



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.*

No endorsement of AgEcon Search or its fundraising activities by the author(s) of the following work or their employer(s) is intended or implied.

**EVALUACIÓN DEL COSTO Y DESARROLLO DE BECERROS HOLSTEIN
LACTANTES ALIMENTADOS CON LECHE ENTERA**

Blanca Patricia Peña Revuelta¹, Rafael Ávila Cisneros¹, Melisa Concepción Hermosillo Alba¹,
Reyna Roxana Guillen Enríquez² y Ramiro González Avalos¹

Evaluation of the cost and development of lactating Holstein calves fed whole milk

ABSTRACT

Feeding the calves during the pre-weaning period is decisive for the entire production cycle of dairy cattle. The objective of this work was to estimate the feeding cost of lactating calves fed with different amounts of whole milk. 40 newborn animals were used, randomly included in 2 treatments. The treatments were as follows: T1 = 3 + 3 L of milk for 57 days, T2 = 4 + 4 L of milk for 45 days. In both treatments, pasteurized whole milk was supplied divided into two feedings/day at 07:00 and 15:00 respectively. The first feeding of colostrum (2 L*feed) was provided within 2 h after birth, subsequently a second feeding was provided 6 h after the first feeding. The variables to evaluate development were weight, height, food consumption in the first 60 days of life and the cost of feeding (starter food + milk) was estimated. From the variables evaluated, no statistical difference was observed ($P \leq 0.05$) between treatments. In relation to the weight of the calves, there was an increase in the animals where 8 L of milk was supplied during the first 45 days of life. Regarding the cost of feeding, the most economical treatment was in which 6 l of milk was supplied, but it should be noted that the calves in this treatment obtained less weight.

Key Words: feeding, costs, replacement, weaning, milk.

RESUMEN

La alimentación de los becerros durante el período de predestete es decisiva para todo el ciclo productivo del ganado lechero. El objetivo del presente trabajo fue estimar el costo de alimentación de becerros lactantes alimentados con diferente cantidad de leche entera. Se utilizaron 40 animales recién nacidos, de manera aleatoria se incluyeron en 2 tratamientos. Los tratamientos quedaron como sigue: T1= 3 + 3 L de leche por 57 días, T2 = 4 + 4 L de leche por 45 días. En ambos tratamientos se suministró leche entera pasteurizada dividida en dos tomas/día 07:00 y 15:00 respectivamente. La primera toma de calostro (2 L*toma) se suministró dentro de las 2 h después del nacimiento, posteriormente, se les proporcionó una segunda 6 h posteriores a la primera toma. Las variables para evaluar el desarrollo fueron peso, altura, consumo de alimento los primeros 60 días de vida y se estimó el costo de la alimentación (alimento iniciador + leche). De las variables evaluadas no se observó diferencia estadística ($P \leq 0.05$) entre tratamientos. Con relación al peso de los becerros existió un incremento en los animales donde se suministraron 8 L de leche durante los primeros 45 días de vida. Respecto al costo de la alimentación, el tratamiento más económico fue en el que se suministraron 6 l de leche, pero cabe destacar que los becerros en este tratamiento obtuvieron menor ganancia de peso.

Palabras Clave: alimentación, costos, reemplazo, destete, leche.

¹ Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna, Departamento de Ciencias Básicas, carretera a Santa Fe y Periférico, Torreón, Coahuila, México.

² Instituto Tecnológico de Torreón, Coahuila, México. E-mail: jaliscorga@gmail.com.

INTRODUCCIÓN

El éxito de la crianza de becerros es la clave de las explotaciones lecheras ya que estas son los futuros animales de reemplazo y por lo tanto es de suma importancia cuidarlos hasta que logren llegar a su madurez (Ram *et al.*, 2020). Los becerros deben ser alimentados de manera óptima para satisfacer sus necesidades nutricionales para un crecimiento y desarrollo (Palczynski *et al.*, 2020). En esta etapa, la dieta es un factor muy importante ya que debe apoyar y reflejar una adecuada transición de prerumiante a rumiante totalmente funcional.

