








Alimentación y nutrición animal

Artículo de investigación científica y tecnológica

Efecto del lactosuero fresco y enriquecido sobre la ganancia de peso y fermentación ruminal en becerras Jersey criadas artificialmente

Effect of fresh and enriched whey on weight gain and ruminal fermentation in artificially raised Jersey calves

 Roselia Ramírez Díaz ^{1*}  Francisco J. Medina Jonapa ¹  Adalberto Hernández López ¹
 Fátima Monserrat Urbina Cruz ¹  Luis René Pinto Trinidad ²
 Nicasio David Sánchez Cruz ³  Juan Jesús Morales López ⁴

¹ Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH), Villaflores, Chiapas, México.

² Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP), Heroica Puebla de Zaragoza, Puebla, México.

³ Universidad de Guadalajara, Jalisco, México.

⁴ Colegio de la Frontera Sur, Unidad San Cristóbal de las Casas (ECOSUR). San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México

*Autor de correspondencia: Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH), Villaflores, Chiapas, México. ramirez.rrd@gmail.com

Recibido: 05 de noviembre de 2020
Aprobado: 21 de diciembre de 2021
Publicado: 20 de mayo de 2022

Editor temático: Hernando Flórez Díaz, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [AGROSAVIA]

Para citar este artículo: Ramírez Díaz, R., Medina Jonapa, F. J., Hernández López A., Urbina Cruz, F. M., Pinto Trinidad, L. R., Sánchez Cruz, N. D., & Morales López, J. J. (2022). Efecto del lactosuero fresco y enriquecido sobre la ganancia de peso y fermentación ruminal en becerras Jersey criadas artificialmente. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 23(2), e2332. DOI https://doi.org/10.21930/rcta.vol23_num2_art:2332

Resumen: En la crianza artificial de becerras es necesario reemplazar la leche para disminuir los costos de alimentación. Por ello, el objetivo del trabajo fue evaluar el uso de lactosuero fresco y enriquecido como sustituto de la leche entera en el sistema de crianza artificial de becerras Jersey. Se utilizaron 24 becerras de $31 \pm 2,8$ kg de peso, repartidas en tres tratamientos: T1) leche entera + concentrado + pasto (*Cynodon nlemfuensis*), T2) lactosuero fresco enriquecido + concentrado + pasto y T3) lactosuero fresco + concentrado + pasto. Se evaluó ganancia diaria de peso, consumo de concentrado, parámetros de fermentación ruminal y degradación *in vitro* del pasto. Se utilizó un diseño completamente al azar. La ganancia de peso fue similar para T1 y T2 (0,840 kg y 0,780 kg; $p < 0,05$), mientras que el consumo de concentrado fue similar para todos los tratamientos. El volumen máximo (VM: T1: 174,36 mL/g de MS, T2: 196,30 mL/g de MS y T3: 200,46 mL/g de MS; $p > 0,05$) y fase lag (L: T1: 1,36 h; T2: 1,22 h y T3: 0,68 h; $p > 0,05$) del pasto fue similar entre los tratamientos evaluados. A los 30 días, la mayor degradación se encontró en T1; sin embargo, a los 90 días no se encontraron diferencias. Se concluye que el uso del lactosuero fresco enriquecido es viable para reemplazar la leche en la crianza artificial de becerras Jersey.

Palabras clave: alimentación de rumiantes, carga parasitaria, consumo de alimentos, crianza artificial, fermentación ruminal, ganancia de peso, rumen.

Abstract: In artificial calf rearing it is necessary to replace milk to reduce feed costs. Therefore, the objective of the work was to evaluate the use of fresh and enriched whey as a substitute for whole milk in the artificial rearing system of Jersey calves. Twenty-four calves weighing 31 ± 2.8 kg were used, divided into three treatments: T1) whole milk + concentrate + grass (*Cynodon nlemfuensis*), T2) enriched fresh whey + concentrate + grass and T3) fresh whey + concentrate + grass. Daily weight gain, concentrate consumption, ruminal fermentation parameters and *in vitro* degradation of the pasture were evaluated. A completely randomized design was used. Weight gain was similar for T1 and T2 (0.840 and 0.780 kg; $P < 0.05$). While the consumption of concentrate was similar for all treatments. The maximum volume (Vm: T1: 174.36, T2: 196.30 and T3: 200.46 mL / g of MS; $P > 0.05$) and lag phase (L: T1: 1.36; T2: 1.22 and T3: 0.68 h; $P > 0.05$) of the pasture was similar between the evaluated treatments. At 30 days, the greatest degradation was found in T1. However, at 90 days no differences were found. It is concluded that the use of enriched fresh whey is viable to replace milk in artificial rearing of Jersey calves.

