

Prácticas de manejo que influyen en el desarrollo corporal de becerras lactantes en establos familiares

Management practices that influence body development of lactating calves in family dairy farms

José Pablo Gutiérrez-Morales¹ , Diana Zamora-Gutiérrez² , Mario Alfredo Espinosa-Martínez³ , Rosabel Ramírez-Hernández⁴ , Luis Javier Montiel-Olguín³ , Eliab Estrada-Cortés^{1,2*} 

¹Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Centro Universitario de Los Altos, Universidad de Guadalajara. Av. Rafael Casillas Aceves No. 1200, CP. 47620. Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México.

²Laboratorio de Reproducción Animal, Campo Experimental Centro-Altos de Jalisco, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Av. de la Biodiversidad No. 2470, CP. 47600. Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México.

³Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Carretera a Colón, Km 1, CP. 76280. Ajuchitlán, Colón, Querétaro, México.

⁴Doctorado en Biociencias, Centro Universitario de Los Altos, Universidad de Guadalajara. Av. Rafael Casillas Aceves No. 1200, CP. 47620. Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México.

*Autor de correspondencia: estrada.eliab@inifap.gob.mx

Nota científica

Recibido: 13 de noviembre 2024

Aceptado: 16 de septiembre 2025

RESUMEN. El objetivo fue identificar prácticas que afectan el desarrollo corporal de becerras. Las alimentadas con concentrado para vacas en producción tuvieron menor ganancia diaria de peso (GDP) que las alimentadas con concentrado para becerras y no suplementadas (0.493 ± 0.031^b vs 0.582 ± 0.014^a y 0.568 ± 0.040^a kg día⁻¹; $P = 0.047$). Las alojadas en nivel de protección bajo y medio tuvieron menor GDP que las alojadas en nivel alto (0.525 ± 0.026^a y 0.509 ± 0.020^a vs 0.631 ± 0.018^b kg día⁻¹; $P < 0.001$). Las destetadas > 90 y entre 61-90 días tuvieron menor GDP que las destetadas < 61 días (0.530 ± 0.019^a y 0.532 ± 0.018^a vs 0.735 ± 0.030^b kg día⁻¹; $P = 0.003$). El desarrollo corporal de las becerras es afectado negativamente por el consumo de concentrado para vacas en producción, alojamientos con limitada protección hacia el ambiente y edades prolongadas al destete.

Palabras clave: Establo lechero, pequeña escala, clima, alojamiento, destete.

ABSTRACT. The objective was to identify practices that affect calves' body development. Calves fed a concentrate for lactating cows had lower daily weight gain (DWG) than those fed a concentrate for calves and those not supplemented (0.493 ± 0.031^b vs 0.582 ± 0.014^a and 0.568 ± 0.040^a kg day⁻¹; $P = 0.047$). Housed at low and medium protection levels had lower DWG than those housed at a high level (0.525 ± 0.026^a and 0.509 ± 0.020^a vs 0.631 ± 0.018^b kg day⁻¹; $P < 0.001$). Weaned > 90 and between 61-90 days had lower DWG than those weaned < 61 days (0.530 ± 0.019^a and 0.532 ± 0.018^a vs 0.735 ± 0.030^b kg day⁻¹; $P = 0.003$). The body development of calves is negatively affected by the intake of a concentrate designed for lactating cows, housed under limited environmental protection, and extended ages at weaning.

Keywords: Dairy farm, small-scale, weather, housing, weaning.

INTRODUCCIÓN

En México, la producción de leche de bovino se desarrolla bajo tres sistemas de producción: intensiva, de doble propósito y familiar (Avilés *et al.* 2024). Éste último sistema cuenta con potencial de crecimiento si se mejora la eficiencia de sus procesos productivos (Gallegos *et al.* 2023). Uno de estos procesos es la crianza de vaquillas para reemplazo, que representa el segundo costo económico más importante en los establos lecheros y cuya recuperación comienza, típicamente hasta que las vaquillas alcanzan su primera lactación (Heinrichs *et al.* 2022). Por lo tanto, es fundamental que los reemplazos alcancen este evento a una edad y estado corporal que les permita tener un desempeño productivo sobresaliente y al menor costo, lo cual favorezca una recuperación más rápida de la inversión y la generación de ganancias.

