 450 g se obtienen de la dieta líquida, lo cual equivale a 4 litros de leche o sustituto de leche para becerros que pesan entre 40-50 kg de peso vivo al nacer (Van-Saun, 2025).

Antes del destete los becerros manifiestan una mayor predisposición a desarrollar enfermedades, por lo tanto, establecer una adecuada nutrición en la etapa lactante de la becerro, puede incrementar la salud y crecimiento, lo cual repercute positivamente sobre la producción de leche futura (van Niekerk *et al.*, 2021).

El éxito de un sistema inmune fuerte y un intestino sano en un becerro recién nacido depende directamente de la calidad de leche consumida, ya que esta aporta los elementos necesarios para establecer una microbiota equilibrada desde el inicio del crecimiento (Cocker *et al.*, 2021).

2.3.1 Suministro de leche entera en la alimentación de becerros

Primordialmente la leche entera de vaca se compone de un 87.8% de agua, un 3.9% de grasa, un 3.2% de proteína y un 4.8% de lactosa (Schonfeldt *et al.*, 2012).

Pues la leche entera secretada por la raza Holstein, manifiesta una marcada diferencia de sólidos totales en comparación con la raza Jersey, puesto que, los valores de grasa establecidos para la raza Jersey son de 4.02% y 3.33% para la raza Holstein. Mientras que los valores porcentuales de proteína son de 3.33% en la raza Jersey y 2.73% en la raza Holstein (Acosta-Acosta *et al.*, 2020).

En base a los resultados obtenidos en un estudio, se observó que, los becerros alimentados con leche materna sin restricciones, en comparación con becerros a los que se les implementó un destete precoz entre los 0 y 70 días de edad mantuvieron un peso similar, sin embargo, al incrementar el consumo de alimento sólido, aquellos becerros destetados precozmente aumentaron su ganancia de peso, a diferencia de becerros que fueron alimentados por sus madres entre los días 91 y 150 (Guo *et al.*, 2015).

En un estudio los becerros Holstein que recibieron 8 L diarios de leche entera presentaron una ganancia media diaria mayor a los 56 días (0.780 frente a 0.620 kg) en comparación con aquellos alimentados con 4 L; sin embargo, no se observaron diferencias en el peso corporal a los 12 meses, ni en la edad al primer parto, tampoco en la producción durante la primera lactancia (Kiezebrink *et al.*, 2015).

En cuanto a la alimentación con leche entera o sustituto de leche, se establece que debe mantenerse en una temperatura de 40°C (105 °F) al momento de suministrarse al becerro (Amaral-Philips, 2023). El mecanismo de alimentación del becerro, en biberón no representa diferencias simbólicas en cuanto al consumo de leche, ya sea con un agujero pequeño o grande en la tetina, pues basado en un estudio la

variación promedio de consumo es 3.8 L en comparación con 3.6 L respectivamente, representa una diferencia mínima que se establece que el tamaño del agujero del chupón no influye sobre el consumo final de leche (Ellingsen-Dalskau *et al.*, 2020). Mas, sin embargo, beber de un balde abierto hace que los becerros pasen más tiempo de pie. Al no poder succionar, los animales consumen su ración líquida mucho más rápido, lo que altera su comportamiento natural (Jensen, 2003). Por lo tanto, cuando los becerros, beben de una cubeta, comienzan a incrementar su consumo de alimento sólido, lo cual calma sus ansias de succionar. Esto hace que pasen más tiempo en consumir concentrado y a rumiar (Silva *et al.*, 2025).

2.3.2 Sustituto de leche en la crianza de becerras

Reducir el costo en la alimentación de becerras previo al destete, puede llevarse a cabo por medio de la implementación de un sustituto de leche, pues debido a la gran exigencia que representa obtener un alto rendimiento productivo, el sustituto de leche es una opción viable que puede fomentar el crecimiento de la becerro (Wei *et al.*, 2023).

El sustituto de leche no solo es beneficioso por su impacto económico, sino también porque es fácil de almacenar, además produce un buen rendimiento en las becerras, lo que hace que sea un producto de gran utilidad para los criadores de becerras y productores lecheros (Wagenaar y Langhout, 2007).

El concepto de “lactoreemplazador” o “sustituto lechero”, se define como aquel producto que tiene como finalidad simular el contenido nutricional que aporta la leche natural a un becerro. Estos productos, que deben complementarse con

alimento seco, ofrecen resultados satisfactorios al ser reconstituidos. Su implementación en la crianza de terneros responde principalmente a necesidades operativas y criterios de rentabilidad económica (Garzón, 2007).

El sustituto de leche materna de uso comercial, por lo general, contiene entre un 18% y 20% de proteína cruda y entre un 10% a 15% de grasa, en relación con la materia seca. Para su uso en la alimentación animal, esta leche se reconstituye en agua tibia, por lo cual, alcanza una concentración final de 12.5% de materia seca (Lee *et al.*, 2008). Un sustituto de leche de mala calidad puede propiciar a una mayor incidencia de diarreas y a un déficit nutricional en la becerria (Calderón-Amor y Gallo, 2020).

Según un análisis, se realizó una comparación sobre el efecto de distintos niveles de proteína presentes en un sustituto de leche en cuanto al crecimiento y digestibilidad de nutrientes en becerros, antes del destete. Se suministraron tres tipos de sustituto de leche con diferentes niveles de proteína 18, 26 y 22%, en cuanto a los resultados obtenidos se observó que el peso corporal final, la ganancia neta, y la GMD, incrementaron en el tratamiento con 22% de proteína a diferencia de los tratamientos con 18 y 26%, pues la digestibilidad de proteína bruta (PB) mejoro en el tratamiento de 22% en comparación de los otros tratamientos (Li *et al.*, 2008).

No obstante, en base en un estudio de comparación de dos sustitutos lecheros, se determinó que, aquellos becerros que fueron alimentados con un sustituto de leche elaborado a base de cereales presentaron un aumento de peso no significativo, a

diferencia de los becerros alimentados con un sustituto hecho a base de proteína láctea (Ramos-Guevara *et al.*, 2013).

Cuadro 1 Composición y análisis de los sustitutos de leche (Tomado de Badman *et al.*, 2019).

Análisis (% en polvo MR)		
Proteína bruta	21.8	26.8
Grasa cruda	18.8	15.9
Ceniza	7.7	6.7
Fibra cruda	0.25	0.015
Humedad	2.2	2.6
pH	5.8	5.8
Calcio	0.75	0.86
Magnesio	0.1	0.11
Sodio	0.58	0.59
Potasio	1.61	1.41

Las diferencias en la composición nutricional de los sustitutos de leche, ejercen un efecto importante sobre la composición, la diversidad, y la dinámica de establecimiento de la microbiota en los becerros lecheros, en su etapa lactante. De igual forma, estos cambios intervienen de manera significativa en la salud intestinal y el bienestar general de los animales (Badman *et al.*, 2019).

El incremento de nutrientes en la dieta de becerros, impacta la composición corporal interna, más grasa y proteína. No obstante, limita el crecimiento estructural, como es el peso y altura. Un sustituto alto en proteína, por sí solo, tiende a incrementar la grasa corporal (Hill *et al.*, 2008).

Con respecto al contenido energético presente en el lacto reemplazador, puede constituirse por grasa, tales como, aceite de coco, sebo, grasa blanca selecta o manteca de cerdo (Van-Saun, 2025).

La alimentación de becerras con leche descremada ha mostrado resultados similares en la ganancia de peso en comparación con la leche entera, sin afectar la salud de los animales (Ramírez-Orta *et al.*, 2020). La leche descremada destaca por su alto contenido de caseína, la cual coagula en el abomaso permitiendo una digestión lenta (Elizondo-Salazar, 2007).

Las becerras Holstein procesan mejor las proteínas de origen lácteo en las primeras 4 semanas de vida (Elizondo-Salazar y Santamaría-Araya, 2011).

Para fabricar sustitutos de leche (ML), se utilizan tres fuentes fundamentales: leche desnatada, suero de leche y los residuos líquidos de la mantequilla. La elección entre estos ingredientes define la calidad y la velocidad de digestión del producto final (Aldredge *et al.*, 2013).

