

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS



Incremento de sólidos totales en leche: efecto sobre el desarrollo en becerras
Holstein

Por:

Irvin Abner Karam Aldama

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Torreón, Coahuila, México
Octubre 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS

Incremento de sólidos totales en leche: efecto sobre el desarrollo en becerras
Holstein

Por:

Irvin Abner Karam Aldama

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


Dr. Ramiro González Ávalos
Vocal


MC. Blanca Patricia Peña Revuelta
Vocal


MC. Karla Quetzalli Ramírez Uranga
Vocal Suplente


MC. José Luis Francisco Sandoval Elías
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal

Torreón, Coahuila, México
Octubre 2025



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS

Incremento de sólidos totales en leche: efecto sobre el desarrollo en becerras
Holstein

Por:

Irvin Abner Karam Aldama

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por el Comité de Asesoría:



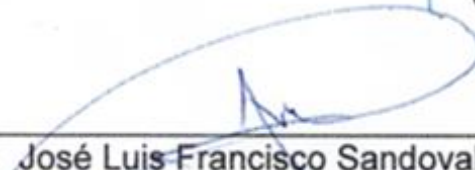
Dr. Ramiro González Avalos
Asesor Principal



MC. Blanca Patricia Peña Revuelta
Coasesor



MC. Karla Quetzalli Ramírez Uranga
Coasesor



MC. José Luis Francisco Sandoval Eñas
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal

Torreón, Coahuila, México
Octubre 2025



AGRADECIMIENTOS

A mi mamá por ser el corazón y la fuerza detrás de cada uno de mis logros. Gracias por tu amor incondicional, tu sacrificio diario y tu constante apoyo, incluso en los momentos más difíciles. Tu ejemplo de esfuerzo, valentía y entrega ha sido mi mayor motivación para seguir adelante. Este logro es tan tuyo como mío.

A Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por haberme brindado la oportunidad de formarme como profesionista en un entorno de excelencia académica, compromiso y vocación. Agradezco profundamente a sus docentes, personal administrativo y a toda la comunidad universitaria por su guía, conocimientos y valores transmitidos a lo largo de ésta etapa tan importante de mi vida.

DEDICATORIAS

A mi mamá, por ser mi mayor ejemplo de fortaleza, amor incondicional y dedicación. Gracias por tu apoyo constante, tus palabras de aliento y por enseñarme a nunca rendirme, incluso en los momentos más difíciles.

A mis abuelos, por su sabiduría, sus oraciones y por brindarme siempre un hogar lleno de cariño, valores y motivación. Su fe en mí ha sido un pilar fundamental en este camino.

A mi tío Julio y a mi tía Nancy, por su apoyo generoso, sus consejos y por acompañarme en cada etapa de este proceso. Gracias por estar presentes con paciencia y afecto y por creer en mis sueños como si fueran suyos.

A todos ustedes, con todo mi corazón les dedico este logro que también es suyo.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIAS	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iii
Índice de cuadros.....	iv
Índice de Figuras.....	v
RESUMEN.....	vi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivo.....	2
1.2. Hipótesis.....	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Efecto del desarrollo ruminal en terneras	3
2.2. Suplemento alimenticio	9
2.3. Alimento iniciador	10
2.4. Sustituto de leche.....	11
3. MATERIALES Y MÉTODOS	14
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	16
5. CONCLUSIONES.....	20
6. LITERATURA CITADA	21

Índice de cuadros

Cuadro 1	Peso de becerras lecheras Holstein bajo diferente sistema de alimentación.....	16
Cuadro 2	Altura de becerras lecheras Holstein bajo diferente sistema de alimentación.....	16

Índice de Figuras

Figura 1 Consumo promedio (kg) de concentrado iniciador en becerras bajo diferente sistema de alimentación.	18
Figura 2 Consumo promedio (kg) de concentrado iniciador durante los últimos días de lactancia de becerras bajo diferente sistema de alimentación.	19

RESUMEN

La etapa de lactancia en la crianza de reemplazos es una de las más importantes dentro de las unidades de producción de leche. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el desarrollo de las becerras al incrementar los sólidos totales en leche. Para observar el crecimiento se seleccionarán 40 becerras de manera aleatoria, las cuales se separaron de la madre al momento de que nacieron y se alojadas particularmente en jaulas de madera las cuales fueron primeramente lavadas y desinfectadas. Los tratamientos quedaron como sigue: T1=testigo 6 L de leche entera T2= 6 L de leche entera más sustituto de leche 20% proteína-20% grasa (15% de sólidos). En ambos tratamientos la primera toma de calostro (2 L por toma) tuvo lugar dentro de las 3 h después del nacimiento, posteriormente se les proporcionó una segunda 6 h posteriores a la primera toma. Se observó diferencia estadística significativa a favor del T2, teniendo una ganancia de peso diaria de 0.903 kg. El incremento de los sólidos en la leche favorece el crecimiento de los animales de reemplazo.

