



Factores asociados a indicadores de crianza de reemplazos bovinos durante el periodo de lactancia en unidades lecheras de pequeña escala



Fernando Villaseñor González ^a

Eliab Estrada Cortés ^a

Lilia del Rocío Montes Ocegüera ^b

Héctor Raymundo Vera Ávila ^c

Luis Javier Montiel Olguín ^d

Héctor Jiménez Severiano ^d

Mario Alfredo Espinosa Martínez ^{d*}

^a Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Centro-Altos de Jalisco. Km 8, Carr. Libre Tepatitlán-Lagos de Moreno, Av. Biodiversidad No. 2470. Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México.

^b Universidad de Guadalajara-CU Altos. Jalisco, México.

^c Universidad Autónoma de Querétaro. Facultad de Ciencias Naturales. Querétaro, México.

^d INIFAP-Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal. Querétaro, México.

*Autor de correspondencia: espinosa.mario@inifap.gob.mx

Resumen:

El objetivo fue evaluar el impacto de factores asociados al manejo de la madre y la calidad del calostro sobre la crianza de reemplazos bovinos durante la lactancia, en el sistema de producción de leche a pequeña escala. En 13 unidades de producción se obtuvo información del crecimiento corporal, la alimentación con calostro e información asociada a la madre de

220 becerras Holstein. Las variables de interés fueron: morbilidad, concentración de inmunoglobulinas en el calostro (CIC; <110 mg/ml), concentración de proteína sérica (CPS; <6.6 g/dl), ganancia diaria de peso (GDP; <0.650 kg/día) y ganancia diaria de altura (GDA; <0.222 cm/día). Los factores de estudio fueron: peso corporal al nacimiento (PCN; <42 kg), altura al nacimiento (AN; <82 cm), calostro consumido el primer día (CCPD; <4 l), calostro consumido el primer día/kg de PV (CPDPV), condición corporal al parto (CCP; <3), duración del periodo seco (DPS; >68 días), vacas primíparas (VP) y vacas sin dieta de reto (VSDR). Para determinar el impacto de los factores de estudio sobre los eventos de interés, se obtuvo la razón de momios a partir de análisis de regresión logística múltiple. Los factores identificados para morbilidad fueron CCPD y VP ($P<0.1$). Los factores para CIC fueron la DPS y VSDR ($P<0.1$), mientras que para la GDP lo fue VSDR ($P<0.1$). Finalmente, los factores para GDA fueron VSDR, PCN, AN y CPDPV ($P<0.1$). Estos resultados sugieren que la nutrición de la madre durante la gestación tardía tiene un impacto importante sobre la salud y el desarrollo corporal de las becerras durante la lactancia. Estudios adicionales deberán determinar los efectos a largo plazo.

Palabras clave: Calostro, Becerras, Morbilidad, Crecimiento.

Recibido: 29/01/2021

Aceptado: 05/07/2021

Introducción

La fase más crítica para la sobrevivencia de una becerro lechera se presenta en sus primeras semanas de vida, y los eventos ocurridos en este periodo pueden afectar su desempeño productivo y reproductivo en el futuro^(1,2,3). En sistemas altamente tecnificados y de producción a pequeña escala, los mayores índices de morbilidad y mortalidad en las becerras se presentan entre el nacimiento y el destete debido, principalmente, a problemas de diarreas y neumonías^(3,4,5). Estudios generados en el sistema tecnificado reportan durante la etapa de lactancia tasas de mortalidad y morbilidad de hasta el 6 y 38 %, respectivamente^(6,7,8). Algunos factores de riesgo asociados a esta mortalidad y morbilidad en las becerras son la baja calidad del calostro⁽⁹⁾, una administración tardía del calostro⁽¹⁰⁾, distocia y condición corporal de la madre previo al parto⁽¹¹⁾, bajo peso al nacimiento, una baja concentración de IgG en suero, enfermedades durante el periodo previo al destete y un bajo consumo de grasa en la dieta líquida⁽¹²⁾. Sin embargo, en el sistema de producción de leche a pequeña escala en México, las condiciones productivas y de manejo son diferentes a las de los sistemas

tecnificados; existe una menor eficiencia en el proceso de crianza⁽⁴⁾, los niveles de producción de leche son menores⁽¹³⁾, el manejo nutricional es deficiente⁽¹⁴⁾ y el desempeño reproductivo está por debajo de lo óptimo⁽¹⁵⁾. Estas diferencias permiten cuestionar, si los factores de riesgo reportados en el sistema tecnificado impactan de la misma manera los indicadores de crianza en el sistema de producción a pequeña escala. La determinación de estos factores en este último sistema, permitiría implementar o diseñar estrategias específicas para establos bajo este sistema de producción, con la finalidad de mejorar la crianza de becerras. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue identificar factores asociados a indicadores de la crianza de becerras, en los sistemas de producción de leche a pequeña escala. La hipótesis de trabajo es que existen factores de riesgo individuales de las becerras, de la madre y del calostro, asociados con el desempeño de las becerras durante la etapa de lactación en este sistema de producción

Material y métodos

Ubicación

El estudio fue realizado en la región de Los Altos de Jalisco Sur (20° 52' N), en los municipios de Valle de Guadalupe, San Ignacio Cerro Gordo y Tepatitlán de Morelos. En esta región se mantiene un clima templado subhúmedo, con una temperatura promedio anual de 17.8 °C y una precipitación promedio anual de 817 mm⁽¹⁶⁾.

