

Alimentación y nutrición animal

Artículo de investigación científica y tecnológica

Rendimiento y composición química de la leche de vacas criollas Lechero Tropical en pastoreo y suplementación

 Adalberto Rosendo-Ponce¹,  Adrián Sánchez-Gómez¹,  Ángel Ríos-Ortiz¹,
 Glaforo Torres- Hernández²,  Carlos Miguel Becerril-Pérez^{1*}

¹Colegio de Postgraduados Campus Veracruz. Veracruz, México.

²Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Montecillo, México.

*Autor de correspondencia: Colegio de Postgraduados Campus Veracruz. Carretera Federal Xalapa – Veracruz km 88,5, municipio Manlio Fabio Altamirano 91690. Veracruz, México. color@colpos.mx

Editor temático: Sonia Daryuby Ospina Hernández (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [AGROSAVIA])

Recibido: 04 de julio de 2019

Aprobado: 18 de agosto de 2020

Publicado: 22 de marzo de 2021

Para citar este artículo: Rosendo-Ponce, A., Sánchez-Gómez, A., Ríos-Ortiz, A., Torres-Hernández, G., & Becerril-Pérez, C. M. (2021). Rendimiento y composición química de la leche de vacas criollas Lechero Tropical en pastoreo y suplementación. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 22(1), e1515. https://doi.org/10.21930/rcta.vol22_num1_art:1515



Resumen

La producción de leche en pastoreo es utilizada en las regiones intertropicales de climas cálidos debido a su bajo costo. La raza bovina criolla Lechero Tropical (LT) se caracteriza por su adaptación a esta zona, su alta calidad de leche y su buen rendimiento quesero. Aunque la suplementación en pastoreo puede incrementar la producción de leche, también puede comprometer su calidad. Este estudio evaluó el efecto de la suplementación con concentrado comercial en vacas LT respecto a la cantidad y las características fisicoquímicas de la leche por lactancia. Los tratamientos utilizados fueron alimentación exclusiva a base de pasto pará (*Brachiaria mutica*) y pasto con suplementación de 1 kg de concentrado comercial con 20 % de proteína por cada 5 kg de leche producida al día. La producción diaria de leche se incrementó de $5,82 \pm 0,18$ kg a $7,10 \pm 0,18$ kg con suplementación. El consumo de materia seca fue similar en ambos tratamientos. La grasa, la proteína, la lactosa y los sólidos no grasos y totales no sufrieron ninguna modificación ($p > 0,05$), pero la producción diaria de cada componente por vaca se incrementó en animales suplementados debido al efecto multiplicativo de la cantidad de leche. El número de parto afectó la producción de leche, grasa, nitrógeno ureico en leche y conteo de células somáticas ($p \leq 0,05$). Se concluye que la suplementación utilizada en este estudio es suficiente para incrementar la producción de leche en un 22 % sin afectar su composición química.

Palabras clave: climas cálidos, lechería, nutrición de vacas, propiedades fisicoquímicas, recursos genéticos locales

Yield and chemical composition of milk of grazing and supplemented Tropical Milking criollo cows

Abstract

Milk production under grazing conditions is carried out in the intertropical region of hot climates due to its low production cost. The Tropical Milking criollo breed (LT) is characterized by its hardiness in this region, and its high milk quality and cheese yield. Grazing supplementation can increase milk production; however, it can also change its chemical composition. The effect of supplementation with commercial feed in LT cows was evaluated concerning the quantity and physicochemical traits of their milk by lactation. The treatments used were feeding based only on grazing para grass (*Brachiaria mutica*) and grazing plus 1 kg supplementation with 20 % protein commercial feed for every 5 kg of milk produced daily. The daily milk production per cow increased from 5.82 ± 0.18 to 7.10 ± 0.18 kg due to supplementation. Dry matter intake was similar in both treatments. The concentration of fat, protein, lactose, non-fat, and total solids did not suffer modifications ($p > 0.05$), but the daily production of each component per cow increased in animals supplemented due to the multiplicative effect of the amount of milk. The number of calvings affected milk production, fat, and ureic nitrogen in milk, and somatic cell count ($p \leq 0.05$). It can be concluded that the supplementation used in this study was enough to increase milk production by 22 %, without modifying its chemical composition.