Palabras clave: Alimentación, Crecimiento, Leche entera, Reemplazo

1. INTRODUCCIÓN

Diversas son las investigaciones que precisan a los sistemas de alimentación convencionales para neonatos, como los que están basados en la hipótesis de que disminuir el consumo de leche cerca del 10% del peso vivo suscita el consumo de alimento iniciador (Vailati Roboni *et al.*, 2018; Haisan *et al.*, 2019) lo que incrementa el desarrollo de ácidos grasos volátiles (AGV) y beneficia el crecimiento de las papilas del rumen (Kertz *et al.*, 2017), dichos sistemas se vienen desarrollando desde la años 40. Los científicos discuten que bajo este tipo de modelo de alimentación se puede destetar a las becerras entre las 7 u 8 semanas de vida (Khan *et al.*, 2011) y así poder disminuir el manejo y los costos de esta etapa, al igual que la incidencia de diarreas (Soberon y Van Amburgh, 2013).

La implementación de programas para la alimentación de becerras es una de las vías para lograr mayor eficiencia en la producción lechera, ya que en la etapa pre-destete se utilizan cantidades reducidas de leche o sustitutos de leche durante un corto período de tiempo. Desde la primera semana de vida, es necesario el consumo de concentrado iniciador para que se obtenga el desarrollo adecuado del rumen, por consiguiente, un mejor comportamiento durante el crecimiento (Saucedo *et al.*, 2005).

La ejecución de modelos para la alimentación de becerras es una de las vías para lograr incrementar la eficiencia en la producción de leche. La alimentación en las primeras semanas de vida de las becerras puede afectar no solamente la supervivencia y desempeño durante el tiempo de la fase líquida, sino también la producción futura de leche (Soberon *et al.*, 2012).

1.1. Objetivo

Evaluar el desarrollo de las becerras al incrementar los sólidos totales en leche.

1.2. Hipótesis

Al incrementar los sólidos totales en leche (15%) se incrementa el desarrollo de las becerras

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Efecto del desarrollo ruminal en terneras

El desarrollo del rumen está estrechamente relacionado con factores de tipo nutricional y puede acelerarse de manera considerable mediante la incorporación temprana de alimento sólido, lo cual resulta fundamental para implementar un destete precoz. La ingesta de sólidos desde los primeros días de vida favorece el establecimiento de la microbiota, estimula la fermentación y promueve la maduración del epitelio ruminal (Gorka et al., 2009).

Con el objetivo de optimizar este proceso, se han realizado múltiples investigaciones en becerras de reemplazo orientadas a acelerar el desarrollo ruminal mediante la aplicación de tratamientos mecánicos y químicos, buscando maximizar el aprovechamiento de los nutrientes sin comprometer la fermentación, el consumo de alimento ni el rendimiento productivo (ZeidAli-Nejad et al., 2018).

En Costa Rica, los sistemas intensivos de crianza y desarrollo de terneras de lechería, tradicionalmente se han basado en métodos que restringen la alimentación líquida diaria a una proporción de 10% del peso vivo del animal; así, por ejemplo, si una ternera pesa 40 kg, se le ofrece 4 litros de leche o reemplazador de leche al día. Este sistema restringido estimula al animal a consumir alimento balanceado durante los primeros días de vida con el fin de estimular el crecimiento y desarrollo funcional del rumen. Desde el punto de vista económico, ese sistema se ha recomendado para destetar a las terneras de forma temprana, con el fin de ahorrar dinero en mano de obra y en alimento líquido sin sacrificar la salud y el bienestar de las mismas. Sin embargo, durante los últimos años diversas investigaciones han

mostrado mayores tasas de crecimiento y una mejor eficiencia alimenticia cuando se brindan cantidades mayores a las ofrecidas con el sistema convencional (Díaz *et al.* 2001, Jasper y Weary 2002, Khan *et al.*, 2007a,b).

En la conformación del aparato digestivo, uno de los puntos más importantes es el desarrollo ruminal, ya que este compartimiento funcionará como una cámara de fermentación para la digestión de carbohidratos y fibra. Este desarrollo ruminal presenta, además del aumento en el tamaño y grosor de las paredes, la programación de las innumerables papilas que revisten las paredes ruminales, las cuales, estimuladas por los ácidos grasos volátiles producto de la fermentación de los alimentos, principalmente del ácido butírico, resultantes de la fermentación del alimento balanceado (Heinrichs y Jones, 2003).

En los últimos años, las prácticas de alimentación en becerras jóvenes han experimentado cambios importantes motivados por factores económicos y ambientales. El sistema tradicional se basa en ofrecer una cantidad fija de leche, equivalente al 8–10% del peso vivo (PV). Por ejemplo, en una becerro de 40 kg de PV se suministran 4 litros diarios, repartidos en dos tomas. A esta dieta líquida se incorpora un concentrado iniciador desde los primeros días de vida. El destete se lleva a cabo cuando la becerro alcanza un consumo aproximado de 1 kg de concentrado durante tres días consecutivos (Laggar, 2010). Con este esquema, las becerras de raza Holstein registran ganancias promedio diarias de alrededor de 450 g. Sin embargo, los métodos convencionales de alimentación con leche o sustituto lácteo ocasionan que más del 60% de las crías sean destetadas después de las ocho semanas de edad (USDA, 2010).

Diversos estudios experimentales han evidenciado efectos positivos asociados a la incorporación de prebióticos y probióticos en la dieta. No obstante, las respuestas obtenidas frente al uso de estos aditivos dependen en gran medida de las condiciones externas a las que son sometidos los animales de reemplazo. En la región de La Laguna, en los últimos años, su utilización ha mostrado un incremento moderado, aunque de manera gradual se ha consolidado, reportando resultados favorables (López, 1999).