Keywords: artificial breeding, food consumption, parasitic load, rumen, ruminant feeding, ruminal fermentation, weight gain.



Introducción

La crianza artificial de los terneros consiste en la separación temprana de las crías de su madre y su posterior crianza con leche o sustituto lácteo de forma individual o en grupo, con el fin de adelantar y acelerar su transformación de prerrumiante a rumiante, disminuyendo de ese modo los tiempos productivos que plantea el ciclo natural de desarrollo fisiológico de los bovinos (Bernáldez et al., 2016). Aunque la leche materna representa el mejor alimento para los recién nacidos (Elizondo, 2007), en los sistemas de crianza artificial el objetivo del productor de ganado lechero es poder comercializar su leche a precios de mercado, lo que obliga a buscar estrategias para reemplazarla a menor costo, tal como es el uso de sustitutos lácteos o subproductos de la leche (Juliano et al., 2016).

Una de las ventajas más notables de la crianza artificial del ternero es que puede utilizar productos de la industria lechera y derivados cuyos precios son menores que el de la leche entera (Quigley et al., 2006). En este sentido, en la región frailesca de Chiapas, diariamente se producen alrededor de 106.800 litros del lactosuero derivado de la elaboración de productos lácteos, donde más del 50 % es vertido directamente al suelo o a afluentes de agua, lo que provoca fuertes problemas de contaminación (Vázquez et al., 2017).

El suero de leche contiene cerca de un 7 % de sólidos compuesto de 4,9 % de lactosa 0,9 % de nitrógeno, 0,6 % de cenizas, y una pequeña cantidad de grasa, ácidos lácticos y vitaminas (Ahlam, 2016). Por ello, el suero de leche puede considerarse como un medio de suministro de nutrientes adicionales para el ganado, así como un subproducto contaminante, lo que ha llevado a probar estrategias para su aprovechamiento (Palmieri et al., 2017; Viégas et al., 2017). Una de ellas podría ser su uso fresco o enriquecido como reemplazante de la leche entera en sistemas de crianza artificial (Eseceli et al., 2021; Kareem et al., 2018). Sin embargo, se desconoce si este cambio (sustitución de la leche por el lactosuero) podría ocasionar cambios en la ganancia de peso, salud o procesos seguidos en el desarrollo de su rumen que pudieran afectar el crecimiento del animal, ya que uno de los factores que inciden en ellos son, además de la edad y el tipo de alimentación, el nivel de leche (Miranda et al., 2019). Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar el uso de lactosuero fresco como sustituto de la leche entera en el sistema de crianza artificial de becerras Jersey.

Materiales y métodos

Localidad

El experimento se desarrolló en el Centro Universitario de Transferencia y Tecnología (CUTT) San Ramón, mientras que los análisis fueron realizados en el Laboratorio de Nutrición Animal, ambos pertenecientes a la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad Autónoma de Chiapas, localizada al sureste de México, en el municipio de Villaflores, perteneciente al estado de Chiapas, municipio situado entre los 16°13'15" de latitud norte y 93°16'07" longitud oeste, a

una altitud de 610 m s.n.m. El clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano, con una temperatura media anual de 24,3 °C y precipitación media anual de 1.209 mm (García, 1989).

Características de los animales empleados y su manejo

Se utilizaron 24 becerras de la raza Jersey, con una edad inicial de 12 ± 3 días y un peso promedio de $31 \pm 2,8$ kg. El experimento se llevó a cabo del 11 de diciembre del 2019 al 11 de marzo del 2020. Las becerras se alojaron de forma individual en corraletas fijas con suficiente espacio vital (1,50 m \times 1,75 m), acondicionadas con comederos, bebederos y sombra. Estas fueron asignadas completamente al azar en los tres tratamientos evaluados. El sistema de alimentación consideró las siguientes etapas:

- a. *Toma de calostro.* Se suministró calostro durante las primeras 24 h de nacidas, por medio de biberón con capacidad de tres litros (cinco litros al día, proporcionado en dos tomas).
- b. *Alimentación en corral (becerras con una edad promedio de 12 ± 3 días).* Diariamente, se les suministró una dieta líquida diferente (cuatro litros diarios en dos tomas, proporcionada en biberones), dependiendo de cada tratamiento, más alimentos sólidos y fermentables *ad libitum* (el concentrado utilizado fue el que comercializa, para animales en crecimiento, Nutripecuaria 3 Reyes® al 25 % de proteína cruda). Cabe señalar que el suero de leche proporcionado por la tarde fue conservado en un refrigerador a una temperatura de 11 °C, con el fin de evitar la fermentación. La alimentación se realizaba a las 07:00 y a las 16:00. A partir de los 60 días del experimento, las becerras pastorearon en praderas de pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) de 07:00 a 14:00.
- c. *Destete brusco.* A los 90 días se realizó un destete brusco de la dieta líquida, lo que coincidió con el término del experimento.