La calidad de un sustituto lácteo para becerras depende del origen y el procesamiento de sus proteínas. Las fuentes de origen animal (leche desnatada, suero y proteínas plasmáticas) ofrecen la mayor digestibilidad, siempre que el tratamiento industrial sea el adecuado. En contraste, las proteínas vegetales, como el aislado y concentrado de soja, se consideran opciones secundarias debido a su menor aprovechamiento biológico en terneros menores de tres semanas (Van-Saun, 2025).

2.3.3 Leche de antibiótico en la alimentación de becerras

Es común, que en ciertas crianzas con un número elevado de becerros se utilice leche entera o leche de descarte, como leche con residuos de antimicrobianos para la alimentación de las becerras, debido a sus beneficios económicos (Heinrichs *et al.*, 1995).

Con la finalidad de obtener leche de buena calidad, proveniente de vacas saludables, la calidad de la leche entera se rige por tres criterios: un bajo contenido de bacterias, que se encuentre libre de antimicrobianos y un nivel bajo de células somáticas (Philpot y Nickerson, 2000).

La leche de descarte se compone de leche de transición, calostro de baja calidad, leche post-calostroal, primordialmente leche de vacas tratadas por mastitis y diversas enfermedades, además es leche que contiene un alto recuento de células somáticas y, en base a esto se define como leche que no es comercializable (Ricci *et al.*, 2017). Incluso, la leche de desecho puede estar compuesta por medicamentos para tratar el dolor y la inflamación como son los AINE, pues a pesar de que la pasteurización sea el proceso efectivo en cuanto a la reducción de bacterias patógenas latentes en la leche de desecho, dicho tratamiento calórico no es el ideal para suprimir los residuos de antibióticos presentes en la leche (Garzón *et al.*, 2020). La importancia de la presencia de antibióticos y otros medicamentos en la leche es que, a pesar de que sea en concentraciones muy bajas, estos residuos ocasionan cambios en el perfil funcional de las poblaciones microbianas y, por lo tanto, afecta la microbiota intestinal de los becerros (Vleck-Pereira *et al.*, 2018). Una nutrición de baja calidad impacta negativamente el crecimiento de la becerro lactante de tres maneras:

impide la correcta formación de órganos, huesos y músculos; eleva el riesgo de infecciones por el uso de leche de hospital (afectando la talla y el peso); y debilita la capacidad de respuesta del sistema inmune frente a enfermedades externas (Drackley, 2001).

Es así que la leche de desecho, actúa como un conducto diseminador de ciertos agentes patógenos, tales como, *Mycobacterium avium*, *Paratuberculosis*, *Salmonella spp.*, *Mycoplasma spp.*, *Listeria monocytogenes*, *Campylobacter spp.*, *Mycobacterium bovis*, *Enterobacter spp.*, *Staphylococcus spp.*, y *E. coli* (Elizondo-Salazar y Heinrichs, 2008). A consecuencia de dicha situación, se han buscado alternativas eficientes que permitan reducir la carga bacteriana presente en leche de rechazo, siendo la pasteurización el mecanismo por excelencia que disminuye la cantidad de bacterias, disminuyendo la incidencia de diarreas y enfermedades causadas por estos agentes patógenos, de igual forma la higiene en el ordeño, manipulación, almacenamiento y alimentación son factores importantes en el control de crecimiento bacteriano (Elizondo-Salazar, 2016). Se estipula entonces que la pasteurización a 65°C por 30 minutos resulta un protocolo altamente efectivo que logra aminorar la presencia de bacterias en la leche de desecho. Lo cual garantiza un mejoramiento en la inocuidad de la leche (Elizondo-Salazar y Cavanillas-Murillo, 2026).

2.3.4 Suministro de alimento iniciador a becerras lactantes

En los sistemas convencionales de crianza de becerras, la finalidad es reducir costos en cuanto a la cría de vaquillas de reemplazo, por medio del incremento en el consumo temprano de alimento iniciador, lo que permite reducir el periodo de

lactancia (Davis-Rincker *et al.*, 2011). Por lo tanto, es fundamental saber cómo lograr que los terneros sigan comiendo bien durante el destete, especialmente si están en programas de alimentación especial. Hacer esto correctamente es lo que asegura que la crianza sea exitosa (Stamey-Lanier *et al.*, 2020).

En sus primeras dos semanas, el becerro casi no come alimento seco. Es recién a partir de la tercera semana cuando empieza a comer mucho más concentrado, preparándose para estimular el desarrollo fisiológico del rumen (Castro *et al.*, 2020).

El consumo de alimento iniciador es menor en los becerros que reciben una mayor cantidad de leche en comparación con aquellos que son alimentados con una cantidad menor. El consumo total de materia seca llega a ser superior durante las primeras semanas y posteriormente inferior en las semanas finales en que los becerros son alimentados con mayor cantidad de leche, en relación con aquellos que reciben menos leche (Jafari *et al.*, 2020).

Aquellos becerros que son suministrados con una dieta baja en leche, compensan los requerimientos nutricionales que no obtienen debido a un bajo suministro de leche o sustituto de leche, incrementando su consumo de alimento iniciador (Rosenberg *et al.*, 2017). Diariamente, el alimento iniciador debe reemplazarse con alimento nuevo y fresco que este a disponibilidad (Amaral-Philips, 2023).

Las becerras que reciben una dieta con mayor energía y proteína, inician su pubertad a una edad más temprana, pero un suministro incontrolado de estos nutrientes en la dieta, puede desencadenar un engorde excesivo en el animal y

además un exceso de grasa que puede provocar problemas en el desarrollo mamario (Sejrsen y Purup, 1997).

La fermentación de sólidos ingeridos produce ácidos grasos volátiles en el rumen, debido a esto, se incrementa el desarrollo de las papilas ruminales en becerras (Sander *et al.*, 1959). Diversos componentes estimulan el crecimiento de bacterias celulolíticas, amilolíticas y proteolíticas que resultan indispensables para la formación de la microbiota ruminal (Welk *et al.*, 2024).

Una alimentación basada en leche, heno y alimento solido de inicio tiende a promover el desarrollo del estómago anterior, lo que incrementa el desarrollo papilar y muscular del retículo-rumen, además de fomentar la pigmentación de la mucosa ruminal (Tamate *et al.*, 1962). La composición nutricional del pienso de iniciación influyó de manera determinante en el consumo de materia seca (MS). Se observó que la dieta con un 10% de grasa y un 18% de proteína fue la que generó la mayor ingesta por parte de los becerros (Sharma *et al.*, 2020).

Debido a los altos costos impuestos en el empleo de fuentes de proteína animal en sustitutos lecheros y alimento iniciador, se ha desarrollado el uso de diversas fuentes de proteína vegetal en lugar de obtener proteína de la leche o de origen animal. Por ejemplo, se puede utilizar proteína o grasa vegetal derivada de la harina de soja, maíz molido, harina de avena, la soja integral, etc. A raíz de estos ingredientes, pueden aprovecharse para la formulación de concentrados para becerros (Montoro y Bach, 2012). Las diferentes presentaciones del alimento iniciador, ya sea en harina o en forma de pellets, no causa alteraciones en el consumo (Coverdale *et al.*, 2004).

Aumentar la ingesta de alimento iniciador hacia la 4 semana de edad, ocurre mediante la reducción gradual de la ración de leche, lo que puede respaldar el mantenimiento del peso corporal, durante posterior al destete, en situaciones donde a los becerros se les suministra cantidades elevadas de leche (Khani *et al.*, 2017).

Como objetivo principal del consumo de alimento de inicio es obtener un destete exitoso basado en el consumo de por lo menos, 1kg de concentrado al día, durante varios días consecutivos (Drackley, 2008). Si bien la restricción en la oferta de leche incentiva un consumo precoz de concentrado, los terneros alimentados con 6 L diarios requieren un periodo considerable, entre 45 y 98 días para alcanzar una ingesta de 2 kg/día de alimento iniciador. Esto demuestra que, incluso bajo restricción, la transición al consumo sólido total es un proceso gradual (Roth *et al.*, 2009).