Un factor importante que influye en la economía de los ganaderos lecheros y a la capacidad de producción a lo largo de la vida de una vacuilla lechera es la premura con la que crece desde su nacimiento hasta el momento de su primer parto. La alimentación y la prontitud de crecimiento se ven reflejados de manera directa sobre la edad en que la vacuilla tiene su primer parto y en la producción diaria del ganado (Heinrichs, 1993). así como el precio de una vacuilla de reemplazo, esto tiene un elevado porcentaje para retener becerras saludables con el objetivo de ser criadas como futuros reemplazos de los establos (Mohd *et al.*, 2015).

REVISIÓN DE LITERATURA

En la primera etapa de vida de los rumiantes, el rumen, retículo y omaso son fisiológicamente poco activos, y el abomaso de la becerro funciona de manera muy semejante a un animal no rumiante. Por lo que, se necesita principalmente de una dieta líquida altamente digestible, hasta avanzar a un punto donde se convierte en un rumiante funcional y manipula el rumen, el retículo y el omaso para digerir el forraje y otros alimentos (Sidney y Huber, 1988). Sin embargo, para promover esta idea de la situación de nutrientes, los datos están disponibles y emergentes que sugieren factores como el estado del calostro y el balance energético de hasta al menos 8 semanas de edad tienen efectos a largo plazo que se pueden medir en la primera lactancia.

Al igual que otros recién nacidos, parece que las becerras podrían verse afectados por los primeros acontecimientos de la vida y que los mecanismos compensatorios realmente no existen para esta etapa de desarrollo. También sugiere que necesitamos alterar la forma en que vemos esta etapa de desarrollo (Van Amburgh, 2007).

Los becerros nacen con un rumen física y metabólicamente subdesarrollado e inicialmente requieren de la leche para obtener la demanda de nutrientes que necesitan para su mantenimiento y crecimiento. El consumo de alimento sólido, obtener bacterias anaerobias, establecimiento de fermentación del rumen, diferenciación y crecimiento de las papilas, expansión del volumen ruminal, desarrollo de vías de absorción y metabólicas, maduración del aparato salivar y desarrollo del comportamiento de la rumia son puntos fundamentales para un cambio de la dependencia de una alimentación líquida a una sólida (Khan *et al.*, 2016). Estas empiezan a consumir cantidades medibles de alimento iniciador (AI) a partir de los 14 días de edad (Williams y Frost, 1992; Khan *et al.*, 2008), y este aumenta rápidamente cuando la cantidad de leche es reducida o removida (Jasper y Weary, 2002; Khan *et al.*, 2007).

También se ha observado que tiene un efecto positivo en el establecimiento y actividad de los microorganismos ruminales (Nocek *et al.*, 1984) y el desarrollo del epitelio ruminal, asociado con la mayor producción ruminal de butirato y propionato (Heinrichs, 2005). Para optimizar el crecimiento y reducir los problemas de salud en becerros lactantes, es necesario efectuar sistemas de alimentación que admitan cubrir sus necesidades nutricionales (Segura-Correa *et al.*, 2008).

Los becerros que nacen en cualquier unidad de producción lechera significan una oportunidad para incrementar el tamaño del hato, para mejorarlo genéticamente y acrecentar el ingreso económico de los productores. Las crías antes del destete se consideran animales monogástricos porque tienen su sistema gastrointestinal (GI) física y funcionalmente diferente a los del rumiante maduro al igual que en los lactantes humanos, su dieta está compuesta principalmente de leche hasta el destete (Heinrichs y Lesmeister, 2005).

Por lo que, uno de los principales objetivos de la alimentación temprana de becerros es maximizar el desarrollo del rumen, para alcanzar la capacidad de utilizar y aprovechar los forrajes complementados con el alimento balanceado. Para alcanzar dicho desarrollo, el tracto gastrointestinal y específicamente el rumen, debe sufrir una serie de cambios anatómicos y fisiológicos que son estimulados o acelerados por el tipo de dieta (Castro-Flores y Elizondo-Salazar, 2012).