Captura de información

Durante un periodo de nueve meses, se obtuvo información generada de 220 becerras Holstein de 13 unidades de producción de leche con características del sistema familiar de la región de Los Altos de Jalisco. La selección de establos fue por una muestra por conveniencia con los siguientes criterios de selección: mano de obra como soporte operativo principal de la unidad de producción, producción de leche como objetivo primario del establo, un rango de vientres en producción entre 10 y 100 y niveles medio-bajo de tecnificación. Con estos criterios, las unidades cumplieron con las características de establos familiares de la región^(17,18). Con apoyo de un médico veterinario zootecnista, con años de experiencia de trabajo en práctica clínica en la región, y familiarizado por su participación en estudios previos con la toma de muestras, mediciones y captura de información necesaria, las becerras se monitorearon desde el nacimiento hasta el destete (71.6 ± 1.1 días), obteniendo diferentes

indicadores de crecimiento: peso al nacimiento, peso al destete, altura al nacimiento y altura al destete. A partir de estos valores se estimó la ganancia diaria de peso al destete (GDP) y la ganancia diaria de altura al destete (GDA). Para estimar el peso corporal, se empleó una cinta métrica específica para beceras Holstein (Dairy Calf Tape, Coburn Co., Whitewater WI), midiendo su circunferencia torácica por detrás de las escápulas, mientras que, para registrar la altura a la cruz, se empleó una regla somatométrica (Nasco, Whitewater WI).

Por otro lado, se registró información sobre eventos asociados al parto de las madres de las beceras, duración del periodo seco, condición corporal al parto, número de parto y si la madre recibió dieta de reto previo al parto (recibían concentrado en las 2 a 3 semanas previas al parto, independientemente de su composición nutricional). Para estimar la condición corporal al parto, se consideró una escala de 1 a 5, donde un valor de 1 corresponde a un animal en estado de emaciación y un valor de 5 a un animal obeso⁽¹⁹⁾.

Adicionalmente, se registró el consumo de calostro por la becerra en la primera toma y el primer día, el tiempo transcurrido desde el nacimiento y hasta la primera toma de calostro, la calidad del calostro (mg/ml) y la cantidad de proteína sérica (g/dl) en las beceras a las 48 h de nacida. Para determinar la calidad del primer calostro posparto, una muestra de aproximadamente 250 ml fue colectada y colocada en baño María a una temperatura de 22 °C; una vez alcanzada esta temperatura, el calostro se depositó en una probeta y mediante un calostrómetro (Biogenics[®], Mapleton OR) se hizo la lectura de la cantidad de inmunoglobulinas presentes (mg/ml). La concentración de proteína sérica total en la becerra, como indicadora de falla de transferencia de inmunidad pasiva se determinó en una muestra de sangre obtenida de la vena yugular a las 48 h de nacida; la muestra se centrifugó a 2,500 rpm durante 15 min y el suero obtenido se mantuvo en congelación (-20 °C) hasta su análisis por refractometría. Para ello, mediante una pipeta Pasteur se tomó una gota del suero que fue mantenido a temperatura ambiente (22 °C) y se depositó en el prisma de un refractómetro portátil (Danoplus, Mod. RETK-70), con compensación automática de temperatura y un rango de lectura de 0-12 g/dl, procurando cubrir completamente la superficie y evitando la formación de burbujas de aire que pudieran distorsionar la lectura de los resultados. El refractómetro se enfocó a una fuente de luz y la lectura obtenida fue registrada. Previo a su uso, el refractómetro se calibró empleando agua destilada y ajustando el tornillo calibrador, de acuerdo a instrucciones del fabricante.

Eventos de interés

Los eventos de interés seleccionados fueron: morbilidad (becerra enferma al menos en una ocasión en el periodo del nacimiento al destete). Se monitorearon las becerras para signos de enfermedad por el técnico participante, así como por información proporcionada por el productor. Entre los signos considerados estuvieron cojera, dificultad para desplazarse, postración, pérdida de apetito, deshidratación, fiebre, tos, descargas nasales u oculares, letargia y una consistencia anormal en las heces, sin considerar la duración de estos signos, ni la severidad de los mismos. Adicionalmente, los restantes eventos de interés fueron la concentración de inmunoglobulinas en el primer calostro menor a 110 mg/ml, concentración de proteína sérica menor a 6.6 g/dl, GDP menor a 0.650 kg/día y GDA menor a 0.222 cm/día. Los valores límite para los diferentes eventos de interés se establecieron con base al cuartil superior de su distribución⁽¹⁵⁾, con excepción de ganancia diaria de peso al destete.