El desempeño productivo de los reemplazos se puede optimizar cuando las vaquillas Holstein alcanzan su primer parto entre los 22 y 24 meses de edad, con un 85% de su peso corporal maduro y 2.75-3.0 puntos de condición corporal en la escala de 1 a 5 (DCHA 2023, Fricke *et al.* 2023). Como consecuencia, estos indicadores se han establecido como objetivos prioritarios en la crianza de reemplazos de los sistemas de producción de leche. En el sistema familiar de producción de leche, se ha observado que, aunque las vaquillas presentan una condición corporal promedio al parto de acuerdo con lo sugerido (2.7), un alto porcentaje de reemplazos inicia su primera lactación en promedio a los 29 meses de edad (Álvarez *et al.* 2024, Avilés *et al.* 2024). Estos valores revelan la existencia de problemas en el proceso de crianza, ya que se excede la edad objetivo para alcanzar la primera lactación (DCHA 2023).

La fase de lactancia, que abarca desde el nacimiento hasta el destete de los reemplazos, representa un periodo altamente susceptible para su desarrollo corporal a corto y a largo plazo (Aghakhani *et al.* 2023, Ockenden *et al.* 2023). Esta fase de desarrollo es clave para que las becerras adquieran inmunidad pasiva a través del consumo de calostro, lo cual les confiere protección contra enfermedades (Lichtmannsperger *et al.* 2023). También es clave para que adquieran capacidad para digerir y utilizar eficientemente alimentos de bajo costo como los forrajes (Xiao *et al.* 2024). Por otro lado, es esencial el proveer de condiciones de alojamiento para proteger a las becerras contra las inclemencias del clima y proporcionar un ambiente social que les permita mejorar su proceso de adaptación después del destete. En este sentido, se ha indicado que tanto el estrés por calor como por frío pueden afectar el desarrollo corporal de las becerras, las tasas de morbilidad y consecuentemente, su sobrevivencia en el establo (Manriquez *et al.* 2024, Van Os *et al.* 2024). Adicionalmente, se ha indicado que las becerras alojadas en grupos reducidos tienen mejor comportamiento social, hábitos alimenticios y desarrollo corporal post destete en comparación con las alojadas de manera individual (Miller-Cushon 2023). Por lo tanto, es imprescindible poner especial atención a las características de manejo zootécnico durante la fase de lactancia.

En el sistema familiar de producción de leche, el desarrollo corporal de las becerras entre el nacimiento y el destete es sub-óptimo, considerando las recomendaciones para esta etapa de desarrollo. Por ejemplo, se observan ganancias diarias de peso alrededor de los 550 g por día o menores (Villaseñor *et al.* 2022, Álvarez *et al.* 2024), cuando la recomendación es de ~ 800 g por día (DCHA 2023). Así mismo, un alto porcentaje de becerras (~25%) consumen su primera toma de calostro después de las 6 horas del nacimiento y menos de 4 litros el primer día de vida, lo cual

influye en su salud y desarrollo corporal (Villaseñor *et al.* 2022). También se han observado manejos inadecuados de la alimentación y amplia variación de estos, inclusive en un mismo establo, lo cual ha sido asociado a bajo desarrollo corporal (Álvarez *et al.* 2024). Aunque se ha documentado una amplia variación en las prácticas de manejo de las becerras lactantes (Sinnott *et al.* 2023, Álvarez *et al.* 2024), la información sobre las características de alojamiento en el sistema de producción familiar es limitada. Por lo tanto, el objetivo fue identificar prácticas de manejo y sus efectos en el desarrollo corporal de becerras lactantes en el sistema familiar de producción de leche.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El estudio se realizó en la región de Los Altos del estado de Jalisco, México. Se incluyeron 22 establos lecheros con características tecnológicas y socioeconómicas del sistema de producción familiar (Avilés *et al.* 2024) o también conocido como pequeña escala (Montiel-Olguín *et al.* 2019). Los establos estaban distribuidos entre los municipios de Tepatitlán de Morelos, San Ignacio Cerro Gordo y Valle de Guadalupe (Figura 1). En el área de estudio, el clima es templado subhúmedo, con temperatura media de 19.0 °C y precipitación media anual de 753 mm, concentrada entre los meses de junio a septiembre (CEAJ 2023).