Durante las primeras etapas de vida de los rumiantes, el rumen, el retículo y el omaso presentan una actividad fisiológica limitada, mientras que el abomaso de la becerro funciona de manera similar al sistema digestivo de un animal no rumiante. Por esta razón, en esta fase inicial se requiere principalmente una dieta líquida de alta digestibilidad, hasta que el animal alcanza un grado de madurez que le permite convertirse en un rumiante funcional, capaz de utilizar el rumen, el retículo y el omaso para la digestión de forrajes y otros alimentos (Sidney y Huber, 1988).

No obstante, evidencias recientes sugieren que factores como la calidad del calostro y el equilibrio energético durante, al menos, las primeras ocho semanas de vida pueden tener repercusiones a largo plazo, incluso perceptibles en la primera lactancia. Al igual que en otras especies neonatales, las becerros parecen ser especialmente sensibles a los eventos tempranos del desarrollo, y en esta etapa no parecen existir mecanismos compensatorios efectivos. Esto plantea la necesidad de replantear la forma en que se concibe y gestiona esta fase del crecimiento (Van Amburgh, 2007).

Uno de los objetivos principales de la alimentación temprana en terneras es favorecer el desarrollo del rumen, de modo que el animal logre la capacidad de aprovechar forrajes en combinación con alimento balanceado. Para que este desarrollo ocurra, el tracto gastrointestinal y en particular el rumen debe experimentar una serie de transformaciones anatómicas y fisiológicas que son estimuladas o aceleradas por la dieta suministrada (Suárez et al., 2007). Dichos procesos están directamente relacionados con la producción de ácidos grasos volátiles, producto de la fermentación de la materia orgánica en el rumen (Suárez et al., 2006b). El butirato y, en menor medida, el propionato, estimulan la maduración de la mucosa ruminal al ser empleados como fuentes energéticas por el epitelio (Tamate et al., 1962).

En este contexto, los forrajes suelen tener un uso limitado en las etapas iniciales, ya que reducen el consumo de materia seca y presentan bajas tasas de fermentación. En contraste, los alimentos balanceados resultan más adecuados (Nocek y Kesler, 1980), pues incrementan la ingesta de materia seca y aportan altas concentraciones de ácidos grasos volátiles, indispensables para un desarrollo papilar óptimo (Coverdale et al., 2004; Suárez et al., 2007). Los granos incluidos en los alimentos balanceados constituyen la principal fuente de almidón en las dietas destinadas a terneras. A nivel mundial, los más utilizados son maíz, trigo, sorgo, avena y cebada. El procesamiento mecánico o químico de estos insumos aumenta su área de superficie, lo que mejora la digestibilidad del almidón en el rumen (Huntington, 1997).

El crecimiento del animal y el desarrollo de los preestómagos (retículo, rumen y omaso) ocurren progresivamente y están estrechamente relacionados con la alimentación. Dentro de la maduración del aparato digestivo, el desarrollo del rumen constituye un aspecto clave, ya que este órgano actúa como cámara de fermentación para la descomposición de carbohidratos y fibras. Dicho desarrollo implica no solo el aumento en tamaño y grosor de las paredes ruminales, sino también la formación y extensión de numerosas papilas que recubren su interior. Estas estructuras son estimuladas principalmente por los ácidos grasos volátiles derivados de la fermentación de los alimentos, especialmente por el ácido butírico generado a partir del consumo de concentrados (Heinrichs y Jones, 2003).

El subdesarrollo del retículo-rumen y del omaso, junto con la presencia del canal retículo-esofágico y un nivel adecuado de actividad enzimática en el abomaso e intestino, son rasgos característicos de los prerumiantes, lo que les permite subsistir temporalmente con dietas basadas en leche o sustitutos lácteos (Van Soest, 1994; Longenbach y Heinrichs, 1998). A medida que cambia el tipo de digestión, el animal se ve obligado a realizar una transición eficiente de un sistema no rumiante hacia uno rumiante mediante la ingesta de alimentos sólidos con mayor contenido de fibra y partículas de mayor tamaño (Church, 1988; Gabler et al., 2000). Este proceso marca el inicio del desarrollo del rumen en términos de volumen y funcionalidad, el cual, en bovinos, se completa entre los seis y nueve meses de edad (Church et al., 2002). Se ha comprobado que tanto el contenido de fibra detergente neutro (FDN) como el tamaño de partícula en la dieta influyen directamente en la salud, el metabolismo, la fermentación y la eficiencia de utilización ruminal. Dichas

características físicas de la ración se relacionan con los procesos fermentativos y metabólicos y pueden medirse mediante la efectividad física de la fibra FDN (Mertens, 1997).

En términos funcionales, el ternero al nacer es considerado un monogástrico. De los cuatro compartimentos estomacales, únicamente el abomaso se encuentra desarrollado y operativo, mientras que el rumen, retículo y omaso son inmaduros, pequeños y desproporcionados respecto al sistema digestivo adulto (Tamate et al., 2010), representando cerca del 25% del volumen total del estómago (Sato et al., 2010). El rumen inicia su crecimiento entre la segunda y tercera semana de vida, continuando este proceso aproximadamente hasta los seis meses. Durante este período inicial, la leche evita el paso por rumen, retículo y omaso, que permanecen inactivos y sin función digestiva. El establecimiento del ecosistema microbiano anaerobio, junto con la introducción de alimento sólido, los procesos de fermentación y la activación de los mecanismos de absorción, son factores determinantes para desencadenar el desarrollo funcional del rumen (Baldwin, 2010).