Keywords: cow nutrition, chemicophysical properties, dairy production, hot climates, local genetic resources

Introducción

Los sistemas lecheros basados en pastoreo son los preferidos en las regiones intertropicales con climas cálidos, debido, en parte, a sus bajos costos de producción (Martínez-Castro et al., 2012; Muñoz & Deaton, 1981). Sin embargo, la baja disponibilidad estacional y la calidad del forraje durante los periodos de sequía son factores limitantes para que las vacas expresen su potencial de adaptación ambiental y genética en la producción de leche. Si bien la suplementación de vacas en pastoreo con concentrado comercial tiene como objetivo aumentar el aporte energético y mejorar la producción de leche, la respuesta a la suplementación varía según el sistema de producción, el clima y el genotipo de la vaca, entre otros factores (López et al., 2015; Ramos et al., 1998).

La suplementación de vacas Suizo Pardo x Cebú en condiciones de pastoreo en climas cálidos no incrementó significativamente la producción de leche al aumentar la disponibilidad de alimento comercial de 3 a 4 y 5 kg/vaca/d (Martínez-González et al., 2008). Se obtuvieron resultados similares con vacas Holstein x Cebú en sistemas de pastoreo silvopastoril (López et al., 2015). Álvarez et al. (2007) observaron que las vacas argentinas Holstein agrupadas por su nivel de producción no mostraron diferencias en la producción de leche cuando fueron suplementadas con concentrado comercial (3,5 y 7,0 kg/vaca/d), lo que sugiere que la respuesta a la suplementación está determinada por el potencial genético de la vaca dentro de cada grupo. En clima templado y alimentada en condiciones de pastoreo, la raza Holstein duplicó su producción de leche de 1-2 a 6-8 kg/vaca/d cuando se le proporcionaron suplementos alimenticios comerciales (Marín et al., 2018).

Asimismo, la suplementación alimenticia comercial en vacas lecheras no solo tiene un efecto sobre la cantidad de leche producida, sino también sobre su composición química y nutricional. Un aumento en la proporción de carbohidratos no estructurales puede disminuir el contenido de grasa de la leche (Ramos et al., 1998). Además, cuando la suplementación alimenticia comercial aumentó de 1 a 2 kg/vaca/d, el contenido total de sólidos de la leche disminuyó en un 0,5 % (Razz & Clavero, 2007).

La raza criolla Lechero Tropical (LT) se caracteriza por su rusticidad en climas cálidos de la zona intertropical, su tolerancia a enfermedades y su capacidad para pastar en busca de alimento (De Alba, 2011). Algunos de sus rasgos de importancia económica son la alta calidad de su leche y su buen rendimiento de queso (Santellano-Estrada et al., 2011). Estas vacas muestran un valor de lactancia de $1.174 \pm 11,4$ kg de leche a los 305 días con porcentajes de grasa, proteína y sólidos totales de $3,9 \pm 0,2$, $3,9 \pm 0,2$ y $12,7 \pm 0,3$, respectivamente, y un rendimiento de queso de 5,9 kg de leche para obtener 1 kg de queso fresco (Rosendo-Ponce & Becerril-Pérez, 2015). Corrales (2011) reportó 1.319 ± 417 kg en 305 días de lactancia en la raza criolla nicaragüense Reyna.

El efecto de la suplementación sobre vacas LT en pastoreo es poco conocido y podría incrementar su producción de leche; sin embargo, también podría cambiar su composición química. Las vacas LT ordeñadas dos veces al día y suplementadas con un 22 % de alimento proteico produjeron un 17 % más de leche que las vacas exclusivamente en pastoreo (Domínguez-Pérez et al., 2011). En consecuencia, el objetivo de este estudio fue evaluar la suplementación con alimento comercial en vacas LT bajo un sistema de pastoreo de producción tradicional respecto a la cantidad y las características fisicoquímicas de la leche producida por lactancia.