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

El consumo de alimento iniciador es crítico para asegurar el crecimiento y el desarrollo adecuado del rumen durante los primeros meses de vida. Uno de los principales objetivos de la alimentación temprana de los animales es maximizar el desarrollo ruminal, para alcanzar la capacidad de utilizar y aprovechar los forrajes complementados con el alimento balanceado. Para alcanzar dicho desarrollo, el tracto gastrointestinal y específicamente el rumen, debe sufrir una serie de cambios anatómicos y fisiológicos que son estimulados o acelerados por el tipo de dieta (Suárez *et al.* 2007).

El consumo de alimento es la variable más crítica que influye en el rendimiento animal porque determina la cantidad de nutrientes ingeridos y su disponibilidad para el mantenimiento y la producción. Por lo tanto, es necesaria una predicción precisa del consumo de alimento para desarrollar dietas balanceadas, evitar la alimentación insuficiente o excesiva, y para mejorar el uso de nutrientes y desempeño animal (NRC, 2001).

La ingesta de alimento iniciador es importante para promover el desarrollo ruminal y la adaptación a futuras dietas sólidas, y también se utiliza como criterio para el destete de animales lecheros (Silper *et al.*, 2014). También influye en la composición corporal, y en consecuencia en las necesidades de nutrientes (Silva *et al.*, 2017).

La alimentación de los animales durante el período de predestete es crucial para todo el ciclo productivo del ganado lechero. La nutrición temprana no solo es importante para la programación metabólica del becerro lechero (Opsomer *et al.*, 2016), sino que la transición del consumo de alimento a base de leche a uno más sólido durante el período de predestete marca el rumbo para el desarrollo adecuado y la salud del animal. De hecho, el consumo temprano y alto de alimentos sólidos mantiene el rendimiento de crecimiento de los becerros lecheros al tiempo que promueve el desarrollo del tracto digestivo, especialmente del rumen (Castells *et al.*, 2013; Khan *et al.*, 2016).

Es importante mencionar que conforme se alimenta más cantidad de dieta líquida, el consumo de alimento iniciador disminuye y un bajo consumo de éste se ha asociado con una disminución en la tasa de desarrollo y funcionalidad del rumen, lo que podría favorecer con el deterioro en la condición corporal de los animales cuando son destetados y alimentados con algún tipo de forraje (Davis *et al.*, 2011).

Un método muy común de destete de becerros en Norteamérica es destetarlos a una edad fija, más comúnmente de 6 a 8 semanas (Vasseur *et al.*, 2010), pero los becerros destetados a esta edad pueden mostrar un control de crecimiento al destete (Eckert *et al.*, 2015). Una desventaja con alimentar más leche o sustituto de la leche es que esto puede reducir la cantidad de alimento iniciador que comen los becerros (Jensen, 2006), reduciendo el crecimiento y aumentando signos de hambre durante el destete (Borderas *et al.*, 2009).

Una disminución en las tasas de crecimiento durante el destete puede borrar cualquier ventaja de la alimentación de más leche o sustituto (Miller-Cushon y DeVries, 2015). Por lo anteriormente descrito el objetivo del presente trabajo fue estimar el costo de alimentación de becerros lactantes alimentados con diferente cantidad de leche entera.

MATERIAL Y MÉTODOS

Sitio de estudio

El estudio se realizó del 10 de noviembre del 2021 al 25 de febrero del 2022 en un establo del municipio de Matamoros Coahuila; se encuentra localizado en la región semidesértica del norte de México a una altura de 1170 msnm, entre los paralelos 28° 11' y 28° 11' de latitud norte y los meridianos 105° 28' y 105° 28' de longitud oeste. con una precipitación media anual de 230 mm y con temperatura promedio de 24 °C, máxima de 41 °C en mayo y junio, y mínima de -1 °C en diciembre y enero, y con una precipitación anual promedio de 240 mm y una humedad relativa de entre 29 y 83% (INEGI, 2009).