Las becerras nacen con un rumen inmaduro tanto en el aspecto físico como en el metabólico, por lo que, en un inicio, dependen de la leche para cubrir sus requerimientos de nutrientes necesarios para el mantenimiento y el crecimiento. La transición hacia una dieta sólida implica procesos esenciales como la ingesta de alimento sólido, la colonización del rumen por bacterias anaerobias, el inicio de la fermentación, la diferenciación y el desarrollo de las papilas, la expansión del volumen ruminal, la activación de vías de absorción y metabólicas, la maduración

del aparato salival y la adquisición del comportamiento de rumia (Khan et al., 2016). A partir de los 14 días de vida, las becerras comienzan a consumir cantidades apreciables de alimento iniciador (Williams y Frost, 1992; Khan et al., 2008), aumentando este consumo de manera significativa cuando se reduce o elimina la oferta de leche (Jasper y Weary, 2002; Khan et al., 2007).

2.2. Suplemento alimenticio

La suplementación en bovinos contribuye a acelerar el proceso de destete, siempre que el alimento se ofrezca a libre acceso y esté formulado con ingredientes de alta calidad que garanticen el aporte adecuado de nutrientes. Esto permite incrementar la ganancia diaria de peso y lograr mejores pesos al momento del destete (García et al., 2003; Neres et al., 2003). El suministro de alimento iniciador desde el nacimiento favorece el desarrollo y la funcionalidad del retículo y el rumen (Church, 1998), además de estimular la colonización y actividad de la microbiota ruminal (Nocek et al., 1984) y el crecimiento del epitelio ruminal, en asociación con una mayor producción de butirato y propionato (Baldwin y McLeod, 2000; Heinrichs, 2005).

Para optimizar el crecimiento y reducir los problemas de salud en becerros lactantes, es necesario establecer sistemas de alimentación que satisfagan sus requerimientos nutricionales (Heinrichs y Jones, 2003; Segura-Correa et al., 2008). En este sentido, la inclusión de *Saccharomyces cerevisiae* en la dieta bovina ha mostrado efectos positivos principalmente sobre el metabolismo microbiano ruminal. Se ha observado un incremento en la producción de butirato, asociado con una mayor población de *Butyrivibrio* y una disminución de *Prevotella*. Asimismo, se

ha registrado un aumento en la longitud de las papilas ruminales, acompañado de una reducción en la profundidad de las criptas y un incremento en la altura de las vellosidades del yeyuno, lo que refleja una mejora significativa en la morfología del intestino delgado (Xiao et al., 2016).

El establecimiento de programas de alimentación para becerras representa una estrategia clave para mejorar la eficiencia en la producción de leche, especialmente durante la fase de predestete, en la cual se emplean cantidades limitadas de leche o sus sustitutos por un período breve. Es fundamental que desde la primera semana de vida las crías comiencen a consumir concentrado iniciador, ya que este favorece el desarrollo funcional del rumen, lo que a su vez se traduce en un mejor desempeño durante las etapas posteriores de crecimiento (Saucedo et al., 2005).

2.3. Alimento iniciador

La composición del alimento iniciador debe estar orientada a suministrar los nutrientes que promuevan tanto la colonización como la actividad metabólica de las comunidades microbianas del rumen, con el propósito de maximizar la producción de ácidos grasos volátiles, en particular propionato y butirato, y de esta manera estimular la maduración morfofuncional del epitelio ruminal. Este proceso es determinante para lograr un destete temprano sin comprometer el rendimiento productivo en la etapa posdestete (Drackley, 2008). No obstante, la inclusión de dietas con elevados niveles de almidón puede alterar la dinámica de las poblaciones microbianas y limitar el desarrollo óptimo del rumen (Plainzier et al., 2012). En consecuencia, se recomienda la adición de ingredientes que favorezcan la estabilidad y funcionalidad de la microbiota ruminal (Abubackr et al., 2014), lo cual

facilita una transición gradual y eficiente de la dieta líquida hacia una dieta sólida basada en forraje, permitiendo implementar destetes tempranos sin efectos adversos sobre la ganancia diaria de peso (Sosa et al., 2017).

2.4. Sustituto de leche

El sustituto de leche constituye una excelente alternativa alimenticia para los terneros en la etapa previa al destete, ya que está formulado con los nutrientes necesarios para estimular el consumo temprano de concentrado y favorecer un crecimiento adecuado. Su utilización facilita la adaptación a dietas balanceadas, debido a que se combina con alimento iniciador, lo que impacta positivamente en el consumo, el desarrollo ruminal y el desempeño de los animales tanto antes como después del destete. Si bien la leche entera es esencial en la nutrición del becerro, la creciente demanda de este producto para consumo humano ha impulsado el empleo de sustitutos lácteos, los cuales contribuyen a reducir los costos de alimentación líquida, favorecen la ganancia de peso y mejoran la rentabilidad de la producción (Saucedo et al., 2004).