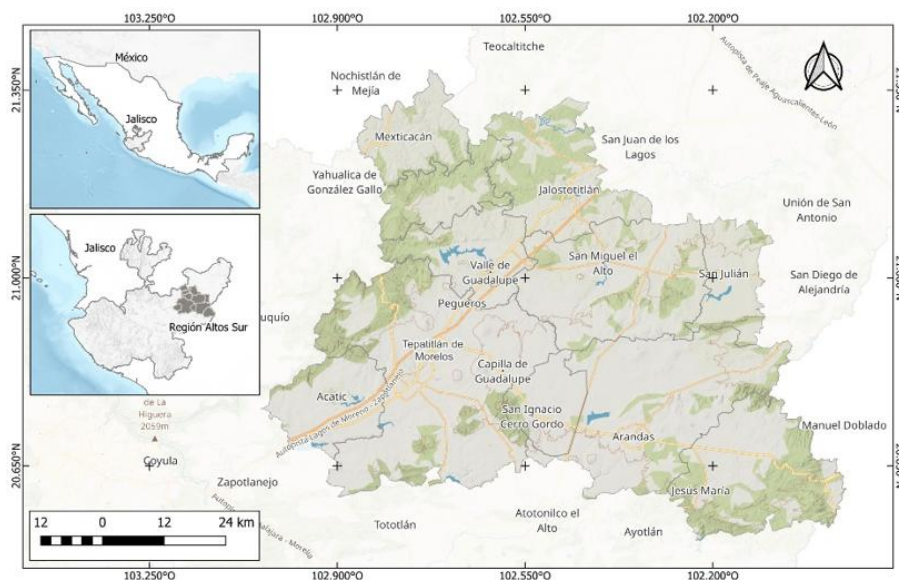


Figura 1. Región geográfica de ubicación de los establos cooperantes.

Tipo de estudio

Se realizó un estudio observacional de cohorte prospectivo. No se requirió revisión ética ni aprobación de comités de evaluación debido a que no se realizó algún manejo adicional al que ya se realizaba en los hatos. Las prácticas de manejo aplicadas a los animales durante todo el estudio se apegaron a los protocolos indicados en la Ley Federal de Sanidad Animal (LFSA 2007). Durante el estudio, se monitorearon todas las becerras disponibles en los establos entre el nacimiento y el

destete (rango de 3 a 31 becerras por establo), con lo cual se tuvieron registros de 229 becerras Holstein. Se realizaron dos visitas por semana a cada establo, en el cual un equipo de médicos veterinarios registró prácticas relacionadas al tipo de alimentación suministrada, características de los alojamientos, días en que las becerras permanecían en lactancia y su desarrollo corporal hasta el destete.

Evaluación de las prácticas de manejo en becerras lactantes

Las prácticas de manejo identificadas en las becerras fueron clasificadas de la siguiente manera. En función del tipo de alimentación líquida, establos que suministraban: a) leche entera, b) sustituto de leche, o c) leche entera + sustituto de leche. En función del tipo de concentrado, establos que suministraban concentrado comercial: a) diseñado para vacas en producción, b) diseñado para becerras lactantes, o c) que no ofrecían algún tipo de concentrado. En función del tipo de alojamiento, establos que mantenían a las becerras de forma: a) individual, o b) grupal. En función del nivel de protección del alojamiento contra las inclemencias del clima: a) protección alta, b) media, o c) baja. El nivel de protección de los alojamientos, se determinó de acuerdo con la cantidad de infraestructura disponible y su capacidad para resguardar a las becerras de la lluvia, el sol, las temperaturas extremas y las corrientes de aire (Nielsen *et al.* 2023). Finalmente, en función de los días en que las becerras permanecían en lactancia (DL; ≤ 60 días, 61 - 90 días y > 90 días).

Evaluación del desarrollo corporal de las becerras

Para determinar el desarrollo corporal de las becerras, se estimó la ganancia diaria de peso (GDP) y la ganancia diaria de altura (GDA) de los animales. Para estimar la GDP, se utilizaron las variables peso al nacimiento (PN), peso al destete (PD) y la duración de la lactancia (DL), incluidas en la siguiente fórmula:

$$GDP = \frac{PD - PN}{DL}$$

La GDA, se determinó utilizando las variables altura al nacimiento (AN), altura al destete (AD) y DL, incluidas en la siguiente fórmula:

$$GDA = \frac{AD - AN}{DL}$$

El peso corporal se estimó mediante una cinta métrica graduada para becerras Holstein (Dairy Calf Tape, Coburn Co., Whitwater WI) de acuerdo a lo descrito por Villaseñor *et al.* (2022). La altura de las becerras se realizó en un piso plano y firme, obteniendo la distancia entre el suelo y la cruz de las becerras con el uso de una regla somatométrica.