Tratamientos evaluados

Se evaluaron tres tratamientos: T1 = leche entera + concentrado + pasto; T2 = lactosuero fresco enriquecido + concentrado + pasto, y T3 = lactosuero fresco + concentrado + pasto. Se utilizaron ocho becerras por tratamiento; cada una fue la unidad experimental y las variables se analizaron estadísticamente utilizando un diseño completamente al azar. Para el enriquecimiento del lactosuero se consideró como referencia el experimento realizado por Eseceli et al. (2021) y se utilizó un sustituto de leche comercial con 25 % de proteína (Lactocría Plus®, que contiene 10 % de grasa cruda, fibra cruda 2 %, 10 % de humedad, 8 % de cenizas, 45 % de ELN). Para ello, se diluyeron 60 g del sustituto en un litro de lactosuero, con cuya proporción la mezcla se igualó al porcentaje de proteína de la leche (3,6 %).

Variables evaluadas

Ganancia diaria de peso y consumo de concentrado

Considerando que la tasa de crecimiento de la becerria durante su crianza es fundamental para llegar a ser reemplazo en un hato a una edad y peso correcto, se midió la ganancia diaria de peso. El pesaje se realizó cada quince días y en forma individual por un periodo de 90 días, siempre a

la misma hora, para evitar inconsistencias y reducir el error. El peso se obtuvo con el apoyo de una báscula electrónica (Precisión[®]) con capacidad de 150 kg.

Una semana previa al experimento, los animales fueron adaptados gradualmente al consumo del concentrado. Después, se registró diariamente la cantidad de concentrado ofrecido y rechazado durante todo el experimento, con lo que se estimó el consumo voluntario. Esto permitió conocer si el reemplazo de leche por lactosuero fresco modificó el consumo, en comparación con los animales que consumían leche entera, partiendo de que el lactosuero posee una menor calidad nutritiva en comparación con la leche y de que se conoce que el consumo de la dieta líquida pueda afectar el consumo de los alimentos sólidos y fermentables.

Composición química, fermentación y degradación ruminal in vitro del pasto C. nlemfuensis

La muestra del pasto estrella (*C. nlemfuensis*) fue analizada por triplicado para determinar el contenido de materia seca (MS), materia orgánica (MO), cenizas (Ce) y proteína cruda (PC) (Association of Official Analytical Chemists, 2009). Asimismo, se determinó el contenido de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) (Van Soest et al., 1991).

Por otro lado, se evaluó la fermentación y degradación ruminal del pasto estrella a través de la técnica de producción de gas *in vitro* (Menke & Steingass, 1988), para lo cual se usaron frascos color ámbar de 125 mL de capacidad, a los que se les colocó 0,5 g de MS del pasto. Posteriormente, y bajo un flujo continuo de CO₂ a cada frasco se le agregó 90 mL de inóculo ruminal diluido (1:10), proveniente de las becerras de cada tratamiento, que se filtró a través de ocho capas de tela de gasa y se adicionó en una proporción de 1:9 a una solución mineral reducida compuesta de K₂HPO₄ (0,45 g/L), KH₂PO₄ (0,45 g/L), NaCO₃ (0,6 g/L), (NH₄)₂SO₄ (0,45 g/L), NaCl (0,9 g/L), MnSO₄ (0,18 g/L), CaCl₂ (0,12 g/L), L-cisteína (0,25 g/L) y Na₂S (0,25 g/L).

Se incluyeron tres frascos blancos sin sustrato, que se cerraron herméticamente con un tapón de goma y un aro de aluminio. El exceso de CO₂ de cada frasco se extrajo con el manómetro para igualar la presión a cero y se incubaron en baño maría a 39 °C. La presión de gas de fermentación se midió con el manómetro (0-1 kg/cm²) a 72 h de incubación. Los valores de presión (kg/cm²) se transformaron a volumen de gas (mL/g de sustrato) con la ecuación de regresión (volumen= presión/0,019).