Materiales y métodos

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en la región de Sotavento, estado de Veracruz, México (19,2° N, 96,3° W), a 20 m s. n. m. El clima de la región se clasifica como Aw0(w)(i)gw" (García, 2004), caluroso subhúmedo, con lluvias de verano distribuidas de mayo a octubre, precipitación media anual de 1.060 mm y temperatura media de 26,4 °C.

Procedimiento experimental

En este estudio se incluyeron 24 vacas LT de primera, segunda y tercera lactancia de 1.160 ± 68 , 1.756 ± 75 y 2.264 ± 62 días de edad, respectivamente. Cada vaca fue asignada a uno de cuatro grupos de seis vacas según la fecha de parto, con dos vacas por número de lactancia. Los partos ocurrieron de octubre de 2015 a marzo de 2016 con escasas precipitaciones y el periodo de lactancia experimental se consideró de noviembre de 2015 a julio de 2016 (figura 1). Los tratamientos de alimentación fueron: 1) basado únicamente en pasto para *Brachiaria mutica* (Forssk.) Stapf (Poaceae) y pastoreo rotatorio, y 2) basado en pasto para y pastoreo rotatorio con adición de 20 % de suplemento alimenticio de proteína comercial a una dosis de 1 kg/vaca/d por cada 5 kg de leche producida. Los tratamientos se asignaron al azar en función de la disponibilidad de las vacas de acuerdo con sus fechas de parto.

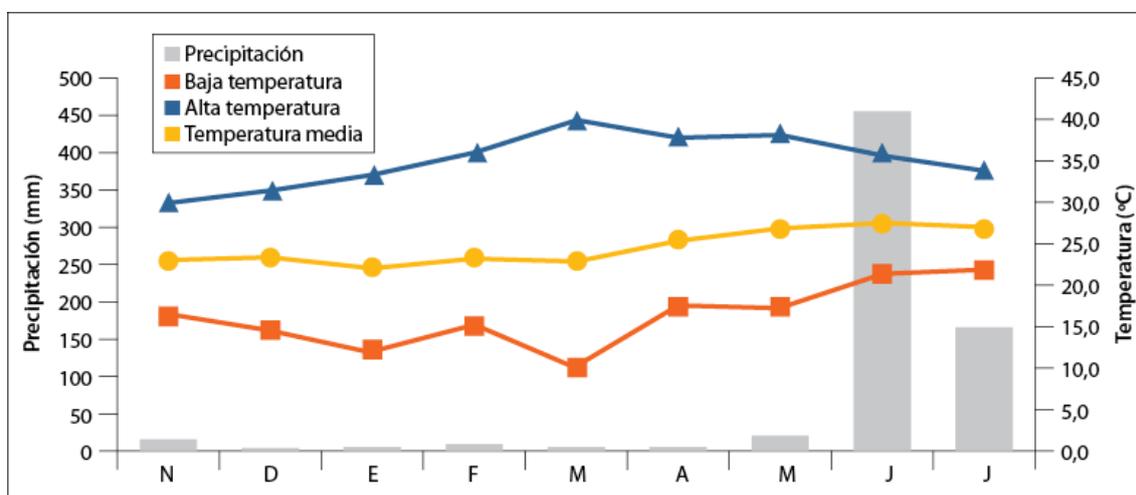


Figura 1. Precipitación y temperatura registradas en el sitio de estudio durante todo el periodo experimental. Meses: a partir de noviembre (N) de 2015 hasta julio (J) de 2016.

Fuente: Elaboración propia con base en datos climáticos Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP, 2016)

Manejo de animales y recolección de datos

El ordeño tradicional se realizó una vez al día de forma manual con el ternero parado junto a la madre, de 7:00 a 8:30 a. m. La ubre se desinfectó con un compuesto yodado al 7 % (Triodine-7®) y luego, se lavó y se secó con paños de algodón limpios. Las vacas fueron inseminadas artificialmente (IA), sin asistencia durante el parto. No se utilizaron productos químicos contra las garrapatas y se realizaron pocas prácticas sanitarias.