Se ha comprobado que incrementar la oferta de leche o sustituto lácteo (SL) mejora la tasa de crecimiento (Díaz et al., 2001) y podría aumentar la producción de leche en la primera lactancia (Gelsinger et al., 2016). Por ello, existe un interés creciente en suministrar mayores volúmenes de leche o SL a terneras en sistemas de producción lechera. Sin embargo, este manejo ocasiona una menor ingesta de alimento iniciador (AI) antes del destete y retrasa el momento en que las crías comienzan a consumir cantidades significativas de este, lo que a su vez ralentiza el desarrollo ruminal (Terré et al., 2007; Hill et al., 2016). En contraste, cuando se

suministran menores cantidades de leche o SL, el consumo de AI se incrementa a edades más tempranas, lo cual favorece una transición más eficiente de la dieta líquida a la sólida, evitando interrupciones en la ingesta de nutrientes y limitaciones en el desarrollo (Bach et al., 2013).

Los animales jóvenes representan uno de los mayores retos en las explotaciones comerciales, ya que en esta etapa se establecen las bases para un crecimiento adecuado, pero al mismo tiempo se trata del periodo de mayor vulnerabilidad (Bacha, 1997).

La calidad y composición del sustituto lácteo (SL) tienen un impacto directo sobre el crecimiento, la salud y, en general, el desempeño productivo de la becerras. La alimentación recibida en las primeras etapas de vida no solo influye en su supervivencia y rendimiento durante el periodo de alimentación líquida, sino también en la producción de leche en la etapa adulta (Heinrichs y Coleen, 2002; Soberon et al., 2012).

El suero de leche contiene aproximadamente un 7% de sólidos, integrado por 4,9% de lactosa, 0,9% de nitrógeno, 0,6% de cenizas y pequeñas proporciones de grasa, ácidos lácticos y vitaminas (Ahlam, 2016). Debido a su composición, puede considerarse tanto una fuente complementaria de nutrientes para el ganado como un subproducto con potencial contaminante, lo que ha motivado la búsqueda de estrategias para su aprovechamiento (Palmieri et al., 2017; Viégas et al., 2017). Una de estas alternativas es su utilización, ya sea en forma fresca o enriquecida, como sustituto de la leche entera en sistemas de crianza artificial (Eseceli et al., 2021; Kareem et al., 2018).

No obstante, aún se desconoce si esta sustitución podría generar efectos sobre la ganancia de peso, el estado de salud o los procesos asociados al desarrollo ruminal que inciden en el crecimiento. Factores como la edad del animal, el tipo de dieta y el nivel de leche suministrado también juegan un papel determinante en dichos resultados (Miranda et al., 2019).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto se llevó a cabo del 15 de octubre de 2024 al 30 de enero de 2025 en una unidad de producción lechera ubicada en el municipio de Francisco I. Madero, en el estado de Coahuila de Zaragoza. Esta zona corresponde a la región semiárida del norte de México, situada a una altitud de 1100 msnm, entre los paralelos 26° 17' y 26° 38' de latitud norte y los meridianos 103° 18' y 103° 10' de longitud oeste (INEGI, 2009).

Para evaluar el crecimiento se seleccionaron aleatoriamente 40 becerras, las cuales fueron separadas de la madre inmediatamente después del nacimiento y alojadas de manera individual en jaulas de madera previamente lavadas y desinfectadas. Los tratamientos se distribuyeron de la siguiente manera: T1 = testigo, 6 L de leche entera; T2 = 6 L de leche entera más sustituto lácteo con 20% de proteína y 20% de grasa (15% de sólidos). En ambos grupos, la primera toma de calostro (2 L por toma) se proporcionó dentro de las primeras 3 horas posteriores al nacimiento, y una segunda toma se suministró 6 horas después.

A partir del segundo día de vida, se ofreció agua a libre acceso. El concentrado iniciador se administró diariamente por la mañana, y en caso de ser necesario, se ofreció una segunda ración por la tarde. Las variables evaluadas para medir el desarrollo de las crías fueron el peso y la altura, tanto al nacimiento como al destete. El registro de datos se realizó desde el nacimiento hasta los 60 días de edad. El peso se midió con una báscula electrónica digital (L-EQ 400, Torrey®) y la altura mediante una regla comercial. Cada tratamiento contó con 20 repeticiones, considerando a cada becerro como una unidad experimental.

El análisis estadístico del desarrollo de las becerras y de la proteína sérica se efectuó mediante un análisis de varianza, y la comparación de medias se llevó a cabo mediante la prueba de Tukey, considerando diferencias significativas con un valor de $P < 0.05$. Los análisis fueron realizados con el paquete estadístico de Olivares-Sáenz (2012).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En cuanto a los resultados obtenidos respecto a la ganancia diaria de peso (ver Cuadro 1), se identificó una diferencia estadísticamente significativa a favor del tratamiento T2, el cual presentó un valor promedio de 0.903 kg por día.

Cuadro 1 Peso de becerras lecheras Holstein bajo diferente sistema de alimentación.

	Peso Nacimiento (Kg)	Peso Destete (kg)	Ganancia De peso Final (kg)	Ganancia Diaria Peso (kg)
T1	36.0 ^a	75.8 ^a	39.8 ^a	0.698 ^a
T2	37.4 ^a	88.9 ^b	51.5 ^b	0.903 ^b

Los resultados obtenidos muestran el potencial de ofrecer una mayor cantidad de nutrientes a becerras Holstein durante sus primeras semanas de vida, considerando que la leche constituye la principal fuente nutricional. Este efecto puede estar relacionado con el ajuste en el nivel de sólidos al 15%.

En cuanto a la estatura de las becerras alimentadas con un mayor porcentaje de sólidos (Cuadro 2), no se detectaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos.