Manejo de animales

Para observar el desarrollo de becerros lactantes se seleccionaron 40 becerros de manera aleatoria, los cuales fueron separadas de la madre al nacimiento y alojados individualmente en jaulas de madera previamente lavadas y desinfectadas. Los tratamientos quedaron como sigue: T1= 3 + 3 L de leche durante 57 días, T2= 4 + 4 L de leche durante 45 días de vida respectivamente. En ambos tratamientos se suministró leche entera pasteurizada dividida en dos tomas/día 07:00 y 15:00 respectivamente. La primera toma de calostro (2 L*toma) se suministró dentro de las 2 h después del nacimiento, posteriormente se les proporcionó una segunda 6 h posteriores a la primera toma.

Peso de los animales

Para obtener el peso de los animales durante el estudio se utilizó una báscula ganadera (PG-2000, Torrey ®), el pesaje se realizó al nacimiento y al destete.

Estimación del consumo de alimento iniciador (AI)

El AI (Cuadro 1) se suministró diariamente por la mañana y de ser necesario se servía por la tarde. Para determinar el consumo de AI se utilizó una báscula electrónica digital (LEQ-5, Torrey ®), se midió a partir del día 1 hasta el destete de los becerros (57 días de vida respectivamente). Cada tratamiento constó de 20 repeticiones considerando a cada becerro como una unidad experimental. Se ofreció agua a libre acceso a partir del segundo día de vida.

Análisis de costos

Para estimar el costo de la alimentación de los becerros lactantes alimentados con diferente sistema de alimentación se consideró el precio por L de leche (costo de producción del establo cooperante) y AI (costo de venta de la empresa proveedora).

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

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

Fuente: Elaboración Propia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con relación a los resultados para ganancia de peso (Cuadro 2), se observa 5% más de ganancia respectivamente para el tratamiento T2. 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 la ganancia de peso en ambos tratamientos fue inferior a lo mencionado anteriormente, se suministraron 342 y 360 L de leche durante el experimento y se observaron ganancias de peso 0.587 y 0.619 kg para T₁ y T₂ respectivamente. En un estudio donde se suministraron 500 L de leche entera durante la lactancia de los animales (60 días) se observan ganancias de peso promedio de 0.756 a 0.796 kg, leche entera y leche entera + agua electrolizada respectivamente (Peña-Revuelta *et al.*, 2023).

Cuadro 2. Ganancia de peso (kg) en becerros lecheros lactantes alimentadas con leche entera.

Tratamientos	Peso nacimiento	Peso destete	Ganancia final
3 + 3 L	39.0	72.4	33.5
4 + 4 L	36.2	71.3	35.3

Fuente: Elaboración Propia.

De la Cruz (2015), reporta en su estudio experimental un promedio de 0.616, 0.497 y 0.581g de ganancia de peso diario en becerros alimentados con leche pasteurizada y destetados a los 57 días; estos valores se observan inferiores a los del presente estudio; al igual que Florentino (2015) no observó diferencia estadística en la ganancia de peso y altura en becerros alimentados con leche pasteurizada durante un estudio, en el cual suministro a un grupo 6 L y a otro grupo 5 L diarios (500 y 587 g respectivamente), durante 50 días de vida de las crías. En ambos estudios las ganancias de peso están más bajas que lo recomendado para poder llevar a las vaquillas a primer servicio entre los 13 y 15 meses.

Montoya (2016), en un estudio donde suministró 6 L de leche pasteurizada durante 50 y 57 días de lactancia reporta ganancias de peso diario de 782 y 744 g de ganancia diaria, los valores son similares a los observados en el presente estudio. Heinrichs y Heinrichs (2011), reportan información, desde el nacimiento a los 4 meses de edad de 795 becerras Holstein en 21 hatos en Pensilvania. Ellos encontraron que becerros con dificultades al nacimiento y número de días enfermas, resultaron en edad más tardía a su primer parto y con más baja producción de leche en la lactancia.