Se obtuvo el volumen máximo (VM) de gas a 72 h de incubación, se estimaron los parámetros de la cinética de producción de gas: volumen máximo (VM; mL/ g), tasa (S; h⁻¹) y fase lag (L; h), para el modelo logístico $V=VM/1+e^{(2-4S(T-L))}$ (Schofield & Pell, 1995), para lo cual se utilizó el paquete estadístico SAS (2004). La degradación *in vitro* de la materia seca (DGRMS) se determinó a 24 h y 48 h. Su cálculo se llevó a cabo por la diferencia entre el peso de la materia inicial, antes de ser incubada, y el peso de la materia residual, después de 24 h y 48 h de incubación. Al final del periodo de incubación, el residuo de cada frasco se filtró a través de papel de filtrado previamente pesado. Los papeles con residuo se secaron a 65 °C por 48 h, se pesaron y se restó el peso del papel filtro.

El primer muestreo de líquido ruminal (inóculo) para llevar a cabo la fermentación y la DGRMS se realizó a los 30 días después de iniciar el experimento y el segundo, a los 90 días, lo que coincidió con el destete brusco de los animales. Cabe señalar que los animales tuvieron un trato de acuerdo con los protocolos de la Ley Federal de Sanidad Animal vigente, NOM-062-ZOO-1999, y bajo las normas de bienestar animal establecidas en la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad Autónoma de Chiapas.

Análisis estadísticos

Se realizaron análisis de varianza (ANOVA). El análisis se realizó utilizando el procedimiento general lineal (PROC GLM) del paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System, V. 9.0; 2004). Las medias de tratamientos se compararon a través de la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

Resultados y discusión

Ganancia de peso y consumo de concentrado

Se encontraron diferencias estadísticas ($p < 0,05$) entre T1 y T3, mientras que T2 presentó ganancia de peso similar ($p > 0,05$) a T1. Respecto al consumo de concentrado, no se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados ($p > 0,05$; tabla 1).

Tabla 1. Ganancia diaria de peso y consumo de concentrado de becerras Jersey bajo crianza artificial con el uso de lactosuero en Chiapas, México

Variables	T1	T2	T3	EE
Peso inicial (kg)	31 ± 2,8	31 ± 2,8	31 ± 2,8	-
Peso final (kg)	106,6	101,2	87,7	-
GDP (kg/día)	0,840 ^a	0,780 ^{ab}	0,630 ^b	0,050
Consumo (kg/día)	1,820 ^a	1,660 ^a	1,700 ^a	0,017

Nota: Medias en la misma hilera con letras distintas difieren estadísticamente ($p < 0,05$); T1= Leche + concentrado + *C. nlemfuensis*; T2 = lactosuero fresco enriquecido + concentrado + *C. nlemfuensis*; T3 = lactosuero fresco + concentrado + *C. nlemfuensis*; GDP = ganancia diaria de peso; ± = Desviación estándar de la media; EE = error estándar de la media.

Las ganancias diarias de peso (GDP) obtenidas en este trabajo fueron superiores a lo reportado por Montero et al. (2009), quienes compararon el uso de la leche y lactosuero fermentado en becerros Holstein × Cebú bajo crianza artificial en el trópico, sin reportar diferencias estadísticas en la ganancia de peso (0,580 kg/d en promedio para todos los tratamientos). Por otro lado, los resultados evidenciaron la ventaja reconocida del uso de leche entera en la crianza de animales (T1) (González et al., 2017; Juliano et al., 2016), lo que podría deberse al hecho de que los becerros digieren adecuadamente los nutrientes de la leche entera, mientras que con el uso de sustitutos no sucede lo mismo (Donovan et al., 2002). Sin embargo, el hecho de que T2 provoque ganancias similares al T1 indica la factibilidad biológica de enriquecer la calidad del suero fresco

con leche comercial, al igualar la calidad nutritiva de la leche fresca y utilizarlo en reemplazo de esta con la ventaja respectiva en costos de alimentación, lo que hace factible la incorporación de este subproducto en los sistemas de crianza artificial (Alonso et al., 2017).