2.4 Suplementación con IgG específicas a becerros

Las inmunoglobulinas son proteínas, sintetizadas por células plasmáticas como respuesta ante antígenos, son elementos indispensables del sistema inmune, las cuales ejercen una importante acción sobre el reconocimiento y neutralización de patógenos como bacterias y virus (Ahmed, 2024). Más del 80-85% de los componentes del calostro, lo representan las IgG, IgG1 e IgG2, respectivamente. Mientras que la IgA compone entre el 8 y el 10% del calostro, siendo que la IgM solo constituye el 5 ó 12% (Tizard, 2008).

Se determinó que las vacas que parían durante el invierno presentaban niveles considerablemente menores de inmunoglobulina G (IgG) en el calostro en

comparación con las que parían en otras épocas del año. En contraste, el calostro de mayor calidad fue producido por las vacas que parían en otoño. Estos hallazgos indican que las variaciones estacionales en la calidad del calostro podrían estar asociadas con cambios en las tasas de mortalidad de los terneros (Gulliksen *et al.*, 2008). Además de que, a diferencia de las vacas multíparas, las vaquillas tienden a presentar un menor desarrollo de la glándula mamaria, una baja producción de calostro, y, por lo tanto, de inmunoglobulinas (McGee y Earley, 2019).

En general, a causa de situaciones como distocias al momento del parto y la ausencia del reflejo de succión por el becerro al nacer, se consideran factores importantes que influyen sobre niveles séricos bajos de IgG, una salud deficiente y alto riesgo de que el animal requiera tratamiento previo al destete (Homerovsky *et al.*, 2017).

Es debido a que la inmunidad materna no mantiene totalmente exentos a los becerros de contraer infecciones del tracto entérico y respiratorio. Derivado además de una sobrecarga bacteriana o viral, inclusive debido a la variedad presente en la especificidad antigénica de los anticuerpos maternos, se puede neutralizar la eficacia de la inmunidad pasiva desencadenando la manifestación de cuadros clínicos (Meganck *et al.*, 2015). Es a causa de esta falla en la inmunidad, que en los sistemas de crianza convencionales la incidencia de diarreas suele desencadenar una mortalidad del 50% de los casos más graves, pues usualmente la incidencia de diarreas ronda entre el 90 a 100% de los casos, lo cual tiende a afectar el posterior crecimiento y desarrollo de las becerras (Sun, 2003). Incluso a largo plazo, tiene efectos sobre un incremento en la producción de leche durante la primera lactancia

de becerras a las que se les alimento con mayores cantidades de Ig durante su crianza, en comparación con becerras que tuvieron falla en su transferencia de inmunidad pasiva (DeNise *et al.*, 1989).

En la actualidad, los procedimientos de manejo y productos que benefician la inmunidad pasiva en becerras son de suma importancia. Pues actualmente se recurren a mecanismos adversos para mejorar la inmunidad de los becerros (Foley y Otterby, 1978).

Disminuir las pérdidas relacionadas con la presencia de enfermedades dentro del hato lechero, es indispensable, pues se busca implementar soluciones diferentes al uso de antibióticos (Chamorro *et al.*, 2016). Es por lo tanto que, para tratar de garantizar la supervivencia y salud de los becerros al menos por las primeras 24 horas, suministrar un mínimo de 100 g de IgG, resulta efectivo (Quigley y Drewry, 1998).

El desarrollo de sustitutos de calostro tiene la finalidad de abastecer de Ig exógenas al becerro en situaciones donde el calostro materno es deficiente en Ig o se encuentra momentáneamente indisponible por cuestiones relacionadas a la vaca, este se elabora a partir de secreciones lácteas, sangre de becerro o yemas de huevo (Quigley *et al.*, 2001).

El suplemento de calostro, se define como una sustancia que tiene el fin de suministrar 100 gr de IgG por dosis empleada, pero su fórmula no está diseñada para reemplazar en su totalidad al calostro. Dichos suplementos deben ofrecerse

en conjunto con el calostro, fomentando la concentración de IgG y proporcionando los nutrientes en cantidades requeridas (Quigley *et al.*, 2002).

En un estudio donde emplearon dosis bajas de sustituto de calostro (70 g) con el objetivo de suplementar la dieta a base de sustituto de leche para la alimentación de becerros predestetados, en los primeros 14 días de vida, manifestó una marcada disminución en el número de días con diarrea y redujo el uso de antimicrobianos como profilaxis para el fallo de inmunidad pasiva (Berge *et al.*, 2009).

Una alternativa eficiente que puede propiciar una mejora en el sistema inmune de becerros Holstein es la adición de IgY proveniente de la yema de huevo de gallina. Posterior al transcurso de 72 a 168 hrs existe un incremento gradual en la concentración de IgY en aquellos becerros suministrados con calostro suplementado con 150 gr de yema de huevo (Quezada-Tristán *et al.*, 2014). Se establece que puede generarse una cantidad importante de IgY proveniente de una sola gallina, alrededor de 17 a 35 gr por ave al año, es debido a su coste bajo que puede aplicarse como prevención y tratamiento de enfermedades virales y bacterianas (Carlander *et al.*, 2001).

También puede emplearse la disecación de proteínas séricas por aspersión, como un suplemento que fomenta la inmunidad pasiva, pues la comparación de IgG sérica de becerros alimentados con calostro natural de varias vacas, suero bovino secado por aspersión de carácter alimenticio y suero de cerdo secado por el mismo proceso, mostro que resulta con mayor eficacia el uso de suero bovino, pues los becerros de dicho experimento manifestaron concentraciones más elevadas de IgG sérica en las 24 hrs posteriores a su suministro (Cattell *et al.*, 1997)

Suplementar con Ig exógenas, no solo mejora la salud dentro de la crianza, sino que además genera un beneficio económico, pues permite disminuir los gastos relacionados en tratamientos de becerras enfermas, disminuyendo el uso de antibióticos y mejorando la ganancia de peso (Denholm *et al.*, 2025). No obstante, el uso continuo o prolongado de dichos productos, si representan un gasto importante en el hato lechero, a diferencia del calostro materno que en excelentes condiciones no representa un costo directo, los suplementos de Ig generan un incremento significativo por cada animal, especialmente en los sistemas intensivos Lago *et al.*, 2026).

2.4.1 Costos de suplementación con inmunoglobulinas

Ante casos donde ocurren eventos en la falla de transferencia de inmunidad pasiva, las pérdidas económicas son significativas, puesto que, por cada animal enfermo, se pierden aproximadamente \$1,222.76 pesos mexicanos, y para casos de alta prevalencia, se estima un gasto de \$1,936.03 y 2,690.06 pesos mexicanos (Raboisson *et al.*, 2016).

Suplementar con inmunoglobulinas a becerras, así como mejora su respuesta inmune ante diferentes patógenos, también genera costos importantes, dependiendo del tipo de producto y la dosis empleada, entre el suplemento de calostro y el reemplazador de calostro, el suplemento de calostro suele ser más económico aproximadamente de \$83.93 a \$121.70 pesos por dosis y los productos de reemplazo de calostro, que tienden a ser más elevados, tienen un costo entre \$434.65 y \$ 521.58 pesos mexicanos (Gamsjäger *et al.*, 2020).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Sitio de estudio

El estudio se realizará del 20 de febrero al 22 de marzo de 2026, en la unidad experimental adscrita al departamento de Ciencias Básicas, ubicada en las instalaciones de la UAAAN Unidad Laguna, esta se encuentra en el Municipio de Torreón en el estado de Coahuila de Zaragoza.; éste se encuentra localizado en la región semidesértica del norte de México a una altura de 1100 msnm, entre los paralelos 25°55'65.0"N 103°18'37.10"W, 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, y con una precipitación anual promedio de 240 mm y una humedad relativa de entre 29 y 83%.

3.2 Diseño experimental

Para evaluar el efecto de la administración de inmunoglobulinas específicas se seleccionarán al azar 12 becerros recién nacidos. Los animales se comprarán en una Unidad de Producción Lechera de la Comarca Lagunera, posteriormente serán trasladados a las instalaciones de la UAAAN UL para su alimentación y desarrollo. Los tratamientos por utilizar son los siguientes: T1=testigo 0 gr, T2= 15 gr al nacimiento, T3= 30 gr, 15 gr al nacimiento, 15 gr 48 h después de la primera aplicación (Figura 1).