El crecimiento de los becerros fue afectado negativa o positivamente por consumo de materia seca de leche, sustituto lácteo, grano, y forraje. La producción de leche en la primera lactación fue afectada por consumo de materia seca al destete, días de tratamiento por problemas respiratorios, y peso vivo al parto. La producción durante su vida productiva fue similarmente afectada, pero con mucho menos grado que para la primera lactación. Así que una variedad de efectos positivos o negativos que ocurren durante los primeros 4 meses afectan estas becerras en su primera y subsecuentes lactaciones.

Respecto a la ganancia de altura (Cuadro 3) no se observa diferencia entre tratamientos. Durán (2018) en su estudio obtuvo al primer mes de la cría una altura promedio de 84 cm. En el cual se utilizó leche pasteurizada desde el inicio con tomas de 6 L (2 tomas al día). En el presente experimento el promedio de altura fue de 87 cm, superior a lo observado en el estudio anterior.

Cuadro 3. Ganancia de altura (cm) en becerros lecheros alimentadas con leche entera

Tratamientos	Altura nacimiento	Altura destete	Ganancia final
3 + 3 L	75.6	87.3	11.7
4 + 4 L	75.3	86.8	11.5

Fuente: Elaboración Propia

Respecto al consumo de concentrado iniciador (Cuadro 4) se observa un 18.5% de mayor consumo a favor del T2. El incremento es más notable cuando se dejó de suministrar la leche entera (día 45 de vida). 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 los becerros durante las dos primeras semanas de vida.

Cuadro 4. Consumo de concentrado iniciador en becerros Holstein alimentadas con diferente cantidad de leche

Tratamiento	Días de vida												Consumo Total Promedio lactancia
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	57	
3 + 3 L	46	92	90	159	277	345	470	461	518	536	845	1189	21.57 kg
4 + 4 L	59	62	103	149	213	303	342	381	529	1000	1508	1685	26.61 kg

Fuente: Elaboración Propia.

Consecuentemente, toma por lo menos dos semanas para que los animales coman suficiente iniciador para desarrollar el rumen suficientemente para que puedan ser destetadas. Si hay alguna interrupción en el consumo del iniciador, el desarrollo del rumen pueda atrasarse y podría no estar lista para el destete. También se les debe dar la oportunidad de consumir un iniciador de alta calidad, nutritivo y palatable (Quigley, 2001).

Favela (2015), reporta consumos promedio durante los tres últimos días de 0.691 hasta 0.958 kg en becerros alimentados 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.* (2017), en becerros alimentados con 6 L de leche por un período de 50 días, donde los consumos fueron de 1,200 g/d durante los tres últimos días.

El consumo de materia seca en los rumiantes jóvenes debe iniciarse desde la primera semana de edad, ya que es vital para que la becerro pase de ser un animal pre rumiante a un rumiante completamente funcional (Coverdale *et al.*, 2004). Se ha demostrado que existe también una relación directa entre el consumo de alimento, el consumo de agua y la ganancia de peso de los animales (Kertz *et al.*, 1984; Monge-Rojas y Elizondo-Salazar, 2016).

La etapa de alimentación con leche en los becerros es esencial, ya que en esta etapa su sistema digestivo se asemeja a un monogástrico por lo que depende esencialmente de este alimento líquido, sin embargo, es conveniente inducir la ingesta de alimento sólido para ir adaptando el rumen y poder realizar un destete óptimo. Molinar (2019), reporta un consumo de 602 g en promedio durante los últimos 5 días con un sistema de alimentación similar al presente estudio.

El lento crecimiento de vaquillas en etapas tempranas de vida también es costoso ya que se requieren más nutrientes en etapas posteriores del desarrollo de la vaquilla, aumenta la edad al parto, o reduce el peso corporal vivo al parto. Todos estos son detrimentos a la economía general por vaquillas (Heinrichs *et al.*, 2010).

Respecto al costo de alimentación (Cuadro 5) el más económico fue T1 se observó un 6.2% menos que T2, los costos de alimentación oscilan entre 2,656 y 2,834 pesos. Estos costos varían de establo a establo y pueden tener diferencias extremas debido a los variables niveles de manejo (cantidad de leche ofrecida) y al costo de producción por litro de leche producido en cada unidad de producción lechera. Además, del alimento iniciador que seleccionen para la alimentación de sus animales.

