



AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

**ESTIMACIÓN DEL COSTO DE ALIMENTACIÓN DE BECERRAS
HOLSTEIN LACTANTES**

Ramiro González Avalos¹, Blanca Patricia Peña Revuelta¹, Karla Quetzalli Ramírez Uranga¹
José González Avalos² y Edgar Jesús Macías Ortiz³

Estimation of the Cost of Feeding Lactant Holstein Calf

ABSTRACT

The implementation of calves feeding programs is one of the ways to achieve greater efficiency in dairy production. The aim of this study was to evaluate the cost of feeding milk-fed Holstein calves. In addition to analyze their development and effectiveness up to the weaning stage. Sixty calves were randomly selected, separated from their dams at birth and individually housed in wooden cages previously washed and disinfected. The treatments were as follows: T₁ = 6L for 57 days, T₂ = 6L for 50 days, T₃ = 6L for 45 days of life. The variables considered to evaluate productivity from birth to weaning were weight and withers height, daily gain and total weight gain. Daily weight gain was calculated by dividing total weight gain by the number of days in lactation. Feed consumption was measured during the entire lactation of the animals. For the economic analysis, the price of milk and the cost of starter concentrate were considered. Statistical analysis of the variables was performed by analysis of variance and comparison of means was performed by a Tukey test. The value of $P \leq 0.05$ was used to consider statistical difference. No statistical differences ($P \leq 0.05$) were observed for the variables evaluated; withers height, birth to weaning weight, daily gain and total weight gain. Regarding feed consumption, a statistical difference ($P \leq 0.001$) was observed in favor of treatment T₃, where feed cost was cheaper, but it was also the most efficient; treatment T₁, was the most expensive and the least efficient. Considering the above, greater growth is achieved in calves receiving less milk and consuming more starter.

Keywords: development, energy, milk, nutrient, protein.

RESUMEN

La implementación de programas para la alimentación de becerras es una de las vías para lograr mayor eficiencia en la producción lechera. El objetivo de este estudio fue evaluar el costo de alimentación de becerras Holstein alimentadas con leche. Además, de analizar, su desarrollo hasta la etapa de destete. Se seleccionaron 60 becerras de manera aleatoria, las cuales fueron separadas de la madre al nacimiento y alojadas individualmente en jaulas de madera previamente lavadas y desinfectadas. Los tratamientos quedaron de la siguiente manera: T₁ = 6L durante 57 días, T₂ = 6L durante 50 días, T₃ = 6L durante 45 días de vida respectivamente. Las variables que se consideraron para evaluar la productividad desde el nacimiento al destete fueron: peso y altura a la cruz, ganancia diaria y ganancia de peso total. La ganancia diaria de peso se calculó mediante la división de la ganancia de peso total entre el número de días en lactancia. Se midió el consumo de alimento durante toda la lactancia de los animales. Para el análisis económico se consideró el precio de la leche y el costo del concentrado iniciador. El análisis estadístico de las variables se realizó mediante un análisis de varianza y la comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey. Se empleó el valor de $P \leq 0.05$ para considerar diferencia estadística. No se observaron diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) para las variables evaluadas; altura a la cruz, peso del nacimiento al destete, ganancia diaria y ganancia total de peso. Respecto al consumo de alimento se observó diferencia estadística ($P \leq 0.001$) a favor del tratamiento T₃. Con relación al costo de la alimentación, el tratamiento: T₃ fue el de menor costo, pero también el más eficiente; el tratamiento T₁ fue el más costoso y el menos eficiente. Se logra un mayor crecimiento en las becerras que reciben menos leche y consumen más concentrado iniciador.

Palabras Clave: desarrollo, energía, leche, nutriente, proteína.

¹ Profesor-Investigador. Departamento de Ciencias Básicas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna. Carretera a Santa Fe y Periférico, Torreón, Coahuila, México. Tel.: 8717297664. Email: jaliscorga@gmail.com; blanca8989@hotmail.com; karla_r_u@hotmail.com.

² Profesor-Investigador. Departamento de Forestal. Instituto de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Tulancingo, Hidalgo, México. Tel.:771-717-2000 Ext. 4640. Email: goavjo@hotmail.com.

³ Estudiante del Posgrado en Ciencias en Producción Agropecuaria. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-UL. Carretera a Santa Fe y Periférico, Torreón, Coahuila, México. Tel.:8442921943. E-mail: maciasotz@hotmail.com.

INTRODUCCIÓN

El entendimiento de los costos involucrados en la cría de reemplazos debe ser una cuestión importante para los productores en la industria lechera. Los animales de reemplazo se estiman dentro del 15-20 por ciento del total de los costos de producción de leche. El reemplazo de vaquillas se califica como el segundo o tercer componente más grande en costos de producción después de la alimentación y posiblemente la mano de obra, en la mayoría de los establos lecheros. El costo económico hasta los 24 meses varía entre distintas explotaciones y pueden tener diferencias extremas debido a los variables niveles de manejo. Si las vaquillas paren después de esa edad, se pierde dinero diariamente en alimento, reemplazos y producción durante la vida útil de la vaca. Por este motivo, la reducción de la edad a primer parto de estos animales puede tener un impacto positivo sobre la rentabilidad. Sin embargo, los reemplazos deben crecer a un ritmo óptimo para impedir problemas al parto y asegurar que la primera lactancia sea óptima (Heinrichs, 2001; Schingoethe y García, 2004).