En cuanto el consumo de concentrado, se presentó un consumo promedio de 1,72 kg al día. En este sentido, se menciona que el consumo temprano de alimento sólido es el factor más importante para que el ternero joven pase de la forma de digestión y metabolismo preruminal a la del rumiante adulto (García & Chongo, 2017). Por lo tanto, promover el consumo precoz de alimento sólido es prioritario para estimular al desarrollo del retículo-rumen (Hill et al., 2007). Por su parte, Govil et al. (2017) sostienen que el consumo de concentrados tiene mayor efecto sobre el desarrollo del rumen en comparación con el forraje, debido a su alto contenido de carbohidratos de fácil fermentación, lo que aumenta la producción de ácidos grasos volátiles en el rumen y estimula el desarrollo del epitelio ruminal (Mirzaei et al., 2014). Esto a su vez provoca efectos sinérgicos sobre el crecimiento de las becerras que reemplazarán a las vacas productoras (Diao et al., 2019).

Por otro lado, se sabe que una tasa alta de administración de alimento líquido reduce de manera marcada el consumo de alimento sólido (Morales et al., 2012). En este sentido, a los tres tratamientos se les suministró la misma cantidad de alimento líquido (4 L/día) y no reflejaron diferencias significativas en el consumo del alimento sólido. Hay que considerar que se ha informado que una alimentación alta con leche o sustituto lácteo líquido reduce la ganancia de peso diaria después del destete, como resultado de una menor ingesta de alimento concentrado (Hill et al., 2007). El consumo de concentrado encontrado en este trabajo indica que el uso del lactosuero fresco natural o enriquecido no afecta el consumo de los alimentos sólidos.

Composición química, fermentación y degradación ruminal *in vitro* del pasto *Cynodon nlemfuensis*

El pasto *C. nlemfuensis* utilizado en el experimento tuvo 23,92 % de MS, 9,6 % de PC, 91,46 % y 8,53 % de MO y Ce, respectivamente. El contenido de FDN fue de 62,18 % y el pasto tuvo 38,67 % de FDA.

Por otro lado, se aprecia que, a los 30 días de edad de las becerras, el potencial de fermentación —por el volumen máximo de gas (VM) del pasto *C. nlemfuensis*— y una fase lag fueron similares ($p > 0,05$) entre tratamientos evaluados. La velocidad de fermentación (S) del pasto fue similar ($p > 0,05$) en T2 y T3, pero mayor en T1 ($p > 0,05$). Por otro lado, la mayor degradación ($p > 0,05$) se encontró en T1 tanto a 24 h (23,63 %) como a 48 h (36,52 %). A los 90 días de edad de las becerras, se observó el mismo comportamiento a lo encontrado a la edad de 30 días para las variables VM y L. Sin embargo, la velocidad de fermentación (S) del pasto (*C. nlemfuensis*) fue igual ($p > 0,05$). A 24 h, la DGRMS fue similar en todos los tratamientos ($p > 0,05$), a diferencia de lo encontrado a 30 días de edad, cuando todos estos tratamientos presentaron degradaciones diferentes. Por otro lado, la DGRMS a 48 h aumentó en comparación con lo encontrado a los 30 días, pero fueron similares entres sí ($p > 0,05$) (tabla 2).

Tabla 2. Parámetros de fermentación y degradación *in vitro* de *C. nlemfuensis* en becerros Jersey artificial en Chiapas, México de 30 y 90 días de edad alimentadas con leche o lactosuero fresco durante la fase de crianza

Variables	T1	T2	T3	EE
A los 30 días				
S(h ⁻¹)	0,0214 ^b	0,0247 ^a	0,0239 ^a	0,00
L (h)	1,36 ^a	1,22 ^a	0,68 ^a	0,16
VM (mL/g)	175,26 ^a	196,30 ^a	200,46 ^a	4,75
DGRMS 24 h (%)	23,63 ^a	16,83 ^b	12,80 ^c	1,84
DGRMS 48 h (%)	36,52 ^a	24,12 ^b	19,36 ^c	4,04
A los 90 días				
S(h ⁻¹)	0,0214 ^b	0,0247 ^a	0,0239 ^a	0,00
L (h)	1,36 ^a	1,22 ^a	0,68 ^a	0,16
Vm (mL/g)	175,26 ^a	196,30 ^a	200,46 ^a	4,75
DGRMS 24 h (%)	23,63 ^a	16,83 ^b	12,80 ^c	1,84
DGRMS 48 h (%)	36,52 ^a	24,12 ^b	19,36 ^c	4,04

Nota: Medias en la misma fila con letras distintas difieren estadísticamente ($p > 0,05$); VM: volumen máximo de gas; S: tasa o velocidad de fermentación; L: fase lag; DGRMS: degradación *in vitro* de la materia seca.