Factores de estudio

Para el evento morbilidad, los factores considerados fueron: calostro consumido en el primer día menor a 4 l *vs* mayor o igual a 4 l, calostro consumido/kg de peso vivo (PV) en el primer día <0.105 *vs* >0.105 kg, peso corporal al nacimiento menor a 42 kg *vs* mayor o igual a 42 kg, altura al nacimiento menor a 82 cm *vs* mayor o igual a 82 cm, condición corporal de la madre al parto menor a 3 *vs* mayor o igual a 3, número de parto (primer parto *vs* más de un parto) y ofrecimiento de dieta de reto a la madre (NO *vs* SI). Para el evento concentración de proteína sérica menor a 6.6 g/dl, los factores analizados fueron: calostro consumido en el primer día, calostro consumido/kg de PV en el primer día, peso al nacimiento, altura al nacimiento, condición corporal de la madre al parto, número de parto, duración del periodo seco menor a 68 días *vs* mayor o igual a 68 días y ofrecimiento de dieta de reto a la madre. Para el evento GDP menor a 0.650 kg/día y GDA <0.222 cm/día, los factores analizados fueron: calostro consumido en el primer día, calostro consumido/kg de PV en el primer día, peso al nacimiento, altura al nacimiento, condición corporal de la madre al parto, número de parto y ofrecimiento de dieta de reto a la madre. Los valores límite para los diferentes factores de estudio se establecieron con base al cuartil superior de su distribución⁽¹⁵⁾.

Análisis estadístico

Los análisis estadísticos se realizaron empleando el paquete estadístico SAS 9.3 (SAS Institute Inc., Cary, NC). Inicialmente, se obtuvieron valores descriptivos para las variables consideradas en el estudio y la frecuencia de los mismos. Para construir los modelos múltiples, primeramente, se utilizaron modelos de regresión logística simples con el procedimiento LOGISTIC entre cada una de las variables independientes (factores de estudio) y cada evento de interés. Factores con significancia $P \leq 0.35$ fueron retenidos para diseñar los modelos múltiples⁽²⁰⁾. Posteriormente, se realizaron análisis de correlación simple entre factores de estudio para prevenir colinealidad en los modelos múltiples con el procedimiento FREQ. Cuando los límites de confianza de los coeficientes de correlación no incluyeron al 0 (indicando que existe una asociación positiva o negativa), ambos factores no formaron parte del mismo modelo. Para obtener los modelos con mayor parsimonia, se utilizó la opción *backward* del procedimiento LOGISTIC para eliminar del modelo factores de estudio no significativos a un valor de $P > 0.1$ ⁽²⁰⁾. Finalmente, se obtuvieron las razones de momios (OR) a partir de los análisis de regresión logística como una medida de asociación entre los eventos de interés y los factores de estudio⁽²¹⁾.

Resultados

Indicadores de desempeño

El peso y altura al nacer de las becerras superó ligeramente los 40 kg y los 80 cm, respectivamente, con una ganancia diaria de peso al destete de 503 g (Cuadro 1). Los litros consumidos de calostro en la primera toma y el primer día fueron 2.36 y 4.09, respectivamente, transcurriendo más de 4 h en promedio, para realizar la primera toma de calostro. El contenido de inmunoglobulinas en el calostro correspondió a una buena calidad, aunque con un rango amplio de valores; esta última situación fue similar a lo observado en el contenido de proteína sérica y en la duración del periodo seco. La condición corporal al parto promedió 2.8.

Cuadro 1: Estadísticas descriptivas de variables asociadas a la crianza y el manejo periparto de vacas Holstein

Variable	n	Promedio±DE	Mínimo	Cuartil inferior	Cuartil superior	Máximo
Peso corporal al nacimiento, kg	207	40.39±2.99	29.00	39.00	42.00	52.00
Ganancia de peso al destete, kg/día	220	0.503±0.23	0.001	0.397	0.644	1.027
Altura al nacimiento, cm	207	80.28±3.38	66.00	78.00	82.00	89.00
Ganancia de altura al destete, cm/día	220	0.168±0.08	0.002	0.122	0.222	0.351
Calostro consumido en primera toma (l)	115	2.36±0.93	0.50	2.0	3.0	5.00
Calostro consumido el primer día (l)	207	4.09±0.51	1.00	4.00	4.00	5.50
Calostro consumido /kg PV, primera toma (kg)	115	0.058±0.002	0.012	0.048	0.071	0.125
Calostro consumido/kg PV, primer día (kg)	213	0.102±0.00	0.026	0.095	0.105	0.139
Tiempo a la primera toma de calostro, h	119	4.24±3.31	0.35	2.0	6.0	18.00
Inmunoglobulinas en calostro, mg/ml	133	81.56±33.74	10.00	85	110	165.00
Proteína sérica, g/dl	141	5.64±1.32	1.00	4.95	6.60	9.00
Condición corporal al parto	207	2.80±0.40	2.00	2.50	3.00	4.00
Duración del periodo seco, días	132	66.54±20.14	31.00	57	68	179.00
Número de partos	215	1.71±0.45	1	1	2	9

DE= Desviación estándar; PV= peso vivo.

Con excepción de la morbilidad (29.9 %), el resto de los eventos tuvo una prevalencia superior al 70 % (Cuadro 2). El 53 % de las becerras enfermas se asociaron a la presentación de diarrea, mientras que el 24.2 % se asociaron a problemas respiratorios sugerentes de neumonía y el 22.7 % mostró algún otro signo de enfermedad o alteración. De los factores en estudio, el consumo de calostro en el primer día menor a 4 L fue el de menor prevalencia (4.3 %), mientras que el peso corporal al nacimiento menor a 42 kg, la altura al nacimiento

menor a 82 cm, la condición corporal al parto menor a 3 y el consumo de calostro en el primer día <105 kg/kg PV, tuvieron prevalencias superiores al 60 % .