Figura 1 Suministro de inmunoglobulinas a becerro Holstein recién nacido.

Se ofreció sustituto de leche 20 proteína/20 grasa (Cuadro1) a razón de 140 g por litro de agua, diariamente se suministraron cuatro litros (dos L 7 am y dos L 4 pm) de lecha (Figura 1) al día por animal los primeros 50 días de vida. Se ofreció agua y alimento iniciador (18% de proteína) a partir del segundo día de vida.

Cuadro 2 Contenido nutricional del sustituto de leche comercial utilizado para la alimentación de los becerros.

Ingredientes	Porcentaje
Proteína cruda Mín.	20.0%
Fibra cruda Max.	0.15%
Grasa cruda Mín.	20.0%
Cenizas Max.	6.5%
Humedad Max.	5.0%
E.L.N Mín.	45.0%



Figura 2 Preparación y alimentación con sustituto de leche a becerro Holstein recién nacido

Las variables que se considerarán para evaluar el efecto de las inmunoglobulinas serán; peso y altura a la cruz (Figura 3), los cuales se registraran a partir del nacimiento y posteriormente cada siete días hasta el día 32 de vida, ganancia diaria de peso; la ganancia diaria de peso se calculará mediante la división de la ganancia de peso total entre el número de días de lactancia. Para obtener el peso de los animales, se utilizará una báscula ganadera (PG-2000, Torrey ®). Y para la medición de la altura se utilizará una cinta métrica.



Figura 3 Medición de altura la cruz y la cadera en becerro Holstein.

Estimación del consumo de alimento iniciador (AI) (Cuadro 2) se suministró diariamente por la mañana y de ser necesario se servía por la tarde. Para determinar el consumo de AI se utilizó una báscula electrónica digital (LEQ-5, Torrey ®), se midió a partir del día 1 hasta el día 30 de vida. Cada tratamiento constó de tres repeticiones considerando a cada becerro como una unidad experimental. Se ofreció agua a libre acceso a partir del primer día de vida.

Cuadro 3 Contenido nutricional del alimento iniciador utilizado en la alimentación de los becerros.

Ingrediente		%
Humedad	Máxima	13.0
Proteína cruda	Mínima	18
Grasa Cruda	Mínima	3.0
Fibra Cruda	Máxima	8.0
Cenizas	Máxima	7.0

El análisis estadístico para estimar la ganancia de peso y altura de los becerros se realizará mediante un análisis de varianza y la comparación de medias se realizará mediante la prueba de Tukey. Se empleará el valor de $P < 0.05$ para considerar diferencia estadística. Los análisis se ejecutarán utilizando el paquete estadístico de Olivares-Sáenz (2012).

.

.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En relación con los resultados observados en el presente estudio para la variable de ganancia diaria de peso (Cuadro 4) no se observó diferencia estadística significativa entre los tratamientos evaluados.

Cuadro 4 Ganancia diaria de peso de becerros Holstein suplementados con inmunoglobulinas específicas durante los primeros 30 días de vida.

Tratamientos	Días de vida			
	1-8	8-17	17-22	22-29
T1	0	.429	.500	.310
T2	-0.083	.286	.333	.207
T3	0	.330	.190	.138

En otro estudio realizado por González-Avalos et al. (2019) comparo la ganancia de peso y altura de 75 becerros alimentados con calostro materno vs becerros alimentados con un suplemento de calostro, aunque el suplemento de calostro no incremento la transferencia de inmunidad pasiva, si se observó diferencia en la ganancia de peso entre los tratamientos evaluados, siendo que el grupo control, al cual solo se le suministro calostro materno, manifestó mayor ganancia de peso diario de 0.934 kg a diferencia del primer grupo con tratamiento de calostro materno más suplemento de calostro, que obtuvo un promedio de GDP de 0.865 kg y el segundo grupo en tratamiento, al que se le dio únicamente suplemento de calostro, con una ganancia de 0.780 kg.

A comparación de la GDP obtenida por Castro-Flores y Elizondo-Salazar (2012) donde registro un promedio de ganancias de peso de 571 gramos al día para becerros Holstein a la cuarta semana de vida, donde se comparó diferentes tipos de concentrados en distintas presentaciones, como en harina, alimento en harina con forraje, midiendo sus efectos en el desarrollo y crecimiento ruminal en doce becerros.

Con relación a la ganancia de peso (kg) en becerros suplementados con inmunoglobulinas específicas (Cuadro 5) no se observó diferencia estadística significativa entre tratamientos.

Cuadro 5 Peso de becerros Holstein suplementados con inmunoglobulinas específicas durante los primeros 30 días de vida.

Tratamientos	Días de vida			
	8	17	22	29
T1	38	41	44.5	47
T2	38	40	42.3	44.7
T3	38.7	41	42.3	42.3

A diferencia de los resultados de peso final expresados en otro experimento donde la alimentación con un sustituto de calostro (CR) a base de suero sanguíneo, que se agregó al sustituto de leche, durante sus primeros 14 días de vida, donde se trabajaron con 1037 becerros recién nacidos, todos recibieron diariamente 3.78 L de sustituto de leche, diferenciado exclusivamente por el nivel de concentración de sustituto de calostro, siendo un grupo control sin suplemento, el siguiente grupo con

suplementado con 23 gr de CR que proporciona 10 g de IgG al día y un tercer grupo suplementado con 46 gr de CR que brinda 20 gr de IgG por becerro diario, en base a esto, los becerros que fueron suplementados con 20 gr de IgG fueron los más pesados y los del grupo testigo los más ligeros obteniendo pesos de 42.2 kg, 42.9 kg y 43.5 kg de peso a los 14 días de vida respectivamente para cada grupo (Lago *et al.*, 2026).

En cambio, los valores de peso registrados por Heinrichs y Hargrove (1987) fueron aproximadamente de 62 kg para el primer mes de vida, datos obtenidos de la evaluación de 5723 becerras de diferentes establos lecheros, estudio realizado con la finalidad de establecer un valor estimado de peso y altura en distintas lecherías de Pennsylvania, para dichas mediciones se utilizó una cinta métrica para pesar calculando el perímetro torácico, con una precisión de más del 7% cercano al peso real de las becerras.

Respecto a la ganancia de altura (cm) en becerros suplementados con inmunoglobulinas específicas (Cuadro 6) no se observó diferencia estadística significativa entre tratamientos.

Para la variable de altura, en la presente investigación se obtuvieron valores cercanos a los expresados por Heinrichs y Jones (2025), específicamente en la tabla referida a becerras Holstein, refiriendo como altura promedio para becerras de un mes de vida de aproximadamente 83.82 cm de altura la cruz, dichos datos fueron producto de la medición de becerras de diferentes razas en Estados Unidos desde 1991 hasta 1992.

Cuadro 6 Altura promedio en becerros Holstein suplementados con inmunoglobulinas específicas durante los primeros 30 días de vida.

Tratamientos	Días de vida			
	8	17	22	29
T1	79.5	81.5	83	84
T2	75.3	76	80.3	82.3
T3	78.7	79.7	82	82.7

Basados en los datos obtenidos de la gráfica sobre incremento de altura semanal de becerros Holstein suplementados con *Aspergillus oryzae* y *Aspergillus niger* además de enzimas digestivas suministradas a 12 becerros, a los cuales se les sirvió 4 L de leche de descarte distribuidos en dos tomas al día, donde en dicha leche se agregó el aditivo durante 49 días consecutivos, puesto que, aunque el tratamiento no mostro diferencia significativa sobre el aumento de la altura a la cadera, se registró semanalmente la altura, obteniendo valores de 84 cm para el grupo de control y 78 cm para el grupo de tratamiento, específicamente para la 4 semana de edad (Vaz-Ramírez *et al.*, 2021).

5. CONCLUSIONES

En base a los resultados observados en el presente estudio se concluye que, al no haber una diferencia estadística significativa entre tratamientos, la suplementación con inmunoglobulinas específicas en forma de pasta no resultó efectiva, en cuanto a la ganancia de peso y altura de becerros Holstein lactantes en los primeros 30 días de vida. Se sugiere administrar calostro de calidad en tiempo y cantidad suficiente para que los animales adquieran una adecuada transferencia de inmunidad.