Cuadro 2 Altura de becerras lecheras Holstein bajo diferente sistema de alimentación.

	Altura Nacimiento (cm)	Altura Destete (cm)	Ganancia Final (cm)
T1	73.0 ^a	88.9 ^a	15.9 ^a
T2	76.0 ^a	92.1 ^a	16.7 ^a

Respecto al consumo de alimento (ver Figuras 1 y 2), se observó una diferencia significativa a favor del tratamiento T2. Generalmente, las becerras necesitan aproximadamente un par de semanas para comenzar a ingerir cantidades considerables de concentrado iniciador; sin embargo, esto no implica que se deba ofrecer el iniciador durante las primeras dos semanas de vida. En consecuencia, se requiere al menos este período para que las becerras consuman suficiente iniciador que permita un desarrollo adecuado del rumen y, por ende, que estén preparadas para el destete. Cualquier interrupción en el consumo del iniciador puede retrasar el desarrollo ruminal, lo que podría impedir que la becerro esté lista para ser destetada. Por lo tanto, es recomendable proporcionarle acceso a un iniciador de alta calidad, nutritivo y palatable (Quigley, 2001).

Luchini et al. (1991) señalan que un concentrado iniciador con un contenido de proteína cruda entre 16 y 20% resulta suficiente para obtener incrementos diarios adecuados de peso, siempre que se suministre en conjunto con sustituto de leche. De acuerdo con Quigley (1997), Cuando una becerro de la raza Holstein logra consumir un kilogramo diario de alimento iniciador durante al menos dos días consecutivos, se considera que está lista para iniciar el proceso de destete. En este sentido, las crías del grupo T2 pueden ser destetadas sin presentar complicaciones. Durante la etapa de lactancia, el ternero funciona principalmente como un monogástrico, lo que implica que depende casi en su totalidad del alimento líquido para mantenerse con vida. Sin embargo, es recomendable fomentar desde etapas tempranas la ingesta de alimento sólido con el fin de facilitar la transición al destete. En cuanto a la dieta líquida, se prefiere el uso de leche entera en lugar de los

sustitutos, ya que esta representa una fuente más completa y natural de nutrientes (Gasque, 2008).

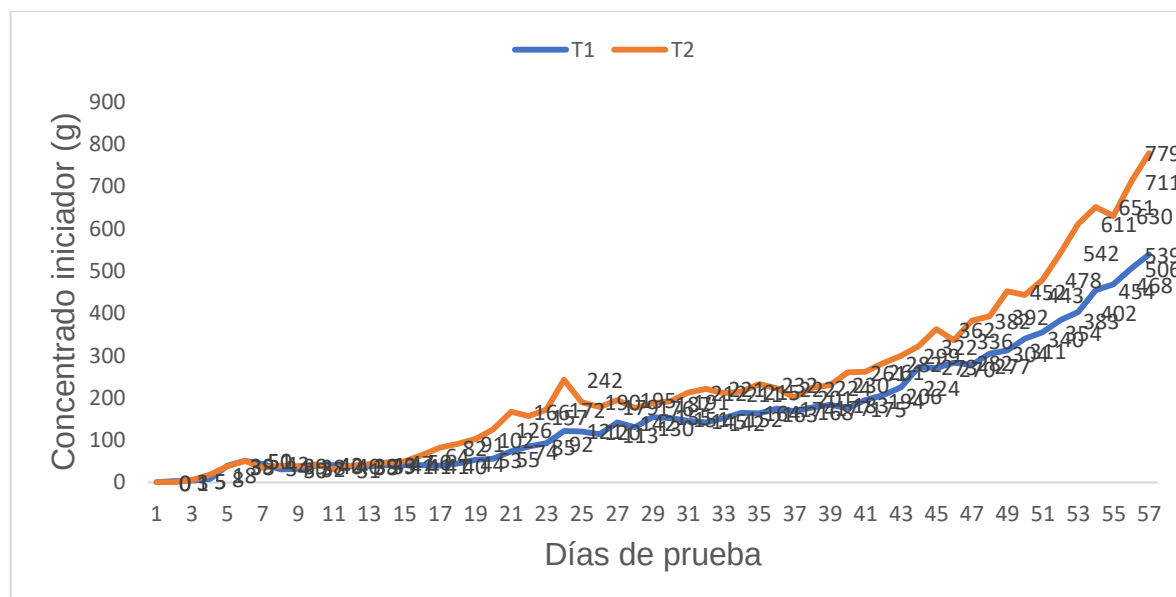


Figura 1 Consumo promedio (kg) de concentrado iniciador en becerras bajo diferente sistema de alimentación.

Se han reportado resultados en los que a un grupo de becerras se les proporcionó una dieta líquida restringida, distribuida en dos tomas diarias de 2 litros cada una para el grupo T1, mientras que al grupo T2 se le ofrecieron 8 litros diarios, divididos en dos tomas de 4 litros. En ese estudio, el consumo semanal de alimento iniciador fue de 837 g para el grupo T1 y de 715 g para el grupo T2 (Elizondo-Salazar y Sánchez-Álvarez, 2012). De manera similar, Bobadilla (2015) observó un mayor consumo de concentrado iniciador en becerras que recibieron menores volúmenes de leche, con dietas líquidas de 6 L en T1 y 5 L en T2 durante los 50 días previos al destete. El consumo promedio de alimento iniciador durante los últimos cinco días de crianza fue de 458 g y 695 g, respectivamente.