Cuadro 5. Costo de alimentación e integrado en becerros Holstein alimentadas con leche entera

Variable	Tratamientos	
	3 + 3 L	4 + 4 L
Consumo de leche becerro/lactancia (L)	342	360
Costo leche/becerro/lactancia \$	2,445.3	2,574
Consumo promedio de concentrado iniciador/becerro/lactancia (kg)	21.5	26.6
Costo de concentrado iniciador \$ (kg)	9.80	9.80
Costo concentrado/becerro/lactancia \$	210.7	260.68
Costo alimentación leche/concentrado/becerro/lactancia \$	2,656	2,834.64
Costo integrado por kg ganado \$	78.11	80.99

*7.15 pesos/costo de producción por L de leche

Fuente: Elaboración Propia.

En un estudio donde se estimó el costo de alimentación Peña *et al.* (2020), reportan costos que oscilan entre 2,686 hasta 2,696; en becerros alimentados con 432 L de leche durante su lactancia (60 días de vida). En otra investigación 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.

Es importante mencionar que se requiere entender la alimentación en la crianza de animales de reemplazo lechero tanto en unidades de producción de leche que quieren criar sus propios animales como en aquellos que buscan contratar criadores; se deben conocer los ingredientes con los que cuentan para tal actividad; leche entera, leche entera con antibiótico, pasteurizada sin pasteurizar, sustituto de leche, concentrado iniciador y agua (Peña *et al.*, 2020).

Debido a la importancia que representa la etapa de crecimiento de las crías, el consumo de materia seca se convierte en un factor clave en su desarrollo, ya que determina la cantidad de nutrientes disponibles y está ligado en gran parte con los rendimientos productivos del mismo, por lo que se puede decir que es el parámetro más crítico en un programa de alimentación y puede verse afectado por variables como la concentración de energía en la dieta, factores ambientales y de manejo, entre otros (NRC, 2001).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Bajo las circunstancias del presente estudio, se puede concluir que el tratamiento más económico favoreció al T1, aunque es importante mencionar que los animales de este tratamiento ganaron menos peso. Esto se puede atribuir a las diferencias que existen en la cantidad de leche ofrecida y al consumo del AI. Es importante que, para la elección de un sistema de alimentación para sus crías no sólo se considere la cantidad de leche, sino también la cantidad de días a ofrecer. Otro punto importante es seleccionar el AI que más se ajuste a las expectativas de crecimiento de las crías.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Borderas, T. F., A. M. B. de Passillé y J. Rushen. 2009. Feeding the behavior of calves fed small or large amounts of milk. *J. Dairy Sci.* 92:2843-2852.
- Castells, L., Bach A., Aris A. and Terré M. 2013. Effects of forage provision to young calves on rumen fermentation and development of the gastrointestinal tract. *J. Dairy Sci.* 96:5226–5236.
- Castro-Flores, P y Elizondo-Salazar J. A. 2012. Crecimiento y desarrollo ruminal en terneros alimentados con iniciador sometido a diferentes procesos Agronomía Mesoamericana. 23(2):343-352.
- Coverdale, J. A., Tyler H. D., Quigley J. D. and Brumm J. A. 2004. Effect of various levels of forage and form of diet on rumen development and growth in calves. *J. Dairy Sci.* 87:2554-2562.
- Davis, L., Vandehaar M., Wolf C., Liesman J., Chapin L. and Weber M. 2011. Effect of intensified feeding of heifer calves on growth, pubertal age, calving age, milk yield, and economics. *J. Dairy Sci.* 94:3554-3567.
- De la Cruz, M. C. 2015. Desarrollo y supervivencia de becerras Holstein suplementada con levaduras en el periodo de lactancia. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Torreón Coahuila, México.
- Eckert, E., Brown H. E., Leslie K. E., DeVries T. J. and Steele M. A. 2015. Weaning age affects growth, feed intake, gastrointestinal development, and behavior in Holstein calves fed an elevated plane of nutrition during the preweaning stage. *J. Dairy Sci.* 98:6315-6326.
- Favela, E. N. 2015. Efecto del selenio y vitamina B12 sobre el desarrollo y supervivencia de becerras lecheras Holstein Frisian. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Torreón Coahuila, México.
- Florentino, B. G. 2015. Respuesta del consumo de concentrado y la ganancia de peso en becerras Holstein bajo la disminución de la dieta líquida. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Torreón Coahuila, México.
- 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. *J. Dairy Sci.* 76:3179-3187.
- Heinrichs, A. J. 2005. Rumen development in dairy calf. *Advances in Dairy Technology.* 17:179-187.
- Heinrichs, A. J. and Heinrichs B. S. 2011. A prospective study of calf factors affecting first lactation and lifetime milk production and age of cows when removed from the herd. *J. Dairy Sci.* 94:336-341.
- Heinrichs, A. J. and Lesmeister K. E. 2005. Editors. Rumen development in the dairy calf. In *Calf and Heifer Rearing* ed. Garnsworthy, P. C. pp.53-65. UK: Nottingham Univ.Press.
- 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.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Matamoros, Coahuila de Zaragoza. Clave Geoestadística 05017.