6. LITERATURA CITADA

- Acosta-Acosta, Y., La O-Michel, A. L., La O-Cantalapiedra, L. A. 2020. La composición de la leche, su variación según raza y la lactancia. *Hombre Ciencia y Tecnología*. 24:93-97.
- Agerholm, J., Basse, A., Krogh, H. V., Christensen, K., y Rønsholt, L. 1993. Abortion and calf mortality in Danish cattle herds. *Acta Vet. Scand.* 34:371-377.
- Ahmed, R. 2024. Immunoglobulins: structure, function, and therapeutic applications in immune response. *Preprints*. 1-15.
- Aldredge, D. L., Geronimo, M. R., Hua, S., Nwosu, C. C, Lebrilla C. B., y Barile, D. 2013. Annotation and structural elucidation of bovine milk oligosaccharides and determination of novel fucosylated structures. *Glycobiol.* 23(6):664-674.
- Amaral-Phillips, M. D. 2023. Winter feeding and management practices for dairy calves. Department of Animal & Food Sciences. University of Kentucky.
- Arthington, J. D., Cattell, M. B., y Quigley, J. D. 2000. Effect of dietary IgG source (Colostrum, Serum, or Milk-Derived Supplement) on the efficiency of Ig absorption in newborn holstein calves. *J. Dairy Sci.* 83:1463-1467.
- Badman, J., Daly, K., Kelly, J., Moran, A. W., Cameron, J., Watson, I., Newbold, J., y Shirazi-Beechey, S. P. 2019. The effect of milk replacer composition on the intestinal microbiota of pre-ruminant dairy calves. *Front. Vet. Sci.* 6: 371.
- Barrington, G. M., Gay, J. M., y Evermann, J. F. 2002. Biosafety for neonatal gastrointestinal diseases. *North American Veterinary Clinic, Food and Animal Practice*. 18:7-34.
- Barry, J., Bokkers, E. A. M., Berry, D. P., de Boer, I. J. M, McClure, J., Kennedy, E. 2019. Associations between colostrum management, passive immunity, calf-related hygiene practices, and rates of mortality in preweaning dairy calves. *J. Dairy Sci.* 102:10266-10276.

- Beaudeau, F. 1995. Cow's health and farmer's attitude towards the culling decision in dairy herds. Ph.D. Diss., Wageningen Agric. Univ., Wageningen, The Netherlands.
- Belloso, V. T. I. 2005. Cría y desarrollo de vaquillas lecheras. Memorias de DIGAL. Día Internacional del Ganadero Lechero. Delicias, Chihuahua, México.
- Bellows D.S., Ott, S.L., y Bellows R.A. 2002. Review: cost of reproductive diseases and conditions in cattle. *Prof Anim Sci.* 18:26-32.
- Berge, A. C., Besser, T. E., Moore, D. A, y Sischo, W. M. 2009. Evaluation of the effects of oral colostrum supplementation during the first fourteen days on the health and performance of pre weaned calves. *J. Dairy Sci.* 92:286-295.
- Besser, T.E., y Gay, C.C. 1985. Septicemic colibacillosis and failure of passive transfer of colostral immunoglobulin in calves. *Vet. Clin. N. Am. Food Anim. Pract.* 1:445-459.
- Blum, J. W. 2006. Nutritional physiology of neonatal calves. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition.* 90:1-11.
- Bok, M., Vega, C. G., Castells, M., Colina, R., y Wigdorovitz, A. 2023. Development of an IgY-based treatment to control bovine coronavirus diarrhea in dairy calves. *Viruses.* 15(708):1-19.
- Boyer C.N., Griffith A.P., y De Long K.L. 2020. Reproductive failure and long-term profitability of spring- and fall-calving beef cows. *J Agr Resour Econ.* 45:78-91.
- Butler, J. E. 1973. Synthesis and distribution of immunoglobulins. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 163:795-798.
- Butler, J. E. 1983. Bovine immunoglobulins: an augmented review. *Vet. Immunol. Immunopathol.* 4:43-152.

- Calderón-Amor J, Gallo C. 2020. Dairy calf welfare and factors associated with diarrhea and respiratory disease among Chilean dairy farms. *Animals*. 10(1115):2-16.
- Carlander, D., Olesen, H., Kollberg, H., Johanesson, M., Wejaker, P. E., Larsson, A. 2001. Avian antibodies can eliminate interference due to complement activation in ELISA. *Upsala J Med Sci*. 17:282-284.
- Carulla, P., Villagr , A., Estell s, F., y Blanco-Penedo, I. 2023. Implications of welfare in management strategies for dairy calf rearing: a review. *Front. Vet. Sci*. 10:02-12.
- Castro, M. M. D., Albino, R. L., Rodrigues, J. P. P., Sguizzato, A. L. L., Santos, M. M. F., Rotta, P. P., Caton, J. S., Moraes, L. E. F. D., Silva, F. F., y Marcondes, M. I. 2020. Energy and protein requirements of Holstein $\times$ Gyr crossbred heifers. *Animal*. 14(9):1857-1866.
- Castro-Flores, P., y Elizondo-Salazar, J. A. 2012. Crecimiento y desarrollo ruminal en terneros alimentados con iniciador sometido a diferentes procesos. *Agronom a Mesoamericana*. 23(2):343-352.
- Cattell, M. B., Garry, F. B., Arthington, J. D. 1997. Comparison of passive immunoglobulin transfer in newborn dairy calves fed colostrum or spray-dried serum proteins. *J. Dairy Sci*. 80:215.
- Chamorro, M. F., Cernicchiaro, N., Haines, D. M. 2016. Evaluation of the effects of colostrum replacer supplementation of the milk replacer ration on the occurrence of disease, antibiotic therapy, and performance of pre-weaned dairy calves. *J. Dairy Sci*. 100(2):1378-1387.
- Costa, A. Franzoi, M., Visentin, G., Gol, A., De Marchi, M., y Penasa, M. 2021. The concentrations of immunoglobulins in bovine colostrum determined by the gold standard method are genetically correlated with their near-infrared prediction. *Genet Sel Evol*. 53(87):2-14.
- Coverdale, J., Tyler, H., Quigley, J., y Brumm, J. 2004. Effect of various levels of forage and form of diet on rumen development and growth in calves. *J. Dairy Sci*. 87:2554-2562.

- Curtis, S. E. 1981. Ch. 8 in Environmental Management in Animal Agriculture. Anim. Environmental Serv., Mahomet, IL.
- Davenport, D. F., Quigley, J. D., III, Martin, J. E., Holt, J. A., y Arthington, J. D. 2000. Addition of casein or whey protein to colostrum or a colostrum supplement product on absorption of IgG in neonatal calves. J. Dairy Sci. 83:2813-2819.
- Davis-Rincker, L. E., Van deHaar, M. J., Wolf, C. A., Liesman, J. S., Chapin, L. T., y Weber-Nielsen, M. S. 2011. Effect of intensified feeding of heifer calves on growth, pubertal age, calving age, milk yield, and economics. J. Dairy Sci. 94:3554-3567.
- Denholm, K. S., Baxter-Smith, K., Haggerty, A., Denholm, M., Williams, P., Vertenten, G. 2025. Randomized prospective study exploring health and growth outcomes for 5 days of extended transition milk feeding in pre-weaned Scottish replacement dairy heifers. Res Vet Sci. 188:1-11.
- DeNise, S. K., Robinson, J. D., Stott, G. H., y Armstrong, D. V. 1989. Effects of passive immunity on subsequent production in dairy heifers. J. Dairy Sci. 72:552-554.
- Drackley, J. K. 2001. Milk feeding strategies for calves, does “accelerated growth” makes sense? PHGA National Conference. 27-36.
- Drackley, J. K. 2008. Calf nutrition from birth to breeding. Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice. 24(1): 55-86.
- Dziekiewicz-Mrugasiewicz, M., y Wierzbicka, M. 2021. The reasons of culling of cattle in dairy cows herd - a review. Pol. J. Natur. Sc. 36(2):197-209.
- Elizondo-Salazar, J. A. 2007. Sustitutos de leche para terneros: importancia de la fuente de proteína. Agronomía Mesoamericana. 18(2):253-266.
- Elizondo-Salazar, J. A. 2016. Pasteurización de leche de descarte en explotaciones lecheras. Horizonte Lechero. 2:54-58.