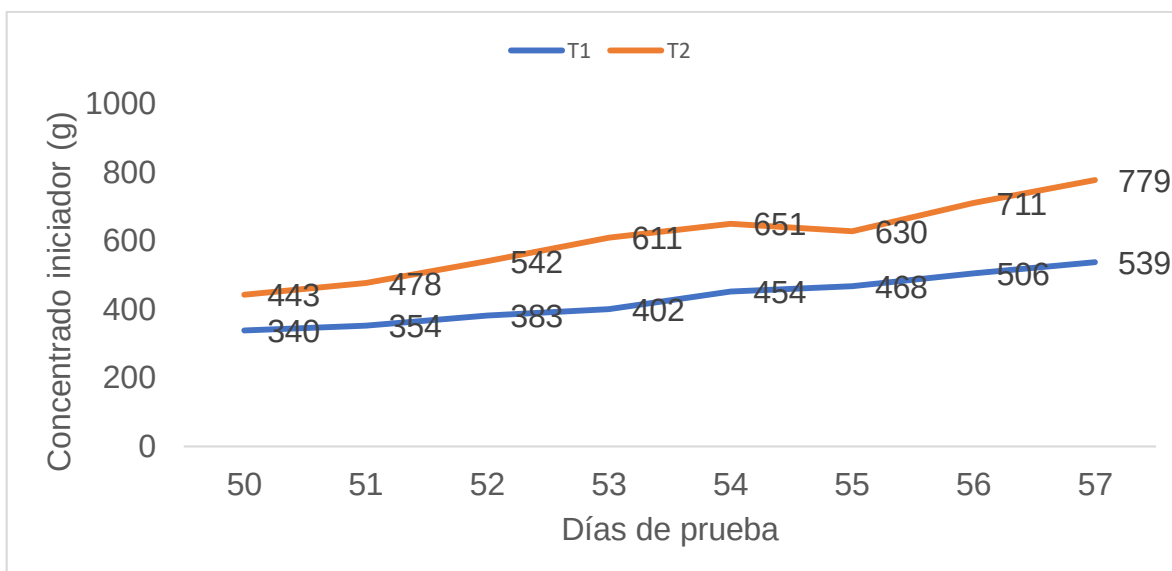


Figura 2 Consumo promedio (kg) de concentrado iniciador durante los últimos días de lactancia de becerras bajo diferente sistema de alimentación.

De manera similar, Chaparro (2017) no encontró diferencias estadísticamente significativas en el consumo de alimento entre los tratamientos evaluados, en un estudio realizado con un grupo de 50 becerras seleccionadas al azar. En dicho ensayo se aplicaron cinco tratamientos, entre ellos el T1, correspondiente a la administración de 6 litros de leche, concentrado con 20% de proteína sin alfalfa T2= 6 L de leche, concentrado con 20% de proteína sin alfalfa T3= 6 L de leche, concentrado con 25% de proteína sin alfalfa T4= 8 L de leche, concentrado con 25% de proteína sin alfalfa T5= 6 L de leche, concentrado con 20% (de una marca comercial distinta) sin inclusión de alfalfa; todos los tratamientos se mantuvieron hasta los 60 días de edad.

5. CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos en el presente estudio, se puede concluir que la alimentación de becerras Holstein con una dieta que contenga un mayor porcentaje de sólidos totales (15%) contribuye favorablemente al desarrollo y rendimiento de las crías durante la etapa de crecimiento, se obtiene una mayor ganancia de peso de estas. Por lo que evidentemente el T2 demuestra la factibilidad de utilizarse en la alimentación de las becerras mencionadas anteriormente. Por lo tanto, se sugiere llevar a cabo estudios adicionales que permitan evaluar el impacto específico de los diferentes componentes de la dieta sobre el desarrollo posterior al destete, así como extender la duración de las investigaciones hasta fases productivas posteriores.

6. LITERATURA CITADA

- Bacha, F. 1997. Nutrición del ternero neonato. XV Curso de Especialización. Avances en Nutrición y Alimentación Animal. Madrid, España.
- Baldwin, R. L., McLeod K. R., Klotz, J. L., Heitmann, R. N. 2010. Rumen development, intestinal growth and hepatic metabolism in the pre- and postweaning ruminant. *J. Dairy Sci.* 87(3):55-65.
- Diaz M., Van Amburg M., Smith J., Kelsey J., Hutten E. 2001. Composition of growth of Holstein calves fed milk replacer from birth to 105-kilogram body weight. *J. Dairy Sci.* 84:830-842.
- Elizondo-Salazar, J. A., y Sánchez-Álvarez, M. 2012. Efecto del consumo de dieta líquida y alimento balanceado sobre el crecimiento y desarrollo ruminal en terneras de lechería. *Agronomía Costarricense* 36(2):81-90.
- García, C.A., C. Costa, A.L. Gomes M., M.A. Neres y G.J. Nagalhaes R., 2003. Níveis de energia no desempenho e características da carcaca de cordeiros alimentados em creep feeding. *R. Bras. Zootec.* 32(6):1371-1379.
- Gorka, P., Kowalski, Z., Pietrzak, P., Kotunia, A., Kiljanczyk, R., Flaga, J., Holst, J., Guilloteau, P., Zabielski, R., 2009. Effect of sodium butyrate supplementation in milk replacer and starter diet on rumen development in calves. *J Physiol Pharmacol.* 60:47-53.
- Haisan J., Steele M. A., Ambrose D. J. and Oba M. 2019. Effects of amount of milk fed, and starter intake, on performance of group-housed dairy heifers during the weaning transition. *Applied Animal Science.* 35(1):88-93.
- Heinrichs, A. J. y Coleen M. J. 2002. Feeding the newborn dairy calf. Special Circular 311. Penn State. College of Agricultural Sciences, Cooperative Extension. Pennsylvania State University.
- Heinrichs, A. y Jones, C. 2003. Feeding the Newborn Dairy Calf. The Penn State University. 23.