Análisis Estadístico

La información se analizó mediante el paquete estadístico del SAS versión 9.3. Inicialmente, la información se analizó por estadística descriptiva y subsecuentemente, fue sometida a análisis de varianza utilizando el procedimiento GLM. En modelos independientes, se evaluaron los efectos del tipo de alimentación líquida, tipo de concentrado iniciador, tipo de alojamiento, protección del alojamiento y días en la lactancia. Las variables de respuesta para indicar el desarrollo corporal fueron GDP y GDA durante la lactancia. En cada modelo estadístico, se incluyeron el peso al

nacimiento y altura al nacimiento como covariables para analizar la GDP y GDA, respectivamente. La comparación de medias se evaluó mediante las diferencias mínimas significativas de Fisher utilizando el procedimiento LSMEANS. Los valores de $P \leq 0.05$ fueron considerados como significativos y los valores entre $P > 0.05$ y ≤ 0.1 fueron considerados como tendencia estadística.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Prácticas de manejo para becerras en lactancia

Para el tipo de alimentación líquida, se observó que 36.4% (8/22) de los establos utiliza leche entera, 36.4% (8/22) sustituto de leche y 27.2% (6/22) la combinación de ambos tipos. Respecto al concentrado iniciador, 63.6% (14/22) de los establos utiliza un concentrado diseñado para becerras lactantes, 18.2% (4/22) utiliza un concentrado diseñado para vacas en producción y 18.2% (4/22) no utiliza suplementación. Se observó que el 54.5% (12/22) de los establos utiliza alojamiento grupal y 45.5% (10/22) alojamiento individual. En cuanto al nivel de protección del alojamiento, solamente el 31.8% (7/22) de los establos tiene un nivel de protección alto, el 40.9% (9/22) un nivel de protección medio y 27.2% (6/22) un nivel de protección bajo. En cuanto a los días en lactancia, se observó una variación alta, incluso dentro de cada establo, con becerras que son destetadas a los 55 o hasta los 108 días. Por lo tanto, no se pudo estimar la proporción de esta práctica de manejo por grupo de establos. En este estudio, también se observó que el 100% de los establos cooperantes no proporcionaba agua a las becerras durante su lactancia, debido a la creencia de que este requerimiento está cubierto con la alimentación líquida.

En la región en estudio, no es extraño observar resultados como los descritos previamente, ya que manejos inadecuados en las becerras lactantes del sistema familiar de producción de leche han sido publicados previamente (Villaseñor *et al.* 2022, Álvarez *et al.* 2024). Es posible que la falta de capacitación sobre las prácticas que actualmente se consideran más adecuadas para manejar a las becerras lactantes y/o la falta de solvencia económica para implementarlas puedan explicar estos resultados. Independientemente de las razones, este escenario puede limitar que los reemplazos de este sistema de producción logren el objetivo de tener su primer parto entre los 22 y 24 meses de edad (DCHA 2023).

Ganancia diaria de peso y ganancia diaria de altura durante la lactancia

El rango de la GDP fue de 140 a 1 600 g animal⁻¹día⁻¹, con un 75% de las becerras teniendo una GDP igual o menor a 663 g animal⁻¹ día⁻¹. Para la GDA, el rango fue entre 0.031 y 0.492 cm animal⁻¹día⁻¹, con un 75% de las becerras teniendo una GDA igual o menor a 0.191 cm animal⁻¹día⁻¹. Las GDP y GDA observadas en las becerras, indican que la mayoría de éstas presentan un desarrollo corporal sub-óptimo durante la fase de lactancia. Resultados similares respecto al desarrollo corporal de las becerras en este sistema de producción han sido descritos previamente (Villaseñor *et al.* 2022, Álvarez *et al.* 2024). Actualmente, la recomendación para el desarrollo corporal en los reemplazos Holstein indica que las becerras deben mostrar una GDP de alrededor de los 800 g día⁻¹ (DCHA 2023).