Por otra parte, los resultados similares obtenidos tanto a 30 como a 90 días sobre el potencial de fermentación del pasto (VM) y la fase lag (L) podrían indicar que el uso de lactosuero en las dietas de los prerumiantes no modifica la actividad microbiana principiante, ni sus funciones metabólicas (Guevara et al., 2014). Asimismo, se reconoce que la DGRMS no es modificada al sustituir leche por lactosuero (Salem & Fraj, 2007), lo que coincide con los resultados obtenidos en este trabajo, pues el suero de leche no afectó los parámetros de fermentación, ya que fueron estadísticamente similares a cuando se usa leche entera (T1); es decir, en un sistema de crianza artificial, puede incluirse lactosuero en sustitución de leche entera sin detrimento en la cinética de fermentación del alimento sólido.

Si bien existen evidencias que indican que de acuerdo con la edad, el tipo de alimentación y nivel de dieta líquida (leche) el desarrollo anatómico del rumen es mejor a temprana edad (García & Chongo, 2017), es necesario que este también se desarrolle funcionalmente. Esto se evalúa a través de su capacidad para degradar y absorber productos finales de dicha digestión. En ese sentido, los datos encontrados a los 30 y 90 días de edad podrían sugerir que el rumen de los becerros en los tratamientos evaluados aún se encuentra en proceso temprano de desarrollo funcional, por lo que existe poca digestión ruminal de celulosa y de hemicelulosa (Anderson et al., 1987), lo que afecta también la fermentación de los alimentos consumidos (Flores et al., 2006),

Lo anterior es contrario a lo indicado en otros estudios previos, en los que se indica que un becerro puede alcanzar su estado de rumiante a las cuatro semanas de edad cuando este consume alimentos sólidos (Ruiz & Ruiz, 1983) y que, en zonas tropicales, los becerros son destetados a partir de los 90 días de edad (Pérez et al., 2001), ya que los animales pueden aprovechar celulosa y hemicelulosa. Uno de los primeros y más antiguos trabajos (Armstrong et al., 1954) reportaron que, al comenzar el pastoreo a una edad precoz, los terneros Ayrshire, con los que trabajaron, llegaron a adquirir la misma habilidad, a las 10-12 semanas de edad, que los rumiantes adultos en cuanto al uso del pasto (digestibilidad *in vivo* de la MS del pasto fue de 75 %), lo que no coincide con lo encontrado en este trabajo.

Los valores de DGRMS a 30 días de edad fueron mayores en los animales con leche entera en comparación con aquellos donde se utilizó lactosuero; sin embargo, a los 90 días la diferencia ya no existió, es decir, a 90 días la actividad ruminal mejoró en los animales con lactosuero igualando a los animales con leche entera.

Por otro lado, las diferencias en el volumen máximo, tasa de producción de gas y fase lag entre los sustratos están asociadas a la gran variabilidad de su composición de proteína, FDN y FDA (Salem et al., 2006). Para este trabajo, se utilizó la misma fuente de alimento sólido, por lo que el factor de composición química del alimento no influyó en los valores obtenidos, únicamente podría deberse a condiciones propias del desarrollo funcional y quizás anatómico del rumen de los animales evaluados.

Conclusiones

El uso del lactosuero fresco en la crianza artificial de becerras Jersey es viable una vez que se enriquece, pues se obtienen ganancias de peso similares a las obtenidas con el uso de leche entera, sin manifestar cambios en el consumo de concentrado, en los parámetros de fermentación y degradación del pasto *C. nlemfuensis*. Por esta razón, este subproducto enriquecido se puede convertir en una opción para sustituir la leche entera en la alimentación de becerras y, por otro lado, disminuir la contaminación causada por el lactosuero.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación del estado de Chiapas por el apoyo brindado a los autores dentro de la convocatoria 2019 del Sistema Estatal de Investigadores.

Descargos de responsabilidad

Todos los autores realizaron aportes significativos al documento, están de acuerdo con su publicación y manifiestan que no existen conflictos de interés en este estudio.