- Elizondo-Salazar, J. A., Cavanillas-Murillo, 2026. Uso de leche de descarte pasteurizada en terneras Jersey: Efectos sobre el crecimiento, la salud y los costos. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. 34(1):31-47.
- Elizondo-Salazar, J. A., y Monge-Rojas, C. R. 2019. Consumo de alimento balanceado en reemplazos de lechería desde el nacimiento hasta las ocho semanas de edad. *Nutrición Animal Tropical*. 13(2):58-75.
- Elizondo-Salazar, J. A., y Santamaría-Araya, G. 2011. Digestibilidad de nutrientes en terneros alimentados con sustitutos a base de leche descremada. *Revista de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño*.
- Elizondo-Salazar, J., y Heinrichs, A. 2008. Make handling of post-pasteurized waste milk a priority. *Progressive Dairyman*. 22(8):52-53.
- Ellingsen-Dalskau, K., Mejdell, C. M., Holand, T., Ottesen, N., y Larsen, S. 2020. Estimation of minimum tolerated milk temperature for feeding dairy calves with small- and large-aperture teat bottles: A complementary dose-response study. *J. Dairy Sci*. 103(11):10651-10657.
- Faber, S. N., Faber, N. E., McCauley, T. C., y Ax, R. L. 2005. Effects of colostrum ingestion on lactational performance. *The Professional Animal Scientist*. 21: 420-425.
- Favela-Reyes, J. E., Acosta-López, O., Hernández-Salgado, J. R., Jaimes-Jaimes, J. 2006. Evaluación de doxinal-d como inductor indirecto de inmunidad en becerras holstein friesland en la comarca lagunera. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 5(1):61-65.
- Foley, J. A., y Otterby, D. E. 1978. Availability, storage, treatment, composition, and feeding value of surplus colostrum: A review. *J. Dairy Sci*. 61:1033-1060.
- Fuente de la E. G. 1981. Memorias del curso de actualización crianza de becerras, México 1981. *Fac. Med. Vet. y Zoot. Universidad Nacional Autónoma de México*. México D.F. 395-399.
- Gamsjäger, L., Elsohaby, I., Pearson, J. M., Levy, M., Pajor, E. A., Haines, D. M., y Windeyer, M. C. 2020. Assessment of Brix refractometry to estimate

immunoglobulin G concentration in beef cow colostrum. *J Vet Intern Med.* 34:1662-1673.

Garzon, A., Pandey, P., Tell, L., Aly, S. S., Poppenga, R., Pereira, R. 2020. Evaluation of heat and pH treatments on degradation of ceftiofur in whole Milk. *Front. Vet. Sci.* 7:288.

Garzón-Quintero, B. 2008. Sustitutos lecheros en la alimentación de terneros. *REDVET.* 8(5):1-39.

Ghaffari, M. H., Sadri, H, Steinhoff-Wagner, J., Hammon, H. M., Sauerwein, H. 2021. Effects of colostrum feeding on the mRNA abundance of genes related to toll-like receptors, key antimicrobial defense molecules, and tight junctions in the small intestine of neonatal dairy calves. *J. Dairy Sci.* 104:10363-10373.

Godden, S. 2008. Colostrum management for dairy calves. *Vet. Clin. Food Anim.* 24:19-39.

Godden, S. M., Smolenski, D. J., Donahue, M., Oakes, J. M., Bey, R., Wells, S., Sreevatsan, S., Stabel, J., y Fetrow, J. 2012. Heat-treated colostrum and reduced morbidity in preweaned dairy calves: Results of a randomized trial and examination of mechanisms of effectiveness. *J. Dairy Sci.* 95(7):4029-4040.

Godden, S. M., Lombard, J. E., y Woolums, A. R. 2019. Colostrum Management for Dairy Calves. *Clínica Veterinaria Food Anim.* 35:535-556.

González, A. R., Gónzalez, A. J., Rodríguez, H. K., Peña, R. B. P., y Nuñez, G. L. E. 2011. Prevalencia en la falla de transferencia de inmunidad en becerras lecheras Holstein. 11º Congreso internacional de MVZ especialistas en Bovinos. 05, 06 y 07 de noviembre. Torreón, Coahuila, México.

González-Ávalos, R., Peña-Revuelta, B. P., González-Ávalos, J., Cantú-Brito, J. E., y Rodríguez-Dimas, N. 2019. Transferencia de inmunidad pasiva, salud y crecimiento de becerros empleando calostro materno pasteurizado vs suplemento. *Agraria.* 16(2):49-55.

- González-Avalos, R., Macías-Ortíz, E. J., Ramírez-Uranga, K. Q., y Peña-Revuelta, B. P., y Díaz-Robles, L. F. 2023. Manual de alimentación de reemplazos lecheros. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Goodger, W. J., Fetrow, J., Ferguson, G. M., Trout, H.F., y McCabe, R. 1989. A computer spreadsheet program to estimate the cost of raising dairy replacements. *Prev. Vet. Med.* 7:239-254.
- Gulliksen, S. M., Lie, K. I., Sølverød, L., y Østerås, O. 2008. Risk factors associated with colostrum quality in Norwegian dairy cows. *J. Dairy Sci.* 91:704–712.
- Guo, F., Tu, Y., Si, B. W., Xing, Y. C., Wang, J., Zhang, J., Huang, K. W., Huang, D. J., Diao, Q. Y. 2015. Effects of weaning age on growth performance of red angus hybrid calves fed with milk replacer. *Chinese Journal of Animal Science.* 51:65-71.
- Heinrichs, A. J., y Hargrove, G. L. 1987. Standards of Weight and Height for Holstein Heifers. *J. Dairy Sci.* 70:653-660.
- Heinrichs, A. J. 1992. Raising dairy replacements to meet the needs of the 21st century. *J. Dairy Sci.* 76(10):3179-3187.
- Heinrichs, J. A., Wells, S. J., y Losinger, W. C. 1995. A in study of the use of milk replacers for dairy calves the United States. *J. Dairy Sci.* 78:2831-2837.
- Heinrichs, A., y Lammers, B. 1998. Monitoring dairy heifer growth. College of Agricultural Sciences. University of Penn State. 5M498PS. 1-16.
- Heinrichs, A. J., Heinrichs, B. S., Harel, O., Rogers, B. W., y Place, N. T. 2005. Prospective study of the factors that affect age, body size and body condition at first calving of Holstein dairy heifers. *J. Dairy Sci.* 88:2828-2835.
- Heinrichs, A. J., Jones, C. M., Gray, S. M., Heinrichs, P. A., Cornelisse, S. A., y Goodling, R. C. 2013. Identifying efficient dairy heifer producers using production costs and data envelopment analysis. *J. Dairy Sci.* 96:7355-7362.
- Heinrichs, J., Tozer, P., Gabler, M., y Schriefer, T. 2025. Heifer economics. University of Penn State.

- Heinrichs, J., y Jones, M. C. 2025. Growth charts for dairy heifers. University of Penn State.
- Hill, S. R., Knowlton, K. F., Daniels, K. M., James, R. E., Pearson, R. E., Capuco, A. V., y Akers, R. M. 2008. Effects of milk replacer Composition on growth, body composition, and nutrient excretion in preweaned holstein heifers. *J. Dairy Sci.* 91(8):3145-3155.
- Homerovsky, E. R., Timsit, E., Pajor, E. A., Kastelic, J. P., Windeyer, M. C. 2017. Predictors and impacts of colostrum consumption by 4 h after birth in newborn beef calves. *Vet. J.* 228:1-6.
- Hu, W., Hill, T. M., Dennis, T. S., Suarez-Mena, F. X., Quigley, J. D., y Schlotterbeck, R. L. 2019. Intake, nutrient digestibility, and growth performance of Holstein dairy calves consuming a milk replacer at moderate or high feeding rates. *J. Dairy Sci.* 102(9):7917-7926.
- Husband, A. J., Brandon, M. R., Lascelles, A. K. 1972. Absorption and endogenous production of immunoglobulins in calves. *Aust. J. Exp. Biol. Med. Sci.* 50:491-498.
- Jafari, A., Azarfar, A., Ghorbani, G. R., Mirzaei, M., Khan, M. A., Omid-Mirzaei, H., y Pakdel, A. 2020. Effects of physical forms of starter and milk allowance on growth performance, ruminal fermentation, and blood metabolites of Holstein dairy calves. *J. Dairy Sci.* 103(12):11300-11313.
- Jensen, M. B. 2003. The effects of feeding method, milk allowance, and social factors on milk feeding behavior and cross-sucking in group housed dairy calves. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 80:191-206.
- Kertz, A. F., Hill, T. M., Quigley, J. D., Heinrichs, A. J., Linn, J. G., y Drackley, J. K. 2017. A 100-Year Review: Calf nutrition and management. *J. Dairy Sci.* 100(12):10151-10172.
- Khani, M., Ahmadi, F., Ariana, S., Omidian, S., Sharifi, S., Ghaffari, M. H., y Beiranvand, H. 2017. Performance of Holstein calves receiving equal

quantities of milk at fixed or variable amounts per day during milk-feeding period. *Animal*. 11:1737-1744.