- Huntington, G. 1997. Starch utilization by ruminants: from basics to the bunk. *J. Anim. Sci.* 75:852-867.
- Jasper, J. y Weary D. M. 2002. Effects of ad libitum milk intake on dairy calves. *J. Dairy Sci.* 85:3054-3058.
- Kertz, F. A., Hill, M. T., Quigley, D. J., Heinrichs, A. J., Linn, G. J., y Drackley, K. J. 2017. A 100-Year Review: Calf nutrition and management. *J. Dairy Sci.* 100(12):10151-10172.
- Khan, M. A., Weary, D. M., y von Keyserling, M. A. G. 2011. Invited review: Effects of milk ration on solid feed intake, weaning, and performance in dairy heifers. *J. Dairy Sci.* 94(3):1071-1081.
- López, M. A. 1999. Efecto de la adición de probióticos en la dieta de becerras lactantes Holstein-Friesan sobre el consumo de alimento y peso al destete. Tesis de licenciatura. Uruza-Uach. Bermejillo Dgo.
- Mertens, D. R. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80:1463-1481.
- Miranda, M. V. F. G. D., Morais, M. R. P. T. D., Lima, R. N. D., Leite, H. M. D. S., Assis, A. P. P. D., Teófilo, T. D. S., Neto, J. D. F., y Lima, P. D. O. 2019. Performance and development of gastric compartments of calves fed with cheese whey and transition milk. *Ciência Rural.* 49(9):1-8.
- Saucedo, J. S., L. Avendaño, D. Álvarez F., B. Rentería T., F. Moreno J. y F. Montaña M. 2005. Comparación de dos sustitutos de leche en la crianza de becerras Holstein en el valle de Mexicali, B. C. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola.* 39(2):147-152.
- Saucedo-Quintero J.S. Avendaño-Reyes, L. Álvarez-Valenzuela, F.D. Rentería-Evangelista, T.B. Moreno-Rosales, J.F. Montaña-Gómez, M.F. Medina-Basulto, G.E., Gallegos de la Hoya, M.P. 2004. Evaluation of four feeding systems for Holstein calves in the Mexicali valley, Mexico. proceedings, western section, American society of animal science. 55.

- Soberon, F., E. Raffrenato, R. W. Everett, y M. E. Van Amburgh. 2012. Pre-weaning milk replacer intake and effects on long-term productivity of dairy calves. *J. Dairy Sci.* 95:783-793.
- Soberon, F., y Van Amburgh, M. E. 2013. Lactation biology symposium: The effect of nutrient intake from milk or milk replacer of preweaned dairy calves on lactation milk yield as adults: A meta-analysis of current data. *J. Animal Sci.* 91(2):706-712.
- Sosa, U. M., Martínez, F. E., Espinosa, J. A., Buendía, R. G. 2017. Contribución del sector pecuario a la economía mexicana. Un análisis de la matriz Insumo Producto. *Rev. Mex. Cien. Pec.* 8(1):31-41.
- Suárez, B., Van Reenen, C., Gerrits, W., Stockhofe, N., van Vuuren, A., Dijkstra, J. 2006b. Effects of supplementing concentrates differing in carbohydrate composition in veal calf diets: II. Rumen development. *J. Dairy Sci.* 89:4376-4386.
- Usda. 2010. Dairy 2007., Heifer Calf Health and Management Practices on US Dairy Operations, 2007. Usda, Animal and Plant Health Inspection Service, Veterinary Services, Center for Epidemiology and Animal Health, Fort Collins, CO.
- VanAmburgh, M. 2007. Calf nutrition and management: Taking a systematic approach. *Proceedings of the 2007 Delmarva Dairy Day.* Harrington,
- Vailati-Roboni, M., Bucktrout, R. E., Zhan, S., Geiger, A., McCann, J. C., Akers, R. M., y Loor, J. J. 2018. Higher plane of nutrition pre-weaning enhances Holstein calf mammary gland development through alterations in the parenchyma and fat pad transcriptome. *BMC Genomics.* 19:900-910.
- Xiao, J., Alugongo, G., Chung, R., Dong, S., Li, S., Yoon, I., Wu, Z., y Cao, Z. 2016. Effects of *Saccharomyces cerevisiae* fermentation products on dairy calves: Ruminal fermentation, gastrointestinal morphology, and microbial community. *J. Dairy Sci.* 99(7):5401-5412.
- ZeidAli-Nejad, A. Ghorbani, G.R., Kargar, S., Sadeghi-Sefidmazgi, A., Pezeshki, A., Ghaffari, M. H. 2018. Nutrient intake, rumen fermentation and growth performance of dairy calves fed extruded full-fat soybean as a replacement for soybean meal. *Animal.* 12:733-740.