Referencias

- Ahlam, A. (2016). Whey as a feed ingredient for lactating cattle. *Science International*, 4(3), 80-85. <https://dx.doi.org/10.17311/sciintl.2016.80.85>
- Alonso, V. A., Ybalmea, P. R., & Rodríguez, D. G. (2017). Crecimiento de hembras siboney de cuba hasta 90 días de edad alimentadas con raciones integrales que contenían diferentes niveles de inclusión de reemplazante lechero seco. *Universidad y Ciencia*, 6(1), 30- 47. <http://revistas.unica.cu/index.php/uciencia/article/view/435>
- Anderson, K. L., Nagaraja, T. G., & Morrill, J. L. (1987). Ruminal metabolic development in calves weaned conventionally or early. *Journal of Dairy Science*, 70(5), 1000-1005. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(87\)80105-4](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(87)80105-4)
- Armstrong, D. G., Preston T. R. & Amstrong, F.R. (1954). Digestibility of sample of pasture grass by calves. *Nature*, 174(4443), 1182-1183. <https://doi.org/10.1038/1741182a0>
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2009). ASTM D1434–82: Standard test method for determining gas permeability characteristics of plastic film and sheeting. Pennsylvania (USA): 13 pp.
- Bernaldez, M. L., Dichio, L., Galli, J., Layacona, J., Nalino, M., Planisich, A., Skejich, P., & Silva, P. (2016). Sistemas de crianza artificial y bienestar animal. *Agromensajes*, 46, 64-67. <http://rephip.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/13217/8AM46n.pdf?sequence=2>
- Diao, Q., Zhang, R. & Fu, T. (2019). Review of strategies to promote rumen development in calves. *Animal*, 9(8), 490-505. <http://doi.org/10.3390/ani9080490>
- Donovan, D. C., Franklin S. T., Chase, C. C. L., & Hippen, A. R. (2002). Growth and health of Holstein calves fed milk replacers supplemented with antibiotics or enteroguard. *Journal of Dairy Science*, 85(4), 947-950. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74153-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74153-2)
- Elizondo, J. (2007). Alimentación y manejo del calostro en el ganado de leche. *Agroonomía Mesoamericana*, 18(2), 271-281. <https://www.redalyc.org/pdf/437/43718213.pdf>
- Eseceli, H., Esen, S., Keten, M., Altiner, A., & Bilal, T. (2021). Effect of Whey Protein-Enriched Water on Performance and in Vivo Carcass Measurements in Fattening Merino Lambs. *Alinteri Journal of Agriculture Sciences*, 36(1), 61-65. <http://doi.org/10.47059/alinteri/V36I1/AJAS21010>
- Flores, M. R., Guerrero, F., & Romano, J. (2006). Respuesta productiva de becerros Holstein alimentados con alfalfa de diferente calidad y enzimas fibrolíticas en la etapa pre y postdestete. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 44(3), 313-328. <https://www.redalyc.org/pdf/613/61344304.pdf>
- García, E. (1989). *Modificación al Sistema de Clasificación Climática de Köppen*. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). <https://www.igg.unam.mx/geoigg/biblioteca/archivos/memoria/20190917100949.pdf>
- García, H. R. & Chongo, B. (2017). Comportamiento del vaciado abomasal en terneros alimentados con yogurt con y sin adición de concentrado. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 18(4), 1-16. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63651265007.pdf>
- García, M., Garzón, J. López, G. E., & Galarza, A. (2017). Efecto de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* sobre el desarrollo corporal y parámetros hematológicos en terneras Holstein criadas al pastoreo. *Revista Científica Maskana*, 8, 5-8. <https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/maskana/article/view/1475>