Continuamente hay un enfoque indebido en reducir los costos de alimentación en la crianza de becerras. Si se escoge un sustituto lácteo (SL) de menor calidad, alimentar a un nivel nutricional más bajo o disminuir sus costos de alimento iniciador (AI), podría ahorrarse un 15% máximo del costo diario de crianza de animales en lactancia y sólo 2 a 3% respectivamente de los costos totales de criar a un reemplazo. La nutrición más pobre sería dada entonces al grupo vulnerable de animales y que es también el que tiene mayor capacidad de respuesta en su unidad de producción lechera, siendo también el grupo en donde la eficiencia y oportunidad de retorno de la inversión son mayores. El mejor enfoque para disminuir los costos de crianza de becerras durante la lactancia sería reducir la edad del destete, de un promedio de ocho a seis semanas, así se reducirían tanto los costos de mano de obra como de la fase líquida de alimentación, pero sin reducir el desarrollo de las mismas (Kertz *et al.*, 1998).

Establecer y satisfacer los requerimientos de los animales de la mejor forma posible, repercutirá significativamente sobre el bienestar y productividad de los mismos, el primer requerimiento de un animal es por energía, excepto por el agua. La proteína es el segundo componente nutricional más importante de la dieta y regularmente recibe la mayor atención ya que es el componente más caro de la ración para la becerro (Elizondo-Salazar, 2013). De forma tradicional o convencional, la nutrición de las becerras lecheras recién nacidas se basa en la alimentación de cantidades limitadas de leche (8% a 10% del peso corporal) y estrategias de destete para promover la ingesta de alimentos sólidos y desarrollo del rumen. Alternativamente, en los programas intensivos de alimentación con leche, los animales se alimentan con aproximadamente el 20% del peso corporal de leche, que se asemeja a la situación cuando son criados por su madre. En este sentido, mejor rendimiento de crecimiento, beneficios para la salud y producción de leche en sistemas intensivos, se reportan en los programas de alimentación en comparación con los métodos convencionales, de acuerdo con lo que se ha informado en diversos estudios (Jasper y Weary, 2002; Khan *et al.*, 2007).

Se ha confirmado que el incremento del consumo de leche o SL por parte de los animales mejora la tasa de crecimiento (Díaz *et al.*, 2001) y tiene potencial para incrementar la producción de leche durante la primera lactancia (Gelsinger *et al.*, 2016). Por lo que, existe un interés creciente en alimentar con mayores cantidades de leche o SL a crías jóvenes en los sistemas de producción lechera. Sin embargo, las becerras alimentadas con más cantidad de leche o SL tienen una ingesta reducida de AI antes del destete y un retraso en la edad en la que comienza una ingesta notable de AI; por lo tanto, la ingesta tardía de iniciador retarda el proceso de desarrollo del rumen (Terré *et al.*, 2007; Hill *et al.*, 2016). Por el contrario, los animales alimentados con menor cantidad de leche o SL aumentan la ingesta de AI a una edad temprana; un consumo más temprano y mayor de AI antes del destete ayuda a la transición sin problemas de alimento líquido a alimento seco, evitando así la interrupción de la ingesta de nutrientes y la disminución en el desarrollo (Bach *et al.*, 2013). Los animales jóvenes representan uno de los mayores problemas en las explotaciones comerciales, puesto que es en este momento cuando se deben sentar las bases para un correcto crecimiento y es, a su vez, cuando más delicados son todos los animales en general (Bacha, 1997). La becerro recién nacida debe ser alimentada con alimentos altamente digestibles que contengan niveles adecuados de proteína de alta calidad, energía, vitaminas y minerales.

La calidad y composición del SL ejerce una influencia sobre el crecimiento, salud y en general sobre el desempeño de la becerro. La alimentación en la vida temprana de la becerro puede afectar no solamente el desempeño y supervivencia durante el tiempo de la alimentación líquida, sino también la producción futura de leche una vez que la becerro alcanza su edad adulta (Heinrichs y Coleen, 2002; Soberon *et al.*, 2012).