El pastoreo se realizó en potreros de zonas bajas o inundadas, con humedad residual en el suelo durante la época seca y posibles inundaciones durante la época de lluvias, en un área de 20 ha dividida en 16 potreros de 1,25 ha cada uno y con pasto pará. Las vacas permanecieron dos o tres días en cada potrero según la disponibilidad de forraje; el periodo de descanso fue de 32-48 días por potrero.

Todos los animales recibieron agua en el potrero y tuvieron acceso una vez al mes a sales minerales de fósforo y calcio al 12 % (Fosforysal 120 L®). A las vacas suplementadas se les proporcionó un 20 % de proteína cruda (alimento comercial Generaleche 1056-20® - Purina®) durante el ordeño. La dosis para cada vaca se determinó con base en la leche producida en su pesaje anterior. Cada 21 días durante los primeros 120 días de lactancia se pesó la leche total producida con una báscula (Detecto®) y se tomó una muestra de 100 mL por vaca para determinar la composición química de la leche; se agregó bronopol (2-bromo-2-nitro-1, 3-propanodiol) como conservante.

Se tomaron cinco muestras de alimento comercial para su análisis. Cada 15 días se recogió una muestra de forraje por potrero antes de cada pastoreo con un cuadrante metálico de 1 m² a una altura de 10 cm del suelo, para emular la altura de cosecha de las vacas. Las muestras se secaron en un horno de aire forzado a 60 °C durante 48 h para determinar el contenido de proteína, cenizas y extracto etérico, mediante las técnicas de extracción micro Kjeldahl (Labconco®), mufla (Lindberg®) y Soxhlet, y las metodologías descritas por AOAC International (2005). La fibra detergente neutro y la fibra detergente ácido se obtuvieron por medio de las técnicas descritas por Van Soest et al. (1991). Se administró una dosis de 8 g de óxido de cromo por vaca durante 15 días en tres periodos (enero, marzo y abril); durante los últimos 5 días de cada periodo, se tomaron muestras de heces directamente del recto y se descartó la leche.

Las cinco muestras por vaca en el mismo periodo se mezclaron para formar una sola muestra compuesta que se analizó en el laboratorio. Se determinó ceniza insoluble en ácido (CIA) en las muestras de heces, los alimentos comerciales y los forrajes. La ingesta total de materia seca (ITMS, kg/d) se calculó sumando la cantidad de forraje consumido del pasto y el concentrado ofrecido diariamente por vaca. La materia seca de la producción fecal (MSPF, g/d) y la materia seca del consumo de pasto (MSCP, kg/d) se estimaron mediante las ecuaciones 1 y 2, descritas por Church (1988) y Geerken et al. (1987).

$$MSPF = \frac{\text{Dosis de la etiqueta (g/d)}}{\text{Concentración de marcadores de heces (g/g MS)}} \quad \text{Ecuación 1}$$

$$MSCP = \frac{[(CIA)_E \times HE] - [(CIA)_C \times MSCAC]}{(CIA)_P} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde (CIA)_E, (CIA)_C y (CIA)_P son la concentración de ceniza insoluble en ácido (%) de heces, concentrados comerciales y forrajes, respectivamente; HE es la producción de heces (kg/d), y MSCAC es la materia seca del consumo del alimento comercial (kg/d).

La digestibilidad total de la materia seca (DTMS) se estimó mediante la ecuación 3, descrita por Church (1988).

$$DTMS (\%) = 100 - \frac{\text{Concentración de cenizas en la dieta}}{\text{Concentración de cenizas en heces}} \quad \text{Ecuación 3}$$

Variables de respuesta

Además de la ITMS y la DTMS, la producción de leche (PL, kg/d) y sus componentes, tales como grasa (G, %), proteína (P, %), lactosa (L, %), sólidos no grasos (SNG, %), sólidos totales (ST, %) y nitrógeno ureico (NU, mg/dL), se determinaron mediante espectroscopía del infrarrojo medio (Lacto Scope FTIR®). El número de células somáticas (CS, miles/mL) se estableció mediante citometría de flujo (Soma Scope MK2®). Las producciones diarias totales de grasa (PG, g/d), proteína (PP, g/d), lactosa (PL, g/d), sólidos no grasos (PSNG, g/d) y sólidos totales (PST, g/d) se determinaron multiplicando PL por el porcentaje de cada uno de los componentes.