Efecto de las prácticas de manejo durante la lactancia sobre el desarrollo corporal

En la Tabla 1, se presentan los resultados del análisis de varianza para determinar los efectos de las prácticas de manejo durante la lactancia sobre el desarrollo corporal de las becerras. Se observaron diferencias estadísticas significativas del tipo de concentrado sobre la GDP ($P = 0.047$). Las becerras que consumieron concentrado iniciador diseñado para becerras lactantes y las que no recibieron algún tipo de concentrado presentaron GDP similar, ambas mayores en comparación con las becerras que consumieron un concentrado diseñado para vacas en producción. Esta respuesta podría deberse a la limitada capacidad de aprovechamiento de este tipo de alimento y a la menor disponibilidad de proteína en las becerras. El sistema digestivo de las becerras lactantes aún está en desarrollo, lo que les confiere una capacidad enzimática limitada para degradar ciertos nutrientes presentes en concentrados diseñados para vacas en producción, como proteínas de origen vegetal, almidones y grasas insaturadas (NRC 2021). Se ha descrito, además, que podría ser importante el consumo de carbohidratos de origen no fibroso para que se favorezca la maduración gastrointestinal y mejorar la capacidad para poder extraer la energía de los concentrados iniciadores (Quigley 2019) y en consecuencia su utilización. La diferente composición entre estos iniciadores y los concentrados empleados en vacas podría afectar lo anterior y con ello el crecimiento de la becerro.

Tabla 1. Efecto de las prácticas de manejo en los establos sobre la ganancia diaria de peso (GDP) y ganancia diaria de altura (GDA) de las becerras durante la lactancia.

Prácticas de manejo	GDP ¹ (kg día ⁻¹)	P	GDA ¹ (cm día ⁻¹)	P
Alimentación líquida				
Leche entera (n = 61)	0.587 ± 0.024	0.602	0.159 ± 0.005	0.484
Sustituto (n = 122)	0.555 ± 0.018		0.167 ± 0.006	
Leche entera + sustituto (n = 46)	0.564 ± 0.029		0.169 ± 0.008	
Tipo de concentrado iniciador				
Diseñado para becerras lactantes (n = 170)	0.582 ± 0.014 ^a	0.047	0.167 ± 0.004	0.245
Diseñado para vacas en producción (n = 39)	0.493 ± 0.031 ^b		0.153 ± 0.008	
No ofrecen (n = 20)	0.568 ± 0.040 ^a		0.153 ± 0.011	
Tipo de alojamiento				
Grupal (n = 137)	0.562 ± 0.017	0.737	0.159 ± 0.004	0.295
Individual (n = 92)	0.572 ± 0.021		0.168 ± 0.005	
Protección del alojamiento				
Alto (n = 101)	0.631 ± 0.018 ^b	< 0.001	0.178 ± 0.005 ^b	< 0.001
Medio (n = 81)	0.509 ± 0.020 ^a		0.150 ± 0.005 ^a	
Bajo (n = 47)	0.525 ± 0.026 ^a		0.152 ± 0.007 ^a	
Días en lactancia				
≤ 60 días (n = 42)	0.735 ± 0.030 ^b	0.003	0.224 ± 0.008 ^b	< 0.001
61 - 90 días (n = 104)	0.532 ± 0.018 ^a		0.154 ± 0.005 ^a	
>90 días (n = 83)	0.530 ± 0.019 ^a		0.147 ± 0.005 ^a	

P = Nivel de probabilidad del modelo estadístico, ¹Datos presentados como medias ± error estándar, ^{ab}Diferente literal entre niveles de cada práctica de manejo indica diferencias estadísticas significativas

Por otro lado, el concentrado para vacas en producción suele tener un menor contenido de proteína cruda (entre 12 y 18%) en comparación con el porcentaje recomendado para becerras lactantes, que es de al menos 22% (NRC 2021). Estos menores porcentajes de proteína son el principal factor limitante del crecimiento corporal de la becerro (Drackley 2008), por lo que los productores deberían poner especial atención en la composición nutricional y origen de los nutrientes presentes en el concentrado iniciador que favorezcan la fermentación de sus carbohidratos a ácidos grasos volátiles, el desarrollo ruminal y, no sólo el mantenimiento de la becerro, sino su crecimiento corporal (Drackley 2008, Machado y Ballou 2022).