El manejo de la alimentación durante el período neonatal y antes del destete tiene un gran impacto en el éxito de la crianza de los becerros y, además, afecta la salud y el rendimiento en la edad adulta (Khan *et al.*, 2011). Debido a que la diarrea severa es una de las principales causas de la pérdida de crías neonatales, el manejo de la alimentación con leche y especialmente el suministro de calostro en los primeros días de vida es de particular importancia para el éxito de la crianza de animales (Urie *et al.*, 2018). Un suministro de calostro adecuado e inmediato (dentro de las 2 a 3 horas posteriores al nacimiento) es importante para establecer la inmunidad pasiva en los animales, y la cantidad de calostro administrada a los becerros recién nacidos se correlaciona directamente con la prevención de enfermedades y mortalidad de crías (Godden, 2008). Además, existe una creciente evidencia de que un horario de alimentación con leche o SL durante el período previo al destete no solo afecta el crecimiento, sino que también promueve el desarrollo y el bienestar de los órganos (Geiger *et al.*, 2016 y Rosenberger *et al.*, 2017). Un programa de alimentación intensiva con leche se orienta a una ingesta diaria de leche del 20% en lugar del 10% del peso corporal (Khan *et al.*, 2011), que está estrechamente relacionado con la leche ad libitum (Maccari *et al.*, 2015) o alimentación con SL (Frieten *et al.*, 2017) en animales antes del destete.

Se encuentran resultados inconsistentes en la literatura con respecto al efecto de la variación del programa de alimentación con leche o SL en el rendimiento de los animales (Omid-Mirzaei *et al.*, 2015). Continúa el debate sobre cómo optimizar la nutrición a partir de la leche o la alimentación con SL para las becerros lecheras. De hecho, una multitud de factores, como la composición del SL, la calidad y las características del AI, el procedimiento de destete, afectarían la forma en que los animales responden a la leche o al SL en sus primeros años de vida (Bateman *et al.*, 2009; Sweeney *et al.*, 2010). Se necesitan más esfuerzos de investigación para identificar el programa de alimentación más apropiado para animales lecheros. Además, abordar adecuadamente los efectos del programa de alimentación en el rendimiento del crecimiento requieren una evaluación para la cual es necesario tomar una cantidad de tiempo suficiente después del destete; sin embargo, estudios anteriores terminaron entre una semana y menos de un mes después del destete (Omid-Mirzaei *et al.*, 2015; Rosenberger *et al.*, 2017).

En las explotaciones lecheras ubicadas en el norte de México; en específico, la Comarca Lagunera; los productores de leche utilizan para la crianza de becerros: leche entera, leche entera con antibiótico y SL, bajo diferentes programas de nutrición. Sin embargo, no se han realizado suficientes estudios para estimar la efectividad y costos de estos, por lo que se considera fundamental su evaluación y así determinar si es factible su uso, por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue estimar el costo de alimentación de becerros Holstein alimentadas con leche. Además, de analizar, su desarrollo y eficiencia hasta la etapa de destete.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó, del 30 de noviembre de 2020 al 30 de abril de 2021, en un establo del municipio de Francisco I. Madero en el Estado de Coahuila de Zaragoza; éste se encuentra localizado en la región semi-desértica del norte de México a una altura de 1100 msnm, entre los paralelos 25°43'39.3"N 103°18'15.7"W con una precipitación media anual de 230 mm y con temperatura promedio de 24 °C, máxima de 41 °C en mayo y junio, y mínima de -1 °C en diciembre y enero, una humedad relativa de entre 29 y 83 %.

Para evaluar el desarrollo, se seleccionaron 60 becerros de manera aleatoria, las cuales fueron separadas de la madre al nacimiento y alojadas individualmente en jaulas de madera previamente lavadas y desinfectadas. Los tratamientos quedaron como sigue: T₁= 6L durante 57 días, T₂= 6L durante 50 días, T₃= 6L durante 45 días de vida respectivamente. Ofrecida en dos tomas (3 L), por la mañana 07:00 h y por la tarde 15:00 h, a una temperatura de 39 °C. El agua estuvo disponible a libre acceso a partir del segundo día de vida. Finalmente, se ofreció concentrado iniciador (Cuadro 1) con 21.5% de proteína cruda (PC) a libre acceso a partir del segundo día de edad.

En todos los tratamientos se suministraron 2 L por toma de calostro durante las primeras dos h de vida y una segunda toma dentro de las seis horas posteriores a la primera toma. Cada tratamiento constó de 20 repeticiones considerando cada becerro como una unidad experimental.

Las variables que se consideraron para evaluar el desarrollo desde el nacimiento al destete fueron; peso, altura a la cruz, ganancia diaria y ganancia de peso total. La ganancia diaria de peso se calculó mediante la división de la ganancia de peso total entre el número de días en lactancia. Para el análisis económico se consideró el precio de la leche y el costo del concentrado iniciador.

Cuadro 1. Ingredientes del concentrado iniciador utilizado en la alimentación de las becerros

Ingrediente		%
Humedad	Máxima	13.00
Proteína Cruda	Mínima	21.50
Grasa Cruda	Mínima	3.00
Fibra Cruda	Máxima	8.00
Cenizas	Máxima	7.00

Elaboración propia.