Cuadro 2: Prevalencias de los eventos de interés y potenciales factores de riesgo para crianza de becerras, incluidos en los análisis de regresión logística

Variable	%
Eventos de interés:	
Morbilidad	29.95
Concentración de inmunoglobulinas en calostro <110 mg/ml	74.36
Concentración de proteína sérica <6.6 g/dl	75.00
Ganancia de peso al destete <0.650 kg/día	74.88
Ganancia de altura al destete <0.222 cm/día	74.40
Factores de estudio:	
Peso corporal al nacimiento <42 kg	69.08
Altura al nacimiento <82 cm	63.29
Consumo de calostro en el primer día <4 l	4.35
Calostro consumido /kg PV, primer día (kg)	65.70
Condición corporal al parto <3	63.29
Duración del periodo seco \geq 68 días	26.92
Vacas de primer parto	28.99
Vacas sin dieta de reto	51.56

PV= peso vivo.

Asociación de los factores de estudio sobre los eventos de interés

Los análisis de regresión logística simple (Cuadro 3), muestran que para el evento morbilidad, los cuatro factores de estudio con una $P < 0.35$ que fueron incluidos en los análisis múltiples fueron el calostro consumido el primer día ($P=0.025$), el calostro consumido el primer día por kg de peso vivo ($P=0.174$), el número de parto ($P=0.008$) y la dieta de reto ($P=0.223$). Para el evento concentración de inmunoglobulinas menor a 110 mg/ml, los únicos factores de estudio considerados fueron la duración del periodo seco ($P=0.063$) y la dieta de reto ($P=0.005$). Para la concentración de proteína sérica menor a 6.6 g/dl como indicador de falla de transferencia de inmunidad pasiva, el único factor considerado fue el peso al nacimiento ($P=0.178$). Para la ganancia de peso al destete menor a 0.650 kg/día, tres factores fueron considerados, el número de parto ($P=0.280$), la dieta de reto ($P=0.004$) y el calostro consumido el primer día por kg de PV ($P=0.340$), mientras que los factores calostro consumido el primer día ($P=0.329$), calostro consumido el primer día por kg de PV ($P=0.004$), peso al nacimiento ($P=0.067$), altura al nacimiento ($P=0.001$), número de parto

($P=0.105$) y la dieta de reto ($P=0.008$), se consideraron para el evento ganancia de altura al destete menor a 0.222 cm/día.

Cuadro 3: Factores asociados a diferentes eventos. Análisis con modelos simples

Evento de interés	Factor de riesgo	P (OR)
Morbilidad	Calostro consumido el primer día (<4 vs ≥ 4 l)	0.025 (5.071)
	Calostro consumido/kg PV, primer día (<0.105 vs ≥ 0.105)	0.174 (1.571)
	Número de parto (primípara vs múltipara)	0.008 (2.358)
	Dieta de reto (sin dieta vs con dieta)	0.223 (0.675)
Concentración de inmunoglobulinas <110 mg/ml	Duración del periodo seco (≥ 68 vs <68 días)	0.063 (4.385)
	Dieta de reto (sin dieta vs con dieta)	0.005 (5.665)
Concentración de proteína sérica <6.6 g/dl	Peso al nacimiento (<42 vs ≥ 42 kg)	0.178 (1.727)
Ganancia de peso al destete <0.650 kg/día	Número de parto (primípara vs múltipara)	0.280 (1.495)
	Dieta de reto (sin dieta vs con dieta)	0.004 (0.372)
	Calostro consumido/kg PV, primer día (<0.105 vs ≥ 0.105)	0.340 (1.395)
Ganancia de altura al destete <0.222 cm/día	Calostro consumido el primer día (<4 vs ≥ 4 l)	0.329 (2.849)
	Calostro consumido/kg PV, primer día (<0.105 vs ≥ 0.105)	0.004 (0.385)
	Peso al nacimiento (<42 vs ≥ 42 kg)	0.067 (0.499)
	Altura al nacimiento (<82 vs ≥ 82 cm)	0.001 (0.266)
	Número de parto (primípara vs múltipara)	0.105 (0.579)
	Dieta de reto (sin dieta vs con dieta)	0.008 (0.400)

P =valor de probabilidad; OR=razón de momios; PV=peso vivo.

Los efectos significativos de los modelos múltiples para cada evento de interés, mostrados en el Cuadro 4, indican que, para morbilidad, los dos factores que se mantuvieron fueron el consumo de calostro para un primer modelo ($P=0.023$) y el número de parto para el segundo modelo ($P=0.010$). Para la concentración de inmunoglobulinas menor a 110 mg/ml, los factores que se mantuvieron fueron la duración del periodo seco ($P=0.062$) y la dieta de reto ($P=0.005$). Para la ganancia de peso al destete menor a 0.650 kg/día sólo lo fue la dieta de reto ($P=0.004$). Para la ganancia de altura al destete menor a 0.222 cm/día los factores que se mantuvieron en cuatro modelos fueron la dieta de reto para el primero de ellos ($P=0.008$),

el peso al nacimiento ($P=0.055$) y la dieta de reto para el segundo ($P=0.005$), la altura al nacimiento ($P=0.005$) y la dieta de reto ($P=0.017$) para el tercer modelo y la dieta de reto y el consumo de calostro en el primer día/kg de PV ($P=0.003$).