Análisis estadístico

Los datos se analizaron con el siguiente modelo estadístico de la ecuación 4.

$$y_{ijklm} = \mu + S_i + G_j + N_k + V_{l(ijk)} + M_{m(j)} + \epsilon_{ijklm} \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

Y_{ijklm} = variable de respuesta; μ = constante de la población; S_i = efecto fijo del i -ésimo nivel de suplementación ($i = 1, 2$); G_j = efecto fijo del j -ésimo grupo ($j = 1, 2, 3, 4$); N_k = efecto fijo de la k -ésima lactancia ($k = 1, 2, 3$); $V_{l(ijk)}$ = efecto aleatorio de la l -ésima vaca, anidada en el i -ésimo nivel de suplementación, j -ésimo grupo y k -ésimo parto, $V_{l(ijk)} \sim$ Normalmente, independiente e idénticamente distribuida (NIID) $(0, \sigma_v^2)$; $M_{m(j)}$ = efecto fijo del m -ésimo muestreo, anidado en el j -ésimo grupo ($m = 1, 2, 3, 4, 5, 6$), y ϵ_{ijklm} = error aleatorio, $\epsilon_{ijklm} \sim$ Normalmente, idénticamente distribuido (NID) $(0, \sigma_e^2)$.

El efecto de muestreo correspondió a mediciones repetidas en la misma vaca. Para el análisis de datos de CS, se utilizó la transformación logarítmica; sin embargo, las medias se presentan en la escala original. Los datos se analizaron mediante el procedimiento MIXED del *software* SAS® 9.3 (SAS Institute, 2010), con una estructura de covarianza en un modelo autorregresivo integrado de medias móviles. La comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$).

Resultados y discusión

La composición química media del pasto y del alimento comercial se presenta en la tabla 1. Se observaron diferencias de más del doble en el contenido de proteína, menos de la mitad en fibra detergente neutro, menos de una cuarta parte en fibra detergente ácido, y más del triple en el contenido de extracto etérico del alimento comercial en comparación con los forrajes. En el presente estudio, se empleó pasto pará de alta calidad, ya que tiene un alto contenido de proteína y una fibra detergente neutro similar (Alam et al., 2015; Meléndez-Nava, 2012). Los concentrados comerciales tienen alta energía y proteína, presentan poca fibra cruda en comparación con los forrajes y están compuestos de partículas muy pequeñas. Los concentrados con alto contenido proteico tienen más del 18 % de proteína cruda (SNV, 2017).

Tabla 1. Composición química (%) del pasto pará (*Brachiaria mutica*) y del alimento comercial proporcionado a vacas criollas Lechero Tropical en condiciones de pastoreo y suplementación

Componente	Pasto pará	Alimento comercial
Ceniza	10,5 ± 0,6	7,2 ± 0,1
Proteína	9,3 ± 0,6	22,6 ± 0,3
Fibra detergente neutro	74,4 ± 0,5	31,1 ± 0,6
Fibra detergente ácido	48,0 ± 0,7	10,3 ± 0,4
Extracto etérico	1,1 ± 0,1	3,4 ± 0,4

Fuente: Elaboración propia

La diferencia de PL entre tratamientos fue de 1,28 kg/vaca/d a favor de las vacas suplementadas ($p \leq 0,05$, tabla 2), que corresponde al 22 % y representa una diferencia de 153,6 kg de leche durante el periodo de estudio de 120 días, incluso cuando el ITMS fue similar ($p > 0,05$). La PL obtenida en este estudio es superior a la observada en vacas criollas de Veracruz, cuya producción promedio fue de 3,47 kg/vaca/d (Cervantes-Acosta et al., 2015), y en la raza nicaragüense Reyna, con 4,31 kg/vaca/d (Corrales, 2011). La PL en ambos tratamientos (pastoreo y suplementación con alimento comercial) fue menor que los valores registrados en estudios previos sobre vacas LT ordeñadas dos veces al día con valores de 6,91 y 8,09 kg/vaca/d, respectivamente; sin embargo, la PL aumenta alrededor de un 20 % con un segundo ordeño (Domínguez-Pérez et al., 2011). No obstante, los niveles de PL fueron similares a los encontrados en las vacas Suizo Pardo x Cebú bajo pastoreo y en condiciones de suplementación similares (López et al., 2015; Saborío-Montero et al., 2015).