El análisis estadístico de las variables se realizó mediante un análisis de varianza y la comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey, utilizando el paquete estadístico de Olivares-Sáenz (2012). Se empleó el valor de $P \leq 0.05$ para considerar diferencia estadística.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En relación con los resultados obtenidos en las variables de altura al nacimiento y destete no se observó diferencia estadística $P \leq 0.05$ (Cuadro 2), la ganancia de altura fue de 9.3 a 12.8 cm de respectivamente. Medina (1994), sugiere que las vaquillas deben de recibir su primer servicio a los 14 meses, con un peso mínimo de 340 kg y una alzada de 121 cm; por lo que es necesario que el crecimiento sea constante desde el nacimiento hasta su inseminación. Peña-Revuelta *et al.* (2020), reportan ganancias de altura que oscilan entre 14 hasta 16 cm respectivamente, en becerros que se desarrollaron con diferente sistema de alimentación con leche entera (360 L durante la lactancia), diferentes AI y AI con alfalfa.

Por lo tanto, para la empresa lechera, no sólo es deseable obtener reemplazos, también es deseable que se exprese el potencial productivo de éstos y así, incrementar la rentabilidad de la inversión que se realizó. La cantidad de leche producida a lo largo de la vida de una vaca depende principalmente de la genética, nutrición, estado de salud, número de partos, manejo y el patrón de crecimiento de las becerros (Rodríguez *et al.*, 2012). En relación con el peso total y a la ganancia de peso diario, no se observó diferencia estadística $P \leq 0.05$. Para que las vaquillas Holstein lleguen al primer servicio entre 13 y 15 meses de edad, debe alcanzarse una ganancia diaria de peso mínima de 810 g por día, desde el nacimiento hasta el servicio (Schingoethe y García, 2004). En el presente estudio se obtuvieron ganancias diarias de peso entre 487 hasta 575 g respectivamente en los distintos tratamientos. Las ganancias diarias de peso se encuentran por debajo de las ganancias recomendadas para el desarrollo de las vaquillas. González *et al.* (2017), reportan ganancias de peso en becerros alimentados con diferentes cantidades y SL estas fluctúan de 415 hasta 614 g respectivamente de ganancia diaria de peso, ganancias similares a los observados en el presente experimento.

Existen una serie de factores que afectan el desempeño de las becerros desde el nacimiento hasta su primer parto. Durante la crianza, las becerros enfrentan una serie de desafíos: el proceso del nacimiento, adquirir una cantidad adecuada de calostro de alta calidad, evitar enfermedades infecciosas y el impacto de otros factores como lo es el descorne y el destete. Debido a los desafíos antes mencionados, las becerros lactantes tienen las mayores tasas de morbilidad y mortalidad que en cualquier etapa de vida de una vaca lechera. En un estudio se estimó que, de las becerros nacidas vivas, un 7.8% muere antes del destete (USDA-

NAHMS, 2010). Es importante mencionar que el costo de un pobre manejo en la etapa de lactancia no solo es debido a las pérdidas por mortalidad. Así también, el patrón de crecimiento influye directamente sobre la edad al primer servicio, así como en la edad y peso al primer parto (Place *et al.*, 1998).

Cuadro 2. Parámetros de crecimiento evaluados en beceras lactantes, alimentadas con leche entera

Variables	Tratamientos		
	T ₁	T ₂	T ₃
Peso al nacimiento (kg)	36.5 ^a	37.1 ^a	36.1 ^a
Peso al destete (kg)	63.8 ^a	65.4 ^a	68.4 ^a
Ganancia de peso total (kg)	28.0 ^a	27.0 ^a	33.0 ^a
Diferencia (kg) en relación con tratamiento T ₁	-	- 1.0	+5.0
Diferencia en % en relación con tratamiento T ₁	-	- 3.57%	+17.8%
Ganancia de peso diaria (kg)	0.487 ^a	0.497 ^a	0.575 ^a
Altura a la cruz al nacimiento (cm)	74.0 ^a	76.0 ^a	76.0 ^a
Altura a la cruz al destete (cm)	86.8 ^a	87.3 ^a	85.3 ^a

Diferente literal entre columnas indica diferencia estadística $P \geq 0.05$.

Elaboración propia.

La salud de la beceras, su crecimiento y su productividad dependen fuertemente de la nutrición y las prácticas de manejo en el establo. Cada beceras nacida en un establo lechero representa una oportunidad para mantener o aumentar el tamaño del hato, para mejorar al hato genética y potencialmente mejorar los retornos económicos para el establo (Zanton y Heinrichs, 2010). Las vaquillas del nacimiento al parto comprenden el segundo gasto más fuerte en un establo lechero para la producción de leche puesto que no dan ningún retorno hasta el inicio de la lactación (Heinrichs, 1993). Por lo tanto, muchos experimentos involucrando a las vaquillas lecheras se han enfocado en formas para minimizar los costos asociados con el período de crecimiento o disminuir el período improductivo en la vida del animal.