Adicionalmente, se observó que las becerras que consumieron un concentrado diseñado para becerras lactantes y las que no lo hicieron, presentaron ganancias de peso similares (Tabla 1). La falta de disponibilidad de agua a las becerras en los establos cooperantes, podría explicar parcialmente este resultado y los mencionados previamente. El consumo *ad libitum* de agua limpia y fresca, es requisito indispensable para que el alimento concentrado promueva un desarrollo apropiado del rumen, consecuentemente, que se tenga un aprovechamiento de los nutrientes que se refleje en el desarrollo de las becerras (Jensen y Vestergaard 2021). Sin embargo, en este sistema de producción, hay productores que no perciben la importancia de ofrecer agua a las becerras lactantes, debido a la creencia de que la alimentación líquida ofrecida cubre este requerimiento. Por otro lado, es probable que aquellas becerras que no recibieron concentrado hayan sido alimentadas con mayores niveles de leche para compensar la falta de concentrado. Sin embargo, esto no fue determinado en el estudio.

Se observaron diferencias estadísticamente significativas por efecto del nivel de protección del alojamiento sobre la GDP y la GDA ($P < 0.001$). Las becerras que tuvieron un nivel de protección medio o bajo, presentaron menores GDP y GDA durante su periodo de lactancia en comparación con las becerras mantenidas en un alojamiento con nivel de protección alto (Tabla 1). Este resultado concuerda con estudios en donde el desarrollo de las becerras se ve afectado cuando tienen mayor exposición a las inclemencias del clima (Dado-Senn *et al.* 2023, Mahendran *et al.* 2023). También resalta la importancia de contar con condiciones de alojamiento que brinden un mejor confort a las becerras en el sistema de producción familiar, lo cual podría reflejarse en el desarrollo corporal. Se ha determinado que la zona de termo-neutralidad ambiental de becerras de hasta un mes va de 10 a 25 °C, y que en becerras de un mes va de 0 a 25 °C, por lo que temperaturas inferiores o superiores pueden causar estrés térmico (Laporta 2021, Okkema 2023, Van-Os *et al.* 2024). Las becerras en un nivel bajo o medio de protección contra el ambiente en el presente estudio, posiblemente hayan estado en estrés térmico en algunos periodos del año. En la región de estudio, las temperaturas ambientales pueden bajar a 0.0 °C durante el invierno y llegar 36 °C durante primavera-verano (SMN 2024).

Bajo condiciones de estrés térmico ya sea por calor o por frío, las becerras gastan energía para mantener su temperatura corporal en el rango de termo-neutralidad. Por otro lado, el consumo voluntario de las becerras se ve reducido cuando son expuestas a condiciones de estrés por calor, caso contrario al estrés por frío, ya que se requiere alimento para la producción de calor y mantener la temperatura corporal en un rango fisiológico (Van-Os *et al.* 2024). En cualquiera de estos escenarios, la falta de estandarización en los protocolos de alimentación en el sistema de producción familiar, sugiere que este manejo no se ajusta de acuerdo con las condiciones climáticas

o de alojamiento (Álvarez *et al.* 2024). Es posible que los requerimientos nutricionales para crecimiento de las becerras no hayan sido cubiertos debido a los cambios en el gasto de energía y consumo voluntario asociados al ambiente, así como el manejo de la alimentación implementado. Sin embargo, el consumo individual y el aporte nutricional de la alimentación proporcionada no pudieron ser evaluados en el presente estudio, lo cual limita la posibilidad explicar la relación entre el gasto y consumo de energía con el desarrollo corporal de las becerras.

También se observó un efecto de los días al destete sobre la GDP y GDA ($P < 0.001$). En este caso, las becerras que permanecieron en lactancia por más de 60 días, presentaron menores GDP y GDA en comparación con las becerras que permanecieron por 60 días o menos en lactancia (Tabla 1). Resultados similares han sido observados previamente en este sistema de producción (Villaseñor *et al.* 2022, Álvarez *et al.* 2024). Una posible explicación a este resultado, es que la cantidad de alimento (concentrado iniciador, leche entera y/o sustituto de leche) ofrecida a las becerras no cubra sus requerimientos nutricionales, principalmente en las que tienen lactancias prolongadas. Los requerimientos nutricionales de las becerras aumentan conforme estas van creciendo (NRC 2021), pero la cantidad de alimento que generalmente se suministra en los establos no cambia de acuerdo a estos requerimientos (Álvarez *et al.* 2024), ya que la decisión sobre la cantidad a suministrar se realiza a criterio de los productores.