Jasper, J. and Weary D. M. 2002. Effects of ad libitum milk intake on dairy calves. J. Dairy Sci. 85:3054-3058.

Jensen, M. B. 2006. Computer-controlled milk feeding of group-housed calves: The effect of milk allowance and weaning type. J. Dairy Sci. 89:201-206.

Kertz, A. F., Reutzel L. F. and Mahoney J. H. 1984. Ad libitum water intake by neonatal calves and its relationship to calf starter intake, weight gain, feces score and season. J. Dairy Sci. 67: 2964-2969.

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. J. Dairy Sci. 90:876-885.

Khan, M. A., Lee H. J., Lee W. S., Kim H. S., Kim S. B., Park S. B., Baek K. S., Ha J. K. and Choi Y. J. 2008. Starch Source Evaluation in Calf Starter: II. Ruminal Parameters, Rumen Development, Nutrient digestibilities, and Nitrogen Utilization in Holstein Calves. J. Dairy Sci. 91:1140-1149.

Khan, M. A., Bach A., Weary D. M. and von Keyserlingk M. A. G. 2016. Invited review: Transitioning from milk to solid feed in dairy heifers. J. Dairy Sci. 99:885-902.

Mahady, G. 2005. Medicinal plants for the prevention and treatment of bacterial infections. Current Pharmaceutical Design. 11:2405-2427.

Miller-Cushon, E. K. and T. J. DeVries. 2015. Invited review: Development and expression of dairy calf feeding behaviour. Can. J. Anim. Sci. 95:1-10.

Mohd, N. N., Steeneveld W., Mourits M. C. M. and Hogeveen H. 2015. The optimal number of heifer calves to be reared as dairy replacements. J. Dairy Sci. 98:861-871.

Molinar, B. D. 2019. Consumo de alimento en becerras Holstein lactantes suplementadas con *Bacillus subtilis* PB6. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, Torreón, Coahuila, México.

Monge-Rojas, C.R. y J.A. Elizondo-Salazar. 2016. La importancia del agua en la crianza de remplazos de lechería. Nutrición Animal Tropical. 10(1):1-9.

Montoya, S. A. 2016. Consumo de concentrado iniciador y crecimiento de becerras bajos diferente régimen de alimentación con leche pasteurizada. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila, México. Pp. 12-15.

Nocek, J., William C., and Polan C. 1984. Influence of ration physical form and nitrogen availability on ruminal morphology of growing bull calves. J. Dairy Sci. 67(2):334-343.

Nutrient Requirements Council (NRC) 2001. Nutrient requirements of dairy cattle, 7th revised edition. National Academy Press, Washington, DC. USA.