Con relación a los resultados para consumo de concentrado (Cuadro 3), se observó diferencia estadística $P \geq 0.001$ a favor del T₃. El consumo promedio fue para T₁= 15.20, T₂= 18.96 y para T₃= 27.29 kg respectivamente con un consumo promedio de los últimos dos días de T₁= 0.851, T₂= 1,373 y T₃= 1.994 kg de concentrado respectivamente. Resultados superiores a los reportados por Alfani *et al.* (1996), donde utilizaron diferentes edades al destete (6, 8 y 10 semanas respectivamente) en 142 becerros, donde el consumo de AI más heno al destete y a los 90 kg aproximados de peso no fueron afectados por la edad al destete, obteniendo consumos de: 0.719 kg (1.7% de peso vivo), 1.288 kg (2.6% del peso vivo) y 0.930 kg (1.5%) del peso vivo respectivamente.

Favela (2015), reporta consumos promedio durante los tres últimos días de 0.691 hasta 0.958 kg respectivamente en beceras alimentadas con sustituto de leche en un período de 45 días de lactancia, estos resultados son inferiores a los observados en el presente estudio. Resultados similares reportan González *et al.* (2014), en beceras alimentadas con 6 L de leche por un período de 50 días, donde los consumos fueron de 1.200 kg/d durante los tres últimos días.

Las crías normalmente requieren un par de semanas para empezar a comer cantidades significativas del alimento iniciador. Pero eso no significa que no haya que ofrecer iniciador a las beceras durante las dos primeras semanas de vida. Consecuentemente, toma por lo menos dos semanas para que las beceras empiecen a consumir AI para promover el desarrollo ruminal y con ello puedan ser destetadas.

Si hay alguna interrupción en el consumo del iniciador, el desarrollo del rumen puede atrasarse y la becerro podría no estar lista para el destete. También se les debe dar la oportunidad de consumir un AI de alta calidad, nutritivo y palatable (Quigley, 2001).

Cuadro 3. Consumo promedio diario de AI (g) en becerras lecheras sometidas a diferentes sistemas de alimentación

Tratamientos	Días de Prueba												
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	57
T ₁	0	47	93	93	161	234	257	247	265	305	390	604	851
T ₂	0	58	66	92	152	214	271	303	332	380	459	914	1373
T ₃	0	59	62	102	153	216	282	350	421	453	1005	1559	1994

Elaboración propia.

Respecto al análisis de costos de la alimentación en el periodo de lactancia de las becerras (Cuadro 4), oscila entre 1,568 hasta 1,831 pesos por becerro en la lactancia, estos costos pueden variar dependiendo los días en lactancia y la cantidad de leche suministrada a los animales. Heinrichs *et al.* (2013), observaron costos que oscilan entre los \$760 a \$2,000 pesos por concepto de alimentación en establos de Pennsylvania, en Estados Unidos. González *et al.* (2017), reportan costos de alimentación que oscilan de \$1,180 hasta \$1,924 pesos por becerro durante su lactancia, que fueron alimentadas con diferentes cantidades y sustitutos de leche; estos costos se encuentran por debajo de los observados en el presente estudio, cabe hacer mención que las ganancias de peso son superiores a las observadas en el estudio anterior. Peña *et al.* (2020), reportan costos de alimentación que oscilan entre \$2,686 hasta \$2,696 pesos; en becerras alimentadas con 432 L suplementadas con *Bacillus subtilis* PB6 en leche durante su lactancia (60 días de vida).

Cuadro 4. Costos de alimentación de becerras lactantes, alimentadas con tres sustitutos de leche

Variable	T ₁	T ₂	T ₃
Consumo de leche por becerro/lactancia (L)	342	300	270
Costo de la leche \$ por (L)	5	5	5
Costo sustituto/lactancia/becerro \$	1,710.0	1,500.0	1,350.0
Promedio de consumo del concentrado iniciador/becerro (kg)	15.20	18.96	27.29
Costo de concentrado iniciador \$ (kg)	8	8	8
Costo concentrado/becerro/lactancia \$	121.6	151.6	218.3
Costo alimentación leche/concentrado/becerro \$	1,831.6	1,651.6	1,568.3
Costo integrado \$ por kg de peso ganado	65.4	61.17	47.52
Diferencia en % en relación con tratamiento T ₁	-	-5.7	-27.33

Elaboración propia.

Puesto que los costos de alimento son la mayor contribución a los gastos asociados con la crianza de becerras; comprendiendo un 60% de todos los gastos de la becerro (Gabler *et al.*, 2000), sería lógico esperar que una reducción en el costo de la alimentación podrá disminuir significativamente el costo global para la crianza de las becerras.

Debido a que existen parámetros óptimos para la ganancia diaria de peso en el crecimiento de la becerria, los costos de la alimentación deberán de expresarse en forma de que se consideren tanto el costo del alimento por unidad de peso y la cantidad que debe administrarse para obtenerlo (González *et al.*, 2012). Peña-Revuelta *et al.* (2020), reportan costos de alimentación que oscilan entre 2,549 hasta 3,629 pesos M.N. en becerras donde alimentaron con leche entera (360 L durante la lactancia) y diferentes AI y AI con alfalfa.