El sistema familiar de producción de leche, los productores implementan prácticas de manejo consideradas inadecuadas para el desarrollo corporal de las becerras durante la lactancia. En particular, el desarrollo corporal se vio negativamente afectado cuando las becerras fueron suplementadas con un concentrado diseñado para vacas en producción como iniciador, alojadas en instalaciones con nivel medio y bajo de protección hacia el medio ambiente y cuando fueron destetadas después de los 60 días de edad. Por lo tanto, es pertinente realizar esfuerzos en la capacitación sobre este tipo de manejos, lo cual contribuya a tener protocolos estandarizados que favorezcan un mejor desarrollo corporal de las becerras.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a cada uno de los productores cooperantes y estudiantes que apoyaron en el desarrollo del estudio. Al Dr. Ernesto A. Rubio Camacho por la elaboración del mapa de la región en donde se ubicaban los establos cooperantes. Proyecto con número SIGI: 1318392121.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no tienen intereses en competencia.

LITERATURA CITADA

- Aghakhani M, Foroozandeh SAD, Tanatabael SN, Toghyani M, Moosavi-Zadeh E, Rafiee H (2023) 24-Hour postnatal total serum protein concentration affects the health and growth performance of female Holstein dairy calves. *Veterinary Medicine and Science* 9: 2230-2237. <https://doi.org/10.1002/vms3.1203>
- Álvarez JS, Espinosa MMA, Montiel OLJ, Álvarez GH, Urbán DD, Villaseñor GF, Estrada CE (2024) Relationship between feeding protocols and their cost with body development of lactating calves in family milk-production units. *Agro Productividad* 17(9): 183-192. <https://doi.org/10.32854/agrop.v17i9.3040>
- Avilés RR, Barrón BOG, Gutiérrez ChAJ, Ruiz AM (2024) Principales sistemas de producción de leche en México: recopilación actual de parámetros productivos, reproductivos y de manejo. *Ciencias Veterinarias y Producción Animal* 1(2): 32-47. <https://doi.org/10.29059/cvpa.v1i2.16>
- CEAJ (2023) Comisión Estatal del Agua Jalisco. Región Altos Sur. Datos climatológicos. <https://www.ceajalisco.gob.mx/contenido/municipios/regiones/reg03.php>. Fecha de consulta: 25 de junio de 2023.
- Dado-Senn B, Ouellet V, Lantigua V, Van Os J, Laporta J (2023) Methods for detecting heat stress in hutch-housed dairy calves in a continental climate. *Journal of Dairy Science* 106(2): 1039-1050. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22237>
- DCHA (2023) Dairy Calf & Heifer Association. Gold Standards. Fourth Ed. Minnesota, EEUU. 20p.
- Drackley JK (2008) Calf nutrition from birth to breeding. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 24(1): 55-86. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2008.01.001>
- Fricke PM, Wiltbank MC, Pursley JR (2023) The high fertility cycle. *JDS Communications* 4(2): 127-131. <https://doi.org/10.3168/jdsc.2022-0280>
- Gallegos DC, Taddei BC, González CA (2023) Panorama de la industria láctea en México. *Estudios Sociales: Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional* 33(61): e231251. <https://doi.org/10.24836/es.v33i61.1251>
- Heinrichs AJ, Tozer P, Gabler M (2022) Heifers economics. <https://extension.psu.edu/heifer-economics>. Fecha de consulta: 25 de septiembre de 2024.
- Jensen MB, Vestergaard M (2021) Invited review: Freedom from thirst – Do dairy cows and calves have sufficient access to drinking water? *Journal of Dairy Science* 104: 11368-11385. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20487>
- Laporta J (2021) ADSA Foundation Scholar Award: Early-life exposure to hyperthermia: Productive and physiological outcomes, costs, and opportunities. *Journal of Dairy Science* 104(11): 11337-11347. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20722>
- Ley Federal de Sanidad Animal (2007) Cámara de Diputados del Honorable Congreso de la Unión. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/118761/LFSA.pdf>. Fecha de consulta: 10 de marzo de 2023.
- Lichtmannsperger K, Hartsleben C, Spöcker M, Hechenberger N, Tichy A, Wittek T (2023) Factors associated with colostrum quality, the failure of transfer of passive immunity and the impact on calf health in the first three weeks of life. *Animals* 13(11): 1740. <https://doi.org/10.3390/ani13111740>
- Machado VS, Ballou MA (2022) Overview of common practices in calf raising facilities. *Translational Animal Science* 6: 1-12. <https://doi.org/10.1093/tas/txab234>
- Miller-Cushon EK (2023) Current research considering social behavior to improve the welfare of commercially raised dairy calves. *JDS Communications* 5(3): 264-269. <https://doi.org/10.3168/jdsc.2023-0441>