En la zona intertropical con climas cálidos, las vacas Suizo Pardo bajo pastoreo y suplementadas con 4,5 kg/vaca/d de alimento comercial produjeron 7 kg/vaca (Salvador-Loreto et al., 2016). Por otro lado, las vacas *Bos taurus* x *Bos indicus* en pastoreo con *Urochloa* y *Brachiaria*, y en sistemas silvopastoriles con *Brachiaria* sp. y la especie arbustiva *Titbonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray (Asteraceae) a una densidad de 5.000 plantas/ha, suministraron 4,6 y 4,9 kg/vaca/d de leche, con 3,54 % y 3,48 % de grasa, respectivamente (Rivera et al., 2015).

En el estudio actual, las vacas LT mostraron una respuesta a la suplementación y a la capacidad de pastoreo. Aunque la cantidad de alimento comercial suplementado a las vacas que consumieron solo pasto pará logró modificar la relación forraje-concentrado en 90-10, fue suficiente para incrementar

la producción diaria de leche en un 22 %. En el pastoreo de vacas lecheras, la suplementación con alimento comercial puede mejorar la fermentación ruminal debido a su contenido de almidón; sin embargo, la suplementación de ITMS al 5 % con un alimento comercial no mejoró la fermentación ruminal. Esto se logró con una suplementación del 10 % y una mayor producción de gas durante las primeras 24 horas (López et al., 2014). En el estudio actual no se midió la tasa de fermentación del rumen, si bien la suplementación mejoró la fermentación ruminal de las vacas LT debido a una mayor digestibilidad ($p \leq 0,05$, tabla 2). Una mejor digestibilidad puede aumentar la cantidad de ácidos grasos volátiles en el rumen y, específicamente, el propionato aumenta los niveles de glucosa en la sangre (Seymour et al., 2005). Las células de la glándula mamaria usan glucosa para sintetizar la lactosa que regula la cantidad de leche secretada (Campabadal, 1999), lo que puede explicar el aumento de PL en vacas LT suplementadas.

Tabla 2. Comportamiento productivo y rasgos alimentarios de vacas criollas Lechero Tropical en pastoreo y suplementación

Variable	Pasto	Suplementación
Producción de leche (kg/vaca/d)	5,82 ± 0,18 ^b	7,10 ± 0,18 ^a
Ingesta total de materia seca (kg/vaca/d)	13,86 ± 0,49 ^a	14,40 ± 0,47 ^a
Producción de heces (kg/vaca/d)	4,59 ± 0,15 ^b	5,09 ± 0,15 ^a
Digestibilidad total de materia seca (%)	66,2 ± 0,70 ^b	97,3 ± 0,70 ^a

a, b: Las medias con distintas letras en superíndice de la misma fila muestran diferencias estadísticas ($p \leq 0,05$).

Fuente: Elaboración propia

El aumento de la PL en las vacas suplementadas no modifica ($p > 0,05$) la composición química de la leche en ninguno de sus componentes ni su condición sanitaria (tabla 3), de acuerdo con Domínguez-Pérez et al. (2011). Sin embargo, fue suficiente para incrementar significativamente ($p \leq 0,05$) la producción diaria de cada componente a favor de las vacas suplementadas. La grasa es el componente de la leche más fácil de modificar mediante cambios en la dieta, principalmente en la proporción de acetato, propionato y butirato en el rumen (Ramos et al., 1998). Se consigue una disminución de la grasa al superar en un 25 % la proporción de propionato en el rumen (Campabadal, 1999). En el estudio actual, la grasa fue similar en ambos tratamientos ($p > 0,05$), probablemente porque la tasa de alimentación del forraje comercial en vacas suplementadas no modificó la concentración molar de propionato en el rumen; solo aumentó la población de flora ruminal sin alterar la proporción de acetato y propionato de las bacterias productoras.