La mortalidad neonatal no solo figura una pérdida económica, sino que también atrasa el progreso genético al proporcionar menos reemplazos para el desecho voluntario (Raboisson *et al.*, 2013). La mortalidad también se ha explorado como un marcador para la vigilancia del bienestar de las granjas y se ha sugerido como un indicador de la salud general en las granjas de ganado (von Keyserlingk *et al.*, 2009). El manejo eficiente de los animales recién nacidos es esencial para la supervivencia, el bienestar y la productividad (Renaud *et al.*, 2018), y aunque es poco probable que la mortalidad en las crías sea erradicada por completo, reducirla tanto como sea posible debería ser un objetivo (Santman-Berends *et al.*, 2014).

La recría de vaquillas es generalmente una de las áreas más descuidadas de una operación lechera. El mayor contribuyente a los costos totales de producción es el costo de la alimentación, sin embargo, el costo de la recría contribuye sustancialmente a los egresos totales de la operación lechera. Los costos de criar vaquillas de reemplazo conforman entre el 15 y 20% de los costos totales de cada litro de leche producido (Annexstad, 1986). La recría de vaquillas presenta numerosos retos que pudieran impactar negativamente su desempeño si no se manejan adecuadamente, sin embargo, también se presentan oportunidades para mejorar el desempeño del animal y disminuir los costos de recría si se saben aprovechar. En muchas ocasiones el manejo de vaquillas en establos lecheros no es la parte más crítica de las actividades del día a día, sin embargo, manejos nutricionales y sanitarios negligentes pueden resultar en desarrollos sub-óptimos de las vaquillas. Por otra parte, se ha observado que el crecimiento pobre o exagerado de las becerras, incidirá de manera directa sobre la lactación y reproducción de éstas cuando sean vacas (Place *et al.*, 1998).

El lento crecimiento de becerras en etapas tempranas de vida también es costoso ya que se requieren más nutrientes en etapas posteriores del desarrollo de los animales, aumenta la edad al parto, o se reduce el peso corporal vivo al parto. Todos estos son detrimentos a la economía general por la crianza de reemplazos (Heinrichs *et al.*, 2010). Esto implicaría, que los animales pudieran desarrollarse con ganancias diarias de peso mayores a las recomendadas en el pasado, sin afectar la producción de leche. Se ha sugerido además que la tasa de crecimiento para alcanzar estos objetivos va a afectar los parámetros económicos y la capacidad productiva de las vaquillas, de tal manera que tendríamos mayores beneficios económicos si las vaquillas entraran al hato reproductivo lo antes posible. De esta manera, a primera vista, pareciera que deberíamos criar vaquillas a un paso más acelerado para reducir el período de crecimiento y reducir los costos de la recría (Belloso, 2005).

CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio permiten concluir que los animales que consumen más leche consumen menos concentrado iniciador, y en los animales que consumen menos leche se incrementó el consumo de concentrado. El tratamiento T3 fue el más barato, pero también fue el más eficiente; el tratamiento T1 fue el más costoso y el menos eficiente. Los productores en el sistema de producción de leche deben orientar sus fuerzas en la búsqueda de mejores alternativas para la alimentación de las becerras lactantes, tanto económicas como nutrimentales; pero sin sacrificar el desarrollo de los reemplazos. Bajo las condiciones de esta evaluación, se permite sugerir que las diferencias observadas en los parámetros de desarrollo de las becerras, es debido a las diferencias que existen en el consumo de leche y concentrado iniciador. Es importante que, para la selección de un sistema de alimentación para sus reemplazos, no sólo se tome en cuenta la cantidad de leche, sino también el AI. Además, se sugiere que, si se pretende reducir los costos de alimentación en la lactancia, es necesario realizar estudios que integren la alimentación en el periodo de becerras lactantes y el pos-destete.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfani, G., Ventura M., Esparza D., Dean D. y del Villar A. 1996. Evaluación de diferentes sistemas de alimentación en becerros mestizos lecheros. *Revista Facultad de Agronomía (LUZ)*. 13:115-134.
- Annexstad, J. 1986. Raise replacements economically. *Dairy Herd Management* 23(1):20-22.
- Bach, A., Terré M. and Pinto A. 2013. Performance and health responses of dairy calves offered different milk replacer allowances. *Journal of Dairy Science* 96(12):7790-7797.
- Bacha, F. 1997. Nutrición del ternero neonato. XV Curso de Especialización. *Avances en Nutrición y Alimentación Animal*. Madrid, España.
- Belloso, V. T. I. 2005. Cría y desarrollo de vaquillas lecheras. *Memorias de DIGAL*. Día Internacional del Ganadero Lechero. Delicias, Chihuahua, México.
- Bateman, H. G. II, Hill T. M., Aldrich J. M. and Schlotterbeck R. L. 2009. Effects of corn processing, particle size, and diet form on performance of calves in bedded pens. *Journal of Dairy Science* 92(2):782-789.
- Diaz, M. C., Van A. M. E., Smith J. M., Kelsey J. M. and Hutten E. L. 2001. Composition of growth of Holstein calves fed milk replacer from birth to 105-kilogram body weight. *Journal of Dairy Science*. 84 (4):830-842.
- Elizondo-Salazar, J. A. 2013. Requerimientos de Proteína para Terneras de Lechería. *Nota Técnica Nutrición Animal Tropical* 7(1):40-50.
- Favela, E. N. 2015. Efecto del selenio y vitamina B12 sobre el desarrollo y supervivencia de becerras lecheras Holstein Friesian. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Torreón Coahuila, México.
- Frieten, D., Gerbert C., Koch C., Dusel G., Eder K., Kanitz E., Weitzel J. M. and Hammon H. M. 2017. Ad libitum milk replacer feeding, but not butyrate supplementation, affects growth performance as well as metabolic and endocrine traits in Holstein calves. *Journal of Dairy Science* 100(8):6648-6661.
- Gabler, M. T., Tozer P. R. and Heinrichs A. J. 2000. Development of a cost analysis spreadsheet for calculating the costs to raise a replacement dairy heifer. *Journal of Dairy Science* 83(5):1104-1109.
- Geiger, A. J., Parsons C. L. M., James R. E. and Akers R. M. 2016. Growth, intake, and health of Holstein heifer calves fed an enhanced preweaning diet with or without postweaning exogenous estrogen. *Journal of Dairy Science* 99(5):3995-4004.
- Gelsing, S. L., Heinrichs A. J. and Jones C. M. 2016. A meta-analysis of the effects of preweaned calf nutrition and growth on first-lactation performance. *Journal of Dairy Science* 99(8):6206-6214.
- Godden, S. 2008. Colostrum management for dairy calves. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 24(1):19-39.
- González, A. R. Pérez R. E., González A. J., Ramos Á. J. F., Florentino B. G., Fernández C. A., Peña R. B. P. y Núñez, G. L. E. 2014. Consumo de concentrado iniciador en becerras lecheras sometidas a diferentes sistemas de alimentación líquida. *Memoria de la XXVI Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED*. Gómez Palacio, Durango, México.
- González, A. R., González A. J., Rodríguez H. K., Peña R. B. P. y Núñez G. L. E. 2012. Evaluación del desarrollo de becerras Holstein alimentadas con sustitutos lácteos con igual contenido de proteína. *XXIII Semana Internacional de Agronomía*. Gómez Palacio, Durango.
- González, A. R., González A. J., Peña R. B. P., Moreno R. A. y Reyes C. J. L. 2017. Análisis del costo de alimentación y desarrollo de becerras de reemplazo lactantes *Revista Mexicana de Agronegocios* 40:561-569.

Heinrichs, A. J. 1993. Raising dairy replacements to meet the needs of the 21st century. *Journal of Dairy Science* 76(10):3179-3187.

Heinrichs, A. J. 2001. Análisis Económico Para Programas Eficientes de Reemplazo de Vaquillas. Memorias de DIGAL. Día Internacional del Ganadero Lechero. Delicias, Chihuahua, México.

Heinrichs, A. J. and 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. J., Jones, C. M., Gray, S. M., Heinrichs, P. A., Cornelisse, S. A., and Goodling, R. C. 2013. Identifying efficient dairy heifer producers using production costs and data envelopment analysis. *Journal of Dairy Science* 96(11):7355-7362.

Heinrichs, A. J., Zanton G. I. and Lascano G. J. 2010. Nutritional Strategies for Replacement Dairy Heifers: Using high concentrate rations to improve feed efficiency and reduce manure production. Proceedings 21ST Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium. Gainesville, Florida

Hill, T. M., Quigley, J. D., Suarez-Mena, F. X., Bateman II, H. G., and Schlotterbeck, R. L. 2016. Effect of milk replacer feeding rate and functional fatty acids on dairy calf performance and digestion of nutrients. *Journal of Dairy Science* 99(8):6352-6361.

Jasper, J. and Weary D. M. 2002. Effects of ad libitum milk intake on dairy calves. *Journal of Dairy Science* 85(11) 3054-3058.

Kertz, A. F., Barton B. A. and Reutzel L. F. 1998. Relative efficiencies of wither height and body weight increase from birth until first calving in Holstein cattle. *Journal of Dairy Science* 81(5):1479.

Khan, M. A., Lee H. J., Lee W. S., Kim H. S., Kim S. B., Ki K. S., Ha J. K., Lee, H. G. and Choi Y. J. 2007. Pre- and postweaning performance of Holstein female calves fed milk through step-down and conventional methods. *Journal of Dairy Science* 90(2):876-885.

Khan, M. A., Weary D. M. and Von Keyserlingk M. A. G. 2011. Invited review: effects of milk ration on solid feed intake, weaning, and performance in dairy heifers. *Journal of Dairy Science* 94(3):1071-1081.

Maccari, P., Wiedemann S., Kunz H. J., Piechotta M., Sanftleben, P. and Kaske M. 2015. Effects of two different rearing protocols for Holstein bull calves in the first 3 weeks of life on health status, metabolism and subsequent performance. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 99(4):737-746.