Kiezebrink, D. J., Edwards, A. M., Wright, T. C., Cant, J. P., y Osborne, V. R. 2015. Effect of enhanced whole-milk feeding in calves on subsequent first-lactation performance. *J. Dairy Sci.* 98:349-356.

Kindt, T. J., Goldsby, R. A., y Osborne, B. A. 2007. *Kuby immunology*. 6 ed. W. H. Freeman and Company. New York, U. S. A.

Lago, A., Leonardi, C., Engel, L. C., Geiger, A. J. 2026. Economic considerations of calf feeding systems. *J. Dairy Sci.* 104(1):1-10.

Lee, H. J., Khan, M. A., Lee, W. S., Kim, H. S., Ki, K. S., Kang, S. J., Hur, T. Y., Khan, M. S., y Choi, Y. J. 2008. Growth, blood metabolites, and health of Holstein calves fed milk replacer containing different amounts of energy and protein. *Asian australas. J. Anim. Sci.* 21:198-203.

Li, H., Diao, Q. Y., Zhang, N. F., Tu, Y., Wang, J. F. 2008. Effect of different protein levels on nutrient digestion metabolism and serum biochemical parameters in calves. *Agricultural Sciences in China*. 7:375-380.

Lombard, J., Urie, N., Garry, F., Godden, S., Quigley, J., Earleywine, T., McGuirk, S., Moore, D., Branan, M., Chamorro, M., Smith, G., Shivley, C., Catherman, D., Haines, D., Heinrichs, A. J., James, R., Maas, J., y Sterner, K. 2020. Consensus recommendations on calf-and herd-level passive immunity in dairy calves in the United States. *J. Dairy Sci.* 103:7611-7624.

López, A. J., Jones, C. M., Geiger, A. J., y Heinrichs, A. J. 2020. Comparison of immunoglobulin G uptake in calves fed maternal colostrum, a commercial whey-based colostrum substitute, or supplemented maternal colostrum. *J. Dairy Sci.* 103:4838-4845.

Maunsell, F. P., Morin, D. E., Constable, P. D., Hurley, W. L., McCoy, G. C. 1999. Use of mammary gland and colostral Characteristics for prediction of colostral IgG1 concentration and intramammary infection in Holstein cows. *J. Am Vet Med Assoc.* 214:1817-1822.

- McCarthy, H. R., Cantor, M. C., López, A. J., Pineda, A., Nagorske, M., Renaud, D. L., y Steele, M. A. 2024. Effects of colostrum supplementation beyond the first day of life on growth and health parameters of Holstein heifers before weaning. *J. Dairy Science*. 107(5):3280-3291.
- McGee, M., y Earley, B. 2019. Review: passive immunity in beef-suckler calves. *Animal*. 13:810-825.
- McGuirk, S. M., y Collins, M. 2004. Managing the production, storage, and delivery of colostrum. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 20:593-603.
- Medina, C. M. 1994. Capítulo 6. Crecimiento. *Medicina Productiva en la Crianza de Becerras Lecheras*. 1ªed. Editorial Limusa. 209-221.
- Meganck, V. G., Hoflack, S. Piepers, y Opsomer, G. 2015. Evaluation of a protocol to reduce the incidence of neonatal calf diarrhoea on dairy herds. *Prev. Vet. Med.* 118:64-70.
- Miyazaki, T., Okada, K., y Miyazaki, M. 2017. Short communication: Neonatal calves coagulate first-milking colostrum and produce a large curd for efficient absorption of immunoglobulins after first ingestion. *J. Dairy Sci.* 100:7262-7270.
- Mohd-Nor, N., Steeneveld, W., Mourits, M. C., y Hogeveen, H. 2012. Estimating the costs of rearing young dairy cattle in the Netherlands using a simulation model that accounts for uncertainty related to diseases. *Prev Vet Med.* 106:214-224.
- Montoro, C., y Bach, A. 2012. Voluntary selection of starter feed ingredients offered separately to nursing calves. *Livest Sci.* 149:62-69.
- Orskov, E. R., 1972. Cierre reflejo del surco esofágico y su posible aplicación en la nutrición de rumiantes. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 2: 169-176.
- Philpott, W., y Nickerson, S. 2000. Winning the fight against mastitis. *Westfalia Surge Inc. Illinois, United States*. 192.

- Quezada-Tristán, T., García-Flor, V. L., Ortiz-Martínez, R., Arredondo-Figueroa, J. L., Medina-Esparza, L. E., Valdivia-Flores, A. G., y Montoya-Navarrete, A. L. 2014. Biochemical parameters in the blood of Holstein calves given immunoglobulin Y-supplemented colostrums. *BMC Veterinary Research*. 10(159):1-7.
- Quigley, J. D., III, y Drewry, J. J. 1998. Nutrient and immunity transfer from cow to calf pre- and post-calving. *J. Dairy Sci.* 81:2779-2790.
- Quigley, J. D. Strohbehn, R. E. Kost, C. J. O'Brien, M. M. 2001. Formulations of colostrums supplements, colostrum replacers and acquisition of passive immunity in neonatal calves. *J. Dairy Sci.* 84: 2059-2065.
- Quigley, J. D., III, Kost, C. J., y Wolfe, T. M. 2002. Absorption of Protein and IgG in Calves Fed a Colostrum Supplement or Replacer. *J. Dairy Sci.* 85(5):1243-1248.
- Raboisson, D., Trillat, P., y Cahuazac, C. 2016. Failure of Passive Immune Transfer in Calves: A Meta-Analysis on the Consequences and Assessment of the Economic Impact. *Plos ONE*. 11(3):1-19.
- Ramírez-Orta, M. A., Rosero-Guerra, G. K., Castillo-Parra, B. F., y Trujillo-Villacís, J. V. 2020. Design, construction and automation of a milk skimmer for feeding in Holstein mestizo calves. *Conciencia Digital*. 3(3):275-292.
- Ramos-Guevara, J. I., Figueroa-Valenzuela, C., Enríquez-Anchondo, I. D., Quintero-Elisea, J. A., y Trillo-Morales, V. 2013. Comparación de dos sustitutos de leche en la sala de crianza de un establo comercial. *CULCYT*. 49:4-12.
- Renaud, D. L., Duffield, T. F., LeBlanc, S. J., Haley, D. B., y Kelton, D. F. 2018. Clinical and metabolic indicators associated with early mortality at a milk-fed veal facility: A prospective case-control study. *J. Dairy Sci.* 101(3):2669-2678.
- Ricci, A., Allende, A., Bolton, D., Chemaly, M., Davies, R., Fernández-Escámez, P. S., Girones, R., Koutsoumanis, K., Lindqvist, R., Nørrung, B., Robertson, L., Ru, G., Sanaa, M., Simmons, M., Skandamis, P., Snary, E., Speybroeck, N., Kuile, B. T., Threlfall, J., Wahlström, H., Bengtsson, B., Bouchard, D., Randall, L., Tenhagen, B. A., Verdon, E., Wallace, J., Brozzi, R., Guerra, B.,