- Mahendran SA, Blackie N, Wathes DC, Booth RE (2023) Comparison of environment quality measurements between 3 types of calf housing in the United Kingdom. *Journal of Dairy Science* 106(4): 2461-2474. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22613>
- Manriquez D, Jannat A, Velásquez-Munoz A, Pinedo P (2024) Effects of perinatal exposure to daily maximum THI and THI fluctuations on serum total proteins and health of preweaned Holstein heifers raised in a dry climate. *Journal of Animal Science* 102: skae218. <https://doi.org/10.1093/jas/skae218>
- Montiel-Olguín LJ, Estrada-Cortés E, Espinosa-Martínez MA, Mellado M, Hernández-Vélez JO, Martínez-Trejo G, Ruiz-López FJ, Vera-Avila HR (2019) Risk factors associated with reproductive performance in small-scale dairy farms in Mexico. *Tropical Animal Health and Production* 51(1): 229-236. <https://doi.org/10.1007/s11250-018-1681-9>
- Nielsen SS, Alvarez J, Bicout DJ, Calistri P, Canali E, Drewe JA, Garin-Bastuji B, Gonzales Rojas JL, Gortazar Schmidt C, Herskin M, Michel V, Miranda Chueca MA, Padalino B, Pasquali P, Roberts HC, Spoolder H, Stahl K, Velarde A, Viltrop A, Jensen MB, Waiblinger S, Candiani D, Lima E, Mosbach-Schulz O, Van der Stede Y, Vitali M, Winckler C (2023) Welfare of calves. *European Food Safety Authority Journal* 21(3): e07896. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2023.7896>
- NRC (2021). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. Eight Revised Edition. The National Academic of Science, Engineering, and Medicine. Washington, D.C. 482p. <https://doi.org/10.17226/25806>
- Ockenden EM, Russo VM, Leury BJ, Giri K, Wales WJ (2023) The preservation of the effects of preweaning nutrition on growth, immune competence and metabolic characteristics of the developing heifer. *Animals* 13: 1309. <https://doi.org/10.3390/ani13081309>
- Okkema C (2023) Taking care of young calves in cold weather. Michigan State University Extension. Disponible en: https://www.canr.msu.edu/news/taking_care_of_young_calves_in_cold_weather
Fecha de consulta: 09 de octubre de 2024.
- Quigley JD (2019) Symposium review: Re-evaluation of National Research Council energy estimates in calf starters. *Journal of Dairy Science* 102: 3674-3683. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15367>
- SMN (2024) Comisión Nacional del Agua. Gobierno de México. Datos sobre temperatura y lluvias. Servicio Meteorológico Nacional. <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias>. Fecha de consulta: 30 de agosto de 2024.
- Sinnott AM, Bokkers EAM, Murphy JP, Kennedy E (2023) A survey of calf housing facilities pre-weaning, management practices and farmer perceptions of calf welfare on irish dairy farms. *Animals* 13: 1019. <https://doi.org/10.3390/ani13061019>.
- Van-Os J, Reuscher K, Dado-Senn B, Laporta J (2024) Effects of thermal stress on calf welfare. *JDS Communication* 5(3): 253-258. <https://doi.org/10.3168/jdsc.2023-0443>
- Villaseñor-González E, Estrada-Cortés E, Montes-Oceguera LR, Vera-Ávila HR, Montiel-Olguín LJ, Jiménez-Severiano H, Espinosa-Martínez MA (2022) Factores asociados a indicadores de crianza de reemplazos bovinos durante el periodo de lactancia en unidades lecheras de pequeña escala. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 13(1): 64-81. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v13i1.5932>
- Xiao J, Chen T, Peng R, Alugongo GM, Yang H, Liu S, Ma Y, Wang J, Li S, Cao Z (2024) How neonatal diet affects the long-term development of rumination behavior, rumen fermentation, and feed digestion in dairy calves fed a high milk level? *Animal Nutrition* 16: 326-337. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2023.12.003>