Cuadro 4: Factores no colineales identificados mediante análisis multivariado para diferentes eventos

Variable	Modelo	Factor	OR (IC 95%)	P
Morbilidad	1	Consumo de calostro en el primer día < 4 l ≥ 4 l	5.224 (1.257-21.711) Referencia	0.023
	2	Número de parto Primípara Multípara	2.395 (1.231-4.660) Referencia	0.010
Concentración de inmunoglobulinas <110 mg/ml	1	Duración del periodo seco ≥ 68 < 68	0.214 (0.043-1.079) Referencia	0.062
		Dieta reto Sin dieta Con dieta	0.170 (0.049-0.588) Referencia	0.005
Ganancia de peso al destete <0.650 kg/día	1	Dieta reto Sin dieta Con dieta	0.372 (0.187-0.736) Referencia	0.004
Ganancia de altura al destete <0.222 cm/día	1	Dieta reto Sin dieta Con dieta	0.400 (0.204-0.785) Referencia	0.008
	2	Peso al nacimiento < 42 kg ≥ 42 kg Dieta reto Sin dieta Con dieta	0.469 (0.216-1.017) Referencia 0.377 (0.190-0.747) Referencia	0.055 0.005
	3	Altura al nacimiento < 82 cm ≥ 82 cm Dieta reto Sin dieta Con dieta	0.253 (0.110-0.585) Referencia 0.430 (0.214-0.860) Referencia	0.001 0.017

	4	Dieta de reto		
		Sin dieta	0.368 (0.183-0.739)	0.005
		Con dieta	Referencia	
		Calostro consumido/kg		
		PV en primer día		
		<0.105	2.882 (1.449-5.735)	0.003
		≥0.105	Referencia	

OR= razón de momios; IC= intervalo de confianza; P= valor de probabilidad.

Discusión

El peso y altura promedio de las becerras al nacimiento fueron similares a los descritos para este sistema de producción⁽⁴⁾, aunque ligeramente inferiores a los publicados para becerras de otros sistemas^(8,22,23). Por otra parte, el promedio observado en la ganancia de peso al destete fue inferior a lo recomendable⁽²⁴⁾ y mostró resultados contrastantes a lo publicado por otros autores^(8,23,25). Esto podría deberse, al menos en parte, a las diferentes condiciones de manejo de las unidades de producción, duración de periodos de lactancia y tipo de alimentación (sustitutos vs leche), entre otros.

El consumo promedio de calostro en la primera toma y el total del primer día fueron inferiores a lo descrito por otros autores^(8,23). Aún considerando el consumo de calostro por kilo de peso vivo en la primera toma, no se logró cubrir el 10 al 12 % recomendado para las primeras h⁽²⁶⁾, lográndolo sólo después del primer día. Un alto porcentaje de becerras consumió menos de 4 L de calostro en el primer día, mientras que el tiempo transcurrido a la primera toma de calostro es mayor a lo registrado en otros estudios^(8,27). A pesar de las deficiencias observadas en el consumo de calostro, parece ser que la protección lograda por las becerras, medida en proteína sérica total, fue adecuada⁽²⁷⁾, quizá como resultado de la alta calidad del calostro ofrecido⁽²⁴⁾, que es superior a lo observado en hatos de un mayor tamaño y tecnificación⁽²³⁾. En estos últimos, se ha descrito que sólo un 23 % de los calostros cubren estándares de calidad⁽⁹⁾. Es probable que las menores producciones de leche de las vacas del sistema a pequeña escala⁽¹³⁾, permitan que la concentración de inmunoglobulinas en el calostro sea mayor, al evitar su dilución⁽²⁸⁾. De esta manera, aunque la primera toma de calostro en becerras bajo el sistema de producción de leche a pequeña escala pudiera ser menor a lo sugerido⁽²⁶⁾, la calidad del mismo permitiría garantizar una protección efectiva. Sin embargo, se debe tomar en cuenta la amplia variación de resultados observada tanto en la concentración de inmunoglobulinas en el calostro, como en la cantidad de proteína sérica.

La baja condición corporal al parto de las vacas y el alto porcentaje que se ubicó con menos de 3 puntos de condición corporal, puede ser resultado de condiciones deficientes de alimentación que existen en los hatos^(14,15,29), lo cual se refleja en el bajo porcentaje de vacas que recibieron dieta de reto.

Para el evento de morbilidad, el análisis múltiple indicó que aquellas becerras que consumieron menos de 4 L de calostro el primer día, tuvieron 5.2 veces más probabilidades de enfermarse en comparación a las que consumieron mayores cantidades. De esta manera, esto debe tomarse en cuenta, aún y cuando las lecturas de proteína sérica total promedio muestren buenos resultados. Adicionalmente, la mayor probabilidad de enfermarse de las becerras que fueron hijas de madres de primer parto vs multíparas, similar a lo descrito por otros autores⁽³⁰⁾, puede deberse a que el calostro de las primeras contiene menor cantidad de inmunoglobulinas o su calidad puede ser inferior a la de vacas con un mayor número de partos^(31,32,33). Debido a las altas tasas de morbilidad registradas para este sistema de pequeña escala, se debe poner especial atención en la alimentación ofrecida a la becerria el primer día y procurar las mejores condiciones de alojamiento, en especial cuando las becerras provienen de madres de primer parto.