Medina, C. 1994. Medicina Productiva en la Crianza de Becerras Lecheras. UTHEA Noriega Editores. México, D.F.

Olivares-Sáenz, E. 2012. Paquete de diseños experimentales. FAUANL. Versión 1.1. Facultad de Agronomía UANL. Marín, N. L., México.

Omidi-Mirzaei, H., Khorvash M., Ghorbani G. R., Moshiri B., Mirzaei M., Pezeshki A. and Ghaffari M. H. 2015. Effects of the step-up/step-down and step-down milk feeding procedures on the performance, structural growth, and blood metabolites of Holstein dairy calves. *Journal of Dairy Science* 98(11):7975-7981.

Peña, R. B. P., González A. R., Rocha V. J. L., González A. J. y Macías O. E. J. 2020. Costos de alimentación en becerras Holstein suplementadas con *Bacillus subtilis* PB6 en leche entera. *Revista Mexicana de Agronegocios* 46:486-496.

Peña-Revuelta, B. P., González-Avalos R., Rocha-Valdéz J. L., Rodríguez-Dimas N., Hermosillo-Alba M. C., Peña-Revuelta L. A. y González-Avalos J. 2020. Crecimiento y costos de alimentación de becerras lecheras con diferente régimen de alimentación. *Ciencia e Innovación* 3(1):175-185.

Place, N. T., Heinrichs A. J. and Erb H. N. 1998. The effects of disease, management, and nutrition on average daily gain of dairy heifers from birth to four months. *Journal of Dairy Science* 81(4):1004-1009.

Quigley, J. 2001. Calf Note #09 – When is a calf ready to wean?. <http://www.calfnotes.com/>. Consultado el 9 de Mayo 2021.

Raboisson, D., Delor F., Cahuzac E., Gendre C., Sans P. and Allaire G. 2013. Perinatal, neonatal, and rearing period mortality of dairy calves and replacement heifers in France. *Journal of Dairy Science* 96(5):2913-2924.

Renaud, D. L., Kelton D. F., LeBlanc S. J., Haley D. B. and Duffield T. F. 2018. Calf management risk factors on dairy farms associated with male calf mortality on veal farms. *Journal of Dairy Science* 101(2):1785-1794.

Rodríguez, H. K., Núñez H. G., González A. R., Ochoa M. E. y Sánchez D. J. I. 2012. Factores críticos del proceso de crianza que afectan la edad al primer parto en establos de la Región Lagunera. *AGROFAZ*. 12(4):9-17.

Rosenberger, K., Costa J. H. C., Neave H. W., Von Keyserlingk M. A. G. and Weary D. M. 2017. The effect of milk allowance on behavior and weight gains in dairy calves. *Journal of Dairy Science* 100(1):504-512.

Santman-Berends, I. M., Buddiger M., Smolenaars A. J., Steuten C. D., Roos C. A., Van Erp A. J. and Van Schaik G. 2014. A multidisciplinary approach to determine factors associated with calf rearing practices and calf mortality in dairy herds. *Preventive Veterinary Medicine* 117(2):375-387.

Schingoethe, D. J. and García A. 2004. Alimentación y manejo de becerras y vaquillas lecheras. College of Agriculture and Biological Sciences. South Dakota State University. USDA. ExEx4020S.

Soberon, F., Raffrenato E., Everett R. W. and Van Amburgh, M. E. 2012. Prewaning milk replacer intake and effects on long-term productivity of dairy calves. *Journal of Dairy Science* 95(2):783-793.

Sweeney, B. C., Rushen J., Weary D. M. and de Passillé A. M. 2010. Duration of weaning, starter intake, and weight gain of dairy calves fed large amounts of milk. *Journal of Dairy Science* 93(1):148-152.

Terré, M., Devant M. and Bach A. 2007. Effect of level of milk replacer fed to Holstein calves on performance during the preweaning period and starter digestibility at weaning. *Livestock Science* 110(1-2):82-88.

Urie, N. J., Lombard J. E., Shivley C. B., Koprak C. A., Adams A. E., Earleywine T. J., Olson J. D. and Garry F. B. 2018. Prewaned heifer management on US dairy operations: Part V. Factors associated with morbidity and mortality in preweaned dairy heifer calves. *Journal of Dairy Science* 101(10):9229-9244.

USDA-NAHMS. 2010. Heifer calf health and management. Practices on U.S. Dairy Operations. USDA:APHIS:VS,CEAH. Fort Collins, CO. U.S.A.#550.0110.

Von Keyserlingk, M. A. G., Rushen J., de Passillé A. M. and Weary D. M. 2009. Invited review: The welfare of dairy cattle-Key concepts and the role of science. *Journal of Dairy Science* 92(9):4101-4111.

Zanton, G. I. and Heinrichs A. J. 2010. Short communication: Analysis of milk yield and composition for dairy heifers limit-fed lower forage diets during the rearing period. *Journal of Dairy Science* 93(10):4730-4734.

Artículo recibido el día 4 de Junio del 2022 y aceptado para su publicación el día 12 de Noviembre del 2022.