Opsomer, G., Van Eetvelde, M., Kamal, M., y Van Soom, A. 2016. Epidemiological evidence for metabolic programming in dairy cattle. Reprod. Fertil. Dev. 29:52-57.

Palczynski, L. J., Bleach E. C. L., Brennan M. L. and Robinson P. A. 2020. Appropriate Dairy Calf Feeding from Birth to Weaning: "It's an Investment for the Future." Animals. 10(1):116.

- 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., Gonzalez-Cárdenas, C. O., González-Avalos, R., Guillen-Muñoz, J. M., González-Avalos, J. y Guillen-Enríquez R. R. 2023. Uso de agua electrolizada como un promotor del desarrollo de las becerras para reemplazo. Memorias del 21 Congreso Internacional de Médicos Veterinarios Zootecnistas Especialistas en Bovinos de la Comarca Lagunera. Torreón Coahuila, México.
- Quigley, J. 2001. Calf Note #09 – When is a calf ready to wean?. <http://www.calfnotes.com/>. Consultado el 9 de Mayo de 2024.
- Ram, P. K., Singh S. K., Srivastav, A., Kumar G., Jaiswal A. K., Yadav B. and Garg S. K. 2020. Effects of Injectable Trace Minerals (ITMs) on Th1/Th2 Cytokine Balance of Newborn Calves with Tropical Theileriosis. Biological Trace Element Research.
- Saucedo, J. S., Avendaño L., Álvarez F. D., Rentería T. B., Moreno J. F. y Montañó M. F. 2005. Comparación de dos sustitutos de leche en la crianza de becerras Holstein en el valle de Mexicali, B. C. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 39(2):147-152.
- Schingoethe, D. J. y García A. 2004. Alimentación y manejo de becerras y vaquillas lecheras. College of Agriculture Biological Sciences South Dakota State University. USDA. Extensión extra. Cooperative Extension Service (SDSU). Pp.1-2.
- Segura-Correa, J., de las Heras-Torres J. y Osorio-Arce M. 2008. Crecimiento de becerros en un sistema de doble propósito en el trópico húmedo de México. Revista Científica. XVIII (2):170-174.
- Sidney, J. L. y J. T. Jr, Huber. 1988. Digestión, metabolismo y necesidades nutritivas en prurumiantes. En: Church DC editor. El Rumiante: Fisiología digestiva y nutrición. España: Ed. Acirbia. 459-481.
- Silper, B. F., Lana A. M. Q., Carvalho A. U., Ferreira C. S., Franzoni A. P. S., Lima J. A. M., Saturnino H. M., Reis R. B. and Coelho S. G. 2014. Effects of milk replacer feeding strategies on performance, ruminal development, and metabolism of dairy calves. J. Dairy Sci. 97:1016-1025.
- Silva, A. L. 2017. Prediction of starter feed intake of preweaned dairy calves and effects of rumen undegradable protein on performance and digestive characteristics of dairy Holstein heifers. PhD thesis, Federal University of Viçosa, Viçosa, MG, Brazil.
- Suárez, B. J., Van Reenen C. G., Stockhofe N., Dijkstra J. and Gerrits W. J. J. 2007. Effect of Roughage Source and Roughage to Concentrate Ratio on Animal Performance and Rumen Development in Veal Calves. 90(5):2390-2403.
- Van Amburgh, M. 2007. Calf nutrition and management: Taking a systematic approach. Proceedings of the 2007 Delmarva Dairy Day. Harrington, DE.
- Vasseur, E., Borderas F. R., Cue R.I., Lefebvre D., Pellerin D., Rushen J., Wade K. M. and de Passillé A. M. 2010. A survey of dairy calf management practices in Canada that affect animal welfare. J. Dairy Sci. 93:1307-1315.
- Williams, P. E. V. and Frost A. J. 1992. Feeding the young ruminant. in Neonatal Survival and Growth. Occasional Publ. No. 15. Br. Soc. Anim. Prod., Edinburgh, UK. 109-118.

Artículo recibido el día 23 de Octubre 2024 y aceptado para su publicación el día 15 de Mayo de 2025.