- Liebana, E., Stella, P., y Herman, L. 2017. Risk for the development of antimicrobial resistance (AMR) due to feeding of calves with milk containing residues of antibiotics. *EFSA J.* 15(1):1-101.
- Rodríguez, H. K., González, A. R., Ochoa, M. E., Sánchez, D. J., y Núñez, H. O. 2012. Indicadores del proceso de crianza que afectan la eficiencia reproductiva en establos de la región lagunera. 12º Congreso Internacional de Médicos Veterinarios Zootecnistas Especialistas en Bovinos de la Comarca Lagunera, 15, 16 y 17 de noviembre. Torreón, Coahuila, México. 248-256.
- Rosenberger, K., J., Costa, H. C., Neave, H. W., von Keyserlingk, M. A. G., y Weary, D. M. 2017. The effect of milk allowance on behavior and weight gains in dairy calves. *J. Dairy Sci.* 100:504-512.
- Roth, B. A., Keil, N. M., Gygax, L., y Hillmann, E. 2009. Influence of weaning method on health status and rumen development in dairy calves. *J. Dairy Sci.* 92:645-656.
- Sander, E. G., Warner, H. N., Harrison, H. N., y Loosli, J. K. 1959. The stimulatory effect of sodium butyrate and sodium propionate on the development of rumen mucosa in the young calf. *J. Dairy Sci.* 42:1600-1605.
- Schonfeldt H. C., Hall, N. G., y Smit, L. E. 2012. The need for country specific composition data on milk. *Food Res Int.* 47:207-209.
- Sejrsen, K., y Purup. S. 1997. Influence of prepubertal feeding level on milk yield potential of dairy heifers: a review. *J. Anim. Sci.* 75:828-835.
- Sharma, B., Nimje, P., Tomar, S. K., Dey, D., Mondal, S., y Kundu, S. S. 2020. Effect of different fat and protein levels in calf ration on performance of Sahiwal calves. *Asian-Australas J Anim Sci.* 33(1):53-60.
- Shivley, C. B., Lombard, J. E., Urie, N. J., Haines, D. M., Sargent, R., Koprak, C. A., Earleywine, T. J., Olson, J. D., y Garry, F. B. 2018. Preweaned heifer management on US dairy operations: Part II. Factors associated with colostrum quality and passive transfer status of dairy heifer calves. *J. Dairy Sci.* 101(10):9185-9198.

- Silva, M. D., Coelho, M. G., Silva, A. P., Toledo, A. F., Cezar, A. M., Dondé, S. C., Tomaluiski, C. R., Miranda, F. Z., Ricci, R. Y. L., y Bittar, M. M. 2025. Milk feeding through an open bucket or nipple bucket: performance and behavior of dairy calves. *Applied Animal Science*. 41:448-457.
- Sjaastad, Ø. V., Hove, K., y Sand, O. 2010. *Physiology of Domestic Animals*. 2 ed. Scandinavian Veterinary Press, Oslo, Norway.
- Staley, T. E. y Bush, L. J. 1985. Receptor mechanisms of the neonatal intestine and their relationship to immunoglobulin absorption and disease. *J. Dairy Sci.* 68:184-205.
- Stamey-Lanier, J., McKeith, F. K., Janovick, N. A., Molano, R. A., Van Amburgh, M. E., y Drackley, J. K. 2020. Influence of starter crude protein content on growth and body composition of dairy calves in an enhanced early nutrition program. *J. Dairy Sci.* 104(3):3082-3097.
- Stelwagen, K., Carpenter, E., Haigh, B., Hoodgkinson, A., y Wheeler, T. T. 2009. Immune components of bovine colostrum and milk. *J. Anim. Sci.* 87:3-9.
- Sun, P. J. 2003. Calf diarrhea: The killer of newborn cattle. *Chin Anim. Husband. Vet. Med.* 4:44.
- Svensson, C., Linder, A., y Olsson, S. O. 2006. Mortality in dairy calves and Swedish replacement heifers. *J. Dairy Sci.* 89:4769-4777.
- Tamate, H., McGilliard, A. D., Jacobson, N. L., y Getty, R. 1962. Effect of various dietaries on the anatomical development of the stomach in the calf. *J. Dairy Sci.* 45:408-420.
- Tautenhahn, A. 2017. Risk factors for increased calf mortality and low daily weight gain of rearing calves in north-east German dairy cow farms [dissertation]. Berlin: Free University Berlin.
- Thomas, L. H., y Swann, R. G. 1973. Influence of colostrum on the incidence of calf pneumonia. *Vet. Rec.* 92:454.

- Tizard R. I. 2008. Immunity in the fetus and in the newborn. In *Introduction to Veterinary Immunology*. 8 ed. Barcelona Spain: Elsevier Saunders. 223-238.
- Urie, N. J., Lombard, J. E., Shivley, C. B., Kopral, C. A., Adams, A. E., Earleywine, T. J., Olson, J. D., y Garry, F. B. 2018. Prewaned heifer management on US dairy operations: Part I. Descriptive characteristics of preweaned heifer raising practices. *J. Dairy Sci.* 101:9168-9184.
- Van Niekerk, J. K., Fischer-Tlustos, A. J., Wilms, J. N., Hare, K. S., Welboren, A. C., Lopez, A. J., Yohe, T. T., Cangiano, L. R., Leal, L. N., y Steele, M. A. 2021. ADSA Foundation Scholar Award: new frontiers in calf and heifer nutrition-From conception to puberty. *J Dairy Sci.* 104(8):8341-8362.
- Van-Saun, R. J. 2025. Feeding Young Dairy Calves. *MSD Veterinary Manual*.
- Vaz-Ramírez, M. A., Curbelo-Rodríguez, J. E., Ortíz-Colón, G. 2021. Supplementation of dairy calves with digestive enzymes and fermentation products of *Aspergillus oryzae* and *Aspergillus niger*. *J. Agric. Univ. P.R.* 105(1):23-37.
- Vieira-Salles, M. S., Rodrigues-Alves, S. B., Faro-Zadra, L., Franco-Morgulis, S. C., Roma-Junior, L. C., Simili, F. F., Scarpino Van Cleef, F. O., y Castello-Branco Van Cleef, E. H. 2024. Performance and incidence of diarrhea in suckling jersey calves supplemented with mineral-vitamin complex and virginiamycin. *Tropical Animal Health and Production.* 56:160.
- Villaseñor-González, F., Estrada-Cortés, E., Montes-Oceguera, L. del R., Vera-Ávila, H. R., Montiel-Olguín, L., Jiménez-Severiano, H., y Espinoza-Martínez, M. A. 2022. Factores asociados a indicadores de crianza de reemplazos bovinos durante el periodo de lactancia en unidades lecheras de pequeña escala. *Rev Mex Cienc Pecu.* 13(1):64-81.
- Vleck-Pereira, R. V., Carroll, L. M., Svetlana, L., Foditsch, C., Siler, J. D., Carvalho-Bicalho, R., y Warnick, L. D. 2018. Impacts of feeding preweaned calves milk containing drug residues on the functional profile of the fecal microbiota. *Scientific reports.* 8(554):1-12.

- Wagenaar, J. P., y Langhout, J. 2007. Practical implications of increasing natural living' through suckling systems in organic dairy calf rearing. *Nordic J. Afri. Stud.* 54(4):375-386.
- Waltner, D. S., Martin, W., y Meek, A. H. 1986. The effect of early calfhood health status on survivorship and age at first calving. *Can. J. Vet. Res.* 50:314-317.
- Wei X., Zou J., Zhang Y., Yang J., Wang J., Wang Y., y Wang C. 2023. Effects of milk, milk replacer, and milk replacer plus ethoxyquin on the growth performance, weaning stress, and the fecal microbiota of Holstein dairy calves. *Front. Microbiol.* 14:1-12.
- Welk, A., Neave, H. W. y Jensen, M. B. 2024. The effect of weaning practices on dairy calf performance, behavior, and health. A systematic review. *J Dairy Sci.* 107(8):5237-5258.
- Williams, M. R., Spooner, R. L., y Thomas, L. H. 1975. Quantitative studies on bovine immuno- globulins. *Vet. Rec.* 96:81.
- Yohe T. T., O'Diam K. M., y Daniels K. M. 2015. Growth, rumen measurements and health characteristics of Holstein calves fed with an *Aspergillus oryzae* fermentation extract. *J Dairy Sci.* 98:6163-75.