Tomando en cuenta que un bajo consumo de calostro podría poner en riesgo la salud de una becerria, garantizar su calidad también es una prioridad. El no consumir una dieta de reto disminuyó la probabilidad de tener un calostro de calidad inferior (<110 mg/ml), mostrando así un efecto protector. Aunque el ofrecimiento de concentrado previo al parto, que coincide con la formación de calostro⁽²⁶⁾, pudo favorecer una mayor producción inicial, esto pudo causar una dilución en el contenido de inmunoglobulinas. Esto es algo similar a lo que se ha observado en la especie ovina⁽³⁴⁾, donde ovejas restringidas tuvieron un menor volumen de calostro, pero un mayor contenido de inmunoglobulinas, en comparación a las ovejas consumiendo el 100 % de sus requerimientos nutricionales. Sin embargo, no se han observado diferencias en la calidad del calostro debido al consumo de concentrado o un mayor consumo de energía metabolizable previo al parto de vacas^(35,36). El segundo factor asociado a la concentración de inmunoglobulinas que se mantuvo en el análisis multivariado fue el periodo seco; a una mayor duración de este periodo, disminuyó la probabilidad de que existiera una baja concentración de inmunoglobulinas en el calostro, en comparación a periodos menores a 68 días. Existe poca información comparable disponible; aunque se ha descrito que un periodo seco de 40 días en vacas no mostró diferencias en la concentración de inmunoglobulinas en el calostro, en comparación a 60 días⁽³⁷⁾. Es probable que un mayor periodo seco, el cual llegó a ser de hasta 179 días para los animales de este estudio, permitan su mayor recuperación corporal y esto favorezca la concentración de inmunoglobulinas en el calostro; esto deberá ser analizado en estudios posteriores.

El no ofrecer una dieta de reto a la madre disminuyó la probabilidad de que la becerria tuviera una baja ganancia de peso y altura al destete (es decir, tuvo un efecto protector). Al respecto,

no se observaron diferencias en el peso o ganancia de peso de becerras cuyas madres recibieron concentrado o no, previo al parto⁽³⁵⁾. Una limitante de este estudio es no haber registrado la cantidad y la composición nutricional de la dieta de reto ofrecida a las vacas, lo cual pudo dar una mayor orientación sobre los resultados obtenidos. Algunas alteraciones nutricionales durante la vida *in útero* de las crías, podrían afectar su desempeño desde el nacimiento⁽³⁸⁾, por lo que es probable que una menor nutrición de la vaca durante la fase final de gestación, provoque en la becerria mecanismos compensatorios que favorezcan su crecimiento inicial después de nacer, como se ha observado en otras fases de crecimiento⁽³⁹⁾. Sólo algunos estudios han descrito los efectos favorables que la nutrición en la gestación tardía puede tener sobre el crecimiento de las crías⁽⁴⁰⁾, lo que puede deberse en parte a que la mayoría de los trabajos generalmente se limitan a obtener indicadores en las crías al nacimiento⁽⁴¹⁾, sin evaluar su desempeño posterior. Adicionalmente, se observó en uno de los modelos que consumir calostro en una cantidad menor a 0.105 kg/kg de PV en el primer día, aumentó casi 3 veces el riesgo de tener un menor crecimiento en las becerras. Es probable que componentes del calostro, como hormonas, factores de crecimiento y nutrientes, los cuales pueden estar en mayor cantidad en el primer calostro, favorezcan el crecimiento de las becerras⁽²⁶⁾. Desafortunadamente, la altura y su ganancia al destete, no se incluyen en los estudios con la frecuencia que lo hace el peso corporal. Aunque existe una mayor ganancia de peso al destete en becerras con un mayor consumo de calostro⁽⁴²⁾, en otro estudio no se observó lo mismo para la altura al destete⁽⁴³⁾. Sin embargo, el diseño consideró el uso de calostro de buena calidad y en cantidades apropiadas, aún para el grupo de menor consumo de calostro (10 vs 15 y 20 % del peso corporal), lo que pudo disminuir la posibilidad de observar diferencias entre grupos.

Conclusiones e implicaciones

En conclusión, los factores asociados a la crianza de becerras identificados fueron calostro consumido el primer día, vacas primíparas, duración del periodo seco, vacas sin dieta de reto, peso corporal al nacimiento y altura al nacimiento. El factor con mayor impacto sobre el desempeño de las becerras durante la lactancia fue vacas sin dieta de reto, por impactar positivamente a los eventos de interés concentración de inmunoglobulinas en el calostro, ganancia diaria de peso y ganancia diaria de altura al destete. Este resultado es interesante por las posibles implicaciones prácticas que se pudieran desprender, por ejemplo, recomendar no brindar dieta de reto a vacas bajo este sistema de producción. Sin embargo, es necesario llevar a cabo estudios complementarios para analizar el efecto a largo plazo sobre el desempeño de las becerras más allá de la etapa de lactación y las repercusiones productivas y de salud de las madres.