Las vacas suplementadas también mostraron una mayor producción diaria total por cada componente de la leche ($p \leq 0,05$), debido al efecto multiplicativo de un mayor rendimiento lechero por vaca y día (Domínguez-Pérez et al., 2011). Por otro lado, las cantidades de PG, PP, PSNG y PST superan los valores obtenidos en el presente estudio con $3,8 \pm 0,9$; $3,8 \pm 0,6$; $9,1 \pm 0,6$, y $13,0 \pm 0,9$ g/d, respectivamente (Cervantes-Acosta et al., 2015). Esto puede explicarse por el efecto de la dieta o el aumento de la producción de leche en las vacas LT evaluadas en el presente estudio.

El nivel de NU indica la cantidad de urea en la sangre, que, a su vez, señala la eficiencia en el uso del nitrógeno por parte de la vaca (Sánchez-Salas, 2016). En el estudio actual, el NU estuvo por debajo del rango de 12-15 mg/dL —que se considera adecuado en vacas lecheras (Cerón-Muñoz et al., 2014)— y podría indicar un déficit de proteínas en la dieta. La suplementación alimenticia comercial en vacas LT no modificó el NU ($p > 0,05$). Esto indica que el nivel de suplementación no proporcionó suficientes carbohidratos estructurales para aprovechar el nivel de amoníaco en el rumen de manera más eficiente. El NU disminuyó con el número de lactancia, lo que sugiere un decremento en el metabolismo de los aminoácidos y, en consecuencia, una reducción en la producción de urea en el hígado a medida que aumenta la edad de la vaca (Vargas-Sobrado et al., 2016).

Tabla 3. Composición química y producción de leche de vacas criollas Lechero Tropical en pastoreo y suplementación

Variable	Pasto	Suplementación	EE
Grasa (%)	3,4 ^a	3,4 ^a	0,1
Producción de grasa (g/vaca/d)	20,1 ^b	24,3 ^a	1,2
Proteína (%)	3,4 ^a	3,4 ^a	0,1
Producción de proteínas (g/vaca/d)	19,5 ^b	24,2 ^a	0,7
Lactosa (%)	4,8 ^a	4,9 ^a	0,1
Producción de lactosa (g/vaca/d)	27,8 ^b	34,6 ^a	0,9
Sólidos no grasos (%)	8,9 ^a	9,0 ^a	0,1
Producción de sólidos no grasos (g/vaca/d)	51,5 ^b	63,9 ^a	1,7
Sólidos totales (%)	12,3 ^a	12,4 ^a	0,2
Producción total de sólidos (g/vaca/d)	71,5 ^b	88,2 ^a	2,8
Nitrógeno ureico (mg/dL)	10,4 ^a	10,2 ^a	0,4
Células somáticas (miles/mL)	260,4 ^a	195,2 ^a	78,7

EE: Error estándar. a, b: Las medias con distintas letras en superíndice de la misma fila muestran diferencias estadísticas ($p \leq 0,05$).

Fuente: Elaboración propia

Las vacas de primera lactancia produjeron un 29 % menos de leche ($p \leq 0,05$), aunque con mayor contenido de grasa. Se destaca un recuento bajo de CS que aumentó en las vacas con dos y tres lactancias (tabla 4). Otros estudios mostraron un déficit de 16-26 % de PL en vacas de primera lactancia en comparación con aquellas de lactancias múltiples (Castillo-Umaña et al., 2017; Ríos-Utrera et al., 2015). Sin embargo, en dichas investigaciones, el ganado alcanzó su máxima producción en la tercera lactancia, mientras en el presente estudio las vacas LT la alcanzaron en la segunda.