- González, R., González, J., Peña, B. P., Moreno, A., & Reyes, J. L. (2017). Análisis del costo de alimentación y desarrollo de becerros de reemplazo lactantes. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 40, 561-569. <https://www.redalyc.org/pdf/141/14152127005.pdf>
- Govil, K., Yadav, D. S., Patil, S., Nayak, S., Baghel, R. P. S., Yadav, P. K., Malapure, C. D., & Thakur, D. (2017). Feeding management for early rumen development in calves. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5(3), 1132-1139. <https://www.entomoljournal.com/archives/2017/vol5issue3/PartP/5-2-261-486.pdf>
- Guevara, S., Teixeira, R. M., & Mendonça, V. R. (2014). Desempeño de cabritos recibiendo dietas líquidas con diferentes niveles de grasa durante la etapa de amamantamiento. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 6(2), 335-341. <https://doi.org/10.24188/recia.v6.n2.2014.437>
- Hill, T. M., Bateman H. G., Aldrich Pas, J. M., & Schlotterbeck, R. L. (2007). Effects of the feeding rate of high protein calf milk replacers. *The Professional Animal Scientist*, 23(6), 649-655. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)31036-6](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)31036-6)
- Juliano, N., Danelón, J. L., Fattore, R., Cantet, J. M., Martínez, R. S. Miccoli, F. E., & Palladino, R. A. (2016). Crianza artificial de terneros de tambo utilizando sustitutos lácteos de distinto contenido energético. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 42(1), 87-92. <https://www.redalyc.org/pdf/864/86445998016.pdf>
- Kareem, A. N., Rahman, J. A., & Ahmed, A. M. (2018). Effect of feeding dried whey on the efficiency of Iraqi Awassi lambs. *Journal of Research in Ecology*, 6(2), 1893-1898. <https://issuu.com/reviewjre/docs/ec0626>
- Menke, K., & Steingass, H. (1988). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analyses and *in vitro* gas production using rumen fluid. *Animal Research and Development*, 28, 7-55.
- Miranda, M. V. F. G. D., Morais, M. R. P. T. D., Lima, R. N. D., Leite, H. M. D. S., Assis, A. P. P. D., Teófilo, T. D. S., Neto, J. D. F., & Lima, P. D. O. (2019). Performance and development of gastric compartments of calves fed with cheese whey and transition milk. *Ciência Rural*, 49(9), 1-8. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190308>
- Mirzaei, M., Khorvash, M., Ghorbani, G. R., Kazemi-Bonchenari, M., Riasi, A., Nabipour, A., & van den Borne, J. J. G. C. (2014). Effects of supplementation level and particle size of alfalfa hay on growth characteristics and rumen development in dairy calves. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 99(3), 553-564. <http://doi.org/10.1111/jpn.12229>
- Montero, M., Juárez, F. I., & Garcia-Galindo, H. S. (2009). Suero de leche fermentado con lactobacilos para la alimentación de becerros en el trópico. *Agrociencia*, 43(6), 585-593. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952009000600004
- Morales, G., Pino, L. A., Sandoval, E., Jiménez, D., & Morales, J. (2012). Relación entre la condición corporal y el nivel de infestación parasitaria en bovinos a pastoreo como criterio para el tratamiento antihelmíntico selectivo. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 23(1), 80-89. <http://www.scielo.org.pe/pdf/rivep/v23n1/a10v23n1.pdf>
- Palmieri, N., Forleo, M. B., & Salimei, E. (2017). Environmental impacts of a dairy cheese chain including whey feeding: An Italian case study. *Journal of Cleaner Production*, 140(2), 881-889. <http://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.185>
- Pérez, H., Sánchez Del Real, C., & Gallegos, J. S. (2001). Anestro postparto y alternativas de manejo del amamantamiento en vacas de doble propósito en trópico. *Investigación agraria. Producción y Sanidad Animales*, 16(2), 257-270.

- Quigley, J. D., Wolfe, T. A., & Elsasser, T. H. (2006). Effects of additional milk replacer feeding on calf health, growth, and selected blood metabolites in calves. *Journal of Dairy Science*, 89(1), 207-216. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72085-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72085-9)
- Ruiz, M., & Ruiz, A. (1983). *Cría y alimentación de reemplazos en lecherías*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- Salem, A. Z. M., López, S., & Robinson, P. H. (2006). Plant bioactive compounds in ruminant agriculture – Impacts and opportunities. *Animal Feed Science and Technology*, 176(1-4), 1-4. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.07.001>
- Salem, M. B., & Fraj, M. (2007). The effects of feeding liquid acid whey in the diet of lactating dairy cows on milk production and composition. *Journal of Cell and Animal Biology*, 1, 7-10. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.402.3187&rep=rep1&type=pdf>
- SAS. (2004). *SAS User's Guide: Statistics*. [Software]. Ver. 9.2SAS Institute.
- Schofield, P., & Pell, A. (1995). A validity of using accumulated gas pressure readings to measure forage digestion *in vitro*: a comparison involving three forages. *Journal of Dairy Science*, 78(10), 2230-2238. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(95\)76850-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(95)76850-3)
- Van Soest, P., Robertson, J., & Lewis, B. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3583-3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
- Vázquez, C., Pinto, R., Rodríguez, R., Carmona, J., & Gómez, A. (2017). Uso, producción y calidad nutricional del lactosuero en la región central de Chiapas. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 21(1), 65-75. <http://ww.ucol.mx/revaia/portal/pdf/2017/enero/5.pdf>
- Viégas, J., Skoniski, F.R, Weber, A., Pinto-Neto, A., Oliveira, R.L., Ribeiro, C.V., Bermudes, R.F. & Nornberg, M. (2017). Soro do leite em substituição ao leite na cria de bezerros. *Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR*, 20(3), 9-13. <https://www.revistas.unipar.br/index.php/veterinaria/article/view/6313/3437>