Agradecimientos

Estudio financiado con fondos fiscales asignados al proyecto SIGI 23335132549 titulado “Suplementación nutricional en periodos críticos de la crianza de becerras, para mejorar su desempeño productivo en sistemas familiares/semitecnificados de producción de leche” del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

Conflicto de interés

Los autores declaran no tener algún conflicto de interés de tipo financiero o personal asociado a este estudio.

Literatura citada:

1. Ghoraiшы SH, Rokouei M. Impact of birth weight of Iranian Holstein calves on their future milk production and reproductive traits. *J Livest Sci Technol* 2013;1:41-46.
2. Raboisson D, Delor F, Cahuzac E, Gendre C, Sans P, Allaire G. Perinatal, neonatal, and rearing period mortality of dairy calves and replacement heifers in France. *J Dairy Sci* 2013;96:1-12.
3. Aghakeshmiri F, Azizzadeh M, Farzaneh N, Gorjidooz M. Effects of neonatal diarrhea and other conditions on subsequent productive and reproductive performance of heifer calves. *Vet Res Commun* 2017;41:107-112.
4. Espinosa MMA, Estrada CE, Barretero HR, Rodríguez HE, Escobar RMC. Crianza de becerras para sistemas familiares/semitecnificados de producción de leche. Folleto para productores No. 1, 1ª ed. Ajuchitlán, Querétaro, México. INIFAP CENID Fisiología y Mejoramiento Animal. 2014.
5. Johnson KF, Chancellor N, Burn CC, Wathes DC. Prospective cohort study to assess rates of contagious disease in pre-weaned UK dairy heifers: management practices, passive transfer of immunity and associated calf health. *Vet Rec* 2017;4(1):e000226.
6. Lora I, Gottardo F, Contiero B, Dall AB, Bonfanti L, Stefani A, Barberio A. Association between passive immunity and health status of dairy calves under 30 days of age. *Prev Vet Med* 2018;152:12-15.
7. Svensson C, Linder A, Olsson SO. Mortality in Swedish dairy calves and replacement heifers. *J Dairy Sci* 2006;89:4769-4777.

8. Urie NJ, Lombard JE, Shivley CB, Koprak CA, Adams AE, Earleywine TJ, *et al.* Preweaned heifer management on US dairy operations: Part I. Descriptive characteristics of preweaned heifer raising practices. *J Dairy Sci* 2018;101(9):1-17.
9. Phipps AJ, Beggs DS, Murray AJ, Mansell PD, Stevenson MA, Pymant MF. Survey of bovine colostrum quality and hygiene on northern Victorian dairy farms. *J Dairy Sci* 2016;99:8981-8990.
10. Zitzmann R, Pfeiffer M, Söllner-Donat S, Donat K. Risk factors for calf mortality influence the occurrence of antibodies against the pathogens of enzootic bronchopneumonia. *Tierarztl Prax Ausq G Grosstiere Nutztiere* 2019;47(3):151-165. Abstract.
11. Mee JF, Grant J, Sánchez-Miguel C, Doherty M. Pre-calving and calving management practices in dairy herds with a history of high or low bovine perinatal mortality. *Animals* 2013;3(3):866-881.
12. Urie NJ, Lombard JE, Shivley CB, Koprak CA, Adams AE, Earleywine TJ, Olson JD, Garry FB. Preweaned heifer management on US dairy operations: Part V. Factors associated with morbidity and mortality in preweaned dairy heifer calves. *J Dairy Sci* 2018;101:1-16.
13. Sánchez GRA, Zegbe DJA, Gutiérrez BH. Tipificación de un Sistema integral de lechería familiar en Zacatecas, México. *Rev Mex Cienc Pecu* 2015;6(3):349-359.
14. Vera AHR, Hernández AL, Espinosa GJA, Ortega RL, Díaz AE, Román PH, *et al.* Producción de leche de bovino en el sistema familiar. Libro técnico. 1a ed. México, INIFAP CIRGOC;2009.
15. Montiel-Olguín LJ, Estrada-Cortés E, Espinosa-Martínez MA, Mellado BM, Hernández-Vélez JO, Martínez-Trejo G, *et al.* Risk factors associated with reproductive performance in small-scale dairy farms in Mexico. *Trop Anim Health Prod* 2019;51(1):229-236.
16. IIEG. Instituto de Información Estadística y Geográfica de Jalisco. Altos Sur Diagnóstico de la Región Agosto 2019. Gobierno de Jalisco. 2019.
17. Martínez-González JC, Castillo-Rodríguez SP, Villalobos-Cortés A, Hernández-Meléndez J. Sistemas de producción con ruminantes en México. *Cienc Agropec* 2017;26:132-152.
18. Montiel-Olguín LJ, Ruíz-López FJ, Mellado M, Estrada-Cortés E, Gómez-Rosales S, Elton-Puente JE, Vera-Avila HR. Body condition score and milk production on conception rate of cows under a small-scale dairy system. *Anim* 2019;9(10):800.

19. Edmonson AJ, Lean J, Weaver LF, Farver T, Webster G. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *J Dairy Sci* 1989;72:68-78.
20. Potter TJ, Guitian J, Fishwick J, Gordon PJ, Sheldon IM. Risk factors for clinical endometritis in postpartum dairy cattle. *Theriogenology* 2010;74(1):127–134.
21. Szumilas M. Explaining odds ratios. *J Can Acad Adolesc Psychiatry* 2010;19(3):227-229.
22. Bazeley KJ, Barrett DC, Williams PD, Reyher KK. Measuring the growth rate of UK dairy heifers to improve future productivity. *The Vet J* 2016;212:9-14.
23. Shivley CB, Lombard JE, Urie NJ, Haines DM, Sargent R, Koprak CA, *et al.* 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* 2018;101:1-14.
24. Akins M. Dairy heifer development and nutrition management. *Vet Clin Food Anim Pract* 2016;32:303-317.
25. Davis Rincker LE, VandeHaar MJ, Wolf CA, Liesman JS, Chapin LT, Weber Nielsen MS. Effect of intensified feeding of heifer calves on growth, pubertal age, calving age, milk yield, and economics. *J Dairy Sci* 2011;94:3554-3567.
26. Godden SM, Lombard JE, Woolums AR. Colostrum management for dairy calves. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 2019;35:535-556.
27. Vogels Z, Chuck GM, Morton JM. Failure of transfer of passive immunity and agammaglobulinaemia in calves in south-west Victorian dairy herds: prevalence and risk factors. *Aust Vet J* 2013;91:150-158.
28. Elizondo-Salazar JA. Alimentación y manejo del calostro en el ganado de leche. *Agronomía mesoamericana* 2007;18(2):271-281.
29. Estrada CE, Espinosa MMA, Barretero HR, Rodríguez HE, Escobar RMC. Manejo del ganado bovino adulto en establos familiares/semitecnificados de producción de leche. Folleto para productores Num. 1, 1ª ed. Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México. INIFAP-Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. 2014.
30. Swali A, Wathes DC. Influence of primiparity on size at birth, growth, the somatotrophic axis and fertility in dairy heifers. *Anim Reprod Sci* 2007;102(1-2):122-136.
31. Dunn A, Ashfield A, Earley B, Welsh M, Gordon A, Morrison SJ. Evaluation of factors associated with immunoglobulin G, fat, protein, and lactose concentrations in bovine colostrum and colostrum management practices in grassland-based dairy systems in Northern Ireland. *J Dairy Sci* 2017;100(3):2068-2079.

32. Reschke C, Schelling E, Michel A, Remy-Wohlfender F, Meylan M. Factors associated with colostrum quality and effects on serum gamma globulin concentrations of calves in swiss dairy herds. *J Vet Intern Med* 2017;31:1563-1571.
33. Sutter F, Borchardt S, Schuenemann GM, Rauch E, Erhard M, Heuwiesser W. Evaluation of 2 different treatment procedures after calving to improve harvesting of high-quantity and high-quality colostrum. *J Dairy Sci* 2019;102(10):9370-9381.
34. Swanson TJ, Hammer CJ, Luther JS, Calson DB, Taylor JB, Caton JS *et al.* Effects of gestational plane of nutrition and selenium supplementation on mammary development and colostrum quality in pregnant ewe lambs. *J Anim Sci* 2008;86:2415-2423.
35. Dunn A, Ashfield A, Earley B, Welsh M, Gordon A, McGee M, Morrison SJ. Effect of concentrate supplementation during the dry period on colostrum quality and effect of colostrum feeding regimen on passive transfer of immunity, calf health, and performance. *J Dairy Sci* 2017;100:1-14.
36. Hare KS, Wood KM, Fitzsimmons C, Penner B. Oversupplying metabolizable protein in late gestation for beef cattle: effects on postpartum ruminal fermentation, blood metabolites, skeletal muscle catabolism, colostrum composition, milk yield composition, and calf growth performance. *J Anim Sci* 2019;97:437-455.
37. Shoshani E, Rozen S, Doekes JJ. Effect of a short dry period on milk yield and content, colostrum quality, fertility, and metabolic status of Holstein cows. *J Dairy Sci* 2014;97:1-14.
38. Van Eetvelde M, Opsomer G. Innovative look at dairy heifer rearing: effect of prenatal and post-natal environment on later performance. *Reprod Dom Anim* 2017;52(Suppl. 3):30-36.
39. Choi YJ, Han IK, Woo JH, Lee HJ, Jang K, Myung KH, Kim YS. Compensatory growth in dairy heifers: the effect of a compensatory growth pattern on growth rate and lactation performance. *J Dairy Sci* 1997;80:519-524.
40. Larson DM, Martin JL, Adams DC, Funston RN. Winter grazing system and supplementation during late gestation influence performance of beef cows and steer progeny. *J Anim Sci* 2009;87(3):1147-1155.
41. Gao F, Liu YC, Zhang ZH, Zhang CZ, Su HW, Li SL. Effect of prepartum maternal energy density on the growth performance, immunity, and antioxidation capability of neonatal calves. *J Dairy Sci* 2012;95(8):4510-4518.

42. Abuelo A, Cullens F, Hanes A, Brester JL. Impact of 2 versus 1 colostrum meals on failure of passive immunity, pre-weaning morbidity and mortality, and performance of dairy calves in a large dairy herd. *Anim* 2021;11(3):782.
43. Moura SFL, Miqueo E, da Silva MD, Manzoni TT, Brito RN, Vieira SMS, Machado BCM. Thermoregulatory responses and performance of dairy calves fed different amounts of colostrum. *Anim* 2021;11:703.