Tabla 4. Producción y composición química de la leche por lactancia de vacas criollas Lechero Tropical

Variable	Lactancia			
	1	2	3	EE
Producción de leche (kg/vaca/d)	5,55 ^b	7,16 ^a	6,66 ^a	0,23
Grasa (%)	3,9 ^a	3,1 ^b	3,2 ^b	0,2
Producción de grasa (g/vaca/d)	22,0 ^a	22,5 ^a	22,0 ^a	1,6
Proteína (%)	3,5 ^a	3,3 ^a	3,4 ^a	0,1
Producción de proteínas (g/vaca/d)	19,2 ^b	23,4 ^a	22,9 ^a	0,8
Lactosa (%)	4,8 ^a	4,9 ^a	4,7 ^a	0,1
Producción de lactosa (g/vaca/d)	26,5 ^b	35,2 ^a	31,7 ^a	1,1
Sólidos no grasos (%)	9,0 ^a	8,9 ^a	8,9 ^a	0,1
Producción de sólidos no grasos (g/vaca/d)	49,8 ^b	63,7 ^a	59,6 ^a	2,1
Sólidos totales (%)	12,9 ^a	12,0 ^b	12,2 ^{ab}	0,21
Producción total de sólidos (g/vaca/d)	71,8 ^b	86,4 ^a	81,4 ^{ab}	3,5
Nitrógeno ureico (mg/dL)	10,3 ^{ab}	11,4 ^a	9,2 ^b	0,5
Células somáticas (miles/mL)	67,5 ^b	171,0 ^{ab}	445,0 ^a	98,8

EE: Error estándar. a, b, c: Medias con distintas letras en superíndice de la misma fila muestran diferencias estadísticas ($p \leq 0,05$).

Fuente: Elaboración propia

La grasa disminuyó a medida que aumentaron los partos, resultado similar al encontrado en vacas Holstein y Jersey debido a aumentos en la PL y el número de partos. Por el contrario, hubo una relación fenotípica negativa entre la PL y la grasa; para P, L y SNG no hubo diferencias significativas entre las lactancias. En algunos estudios, la P disminuyó a medida que aumentaba el número de lactancias (Vargas-Sobrado et al., 2016). En el estudio actual, el recuento de CS aumentó con el número de lactancias, hallazgo similar al de Mora et al. (2016); a medida que aumenta el número de partos, las vacas están más expuestas a contagios, posibles infecciones y un mayor deterioro del tejido mamario, por lo que la cantidad de células somáticas presentes en la leche podría aumentar.

Conclusiones

La suplementación de 1 kg/vaca/d de alimento comercial por cada 5 kg/vaca/d de leche producida incrementó en un 22 % la producción de leche en vacas de la raza criolla Lechero Tropical en condiciones de pastoreo, sin afectar la composición química de la leche. Por otro lado, el número de lactancias afectó la composición química de la leche. Por lo tanto, es factible mejorar la producción de leche mediante la suplementación sin cambiar su composición.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y al Colegio de Postgraduados de México, por los recursos financieros proporcionados para realizar esta investigación.

Descargos de responsabilidad

Todos los autores hicieron contribuciones significativas a este documento, están de acuerdo con su publicación y declaran no tener ningún conflicto de interés en este estudio.

Referencias

- Alam, M. R., Haque, M. M., Sumi, K. R., & Ali, M. M. (2015). Proximate composition of para-grass (*Brachiaria mutica*) produced in integrated fish-fodder culture system. *Bangladesh Journal of Animal Science*, 44(2), 113-119. <https://doi.org/10.3329/bjas.v44i2.26011>
- Álvarez, H. J., Dichio, L., & Larripa, M. (2007). Suplementación energética en vacas con distintos niveles de producción de leche y asignación de pastura. *Revista Argentina de Producción Animal*, 27(3), 151-157. <https://ppct.caicyt.gov.ar/index.php/rapa/article/view/3714/3418>
- AOAC International. (2005). *Official Methods of Analysis of AOAC International* (18th ed., 4th rev.).
- Campabadal, C. (1999). Factores que afectan el contenido de sólidos de la leche. *Nutrición Animal Tropical*, 5(1), 67-72. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/nutrianimal/article/view/11103/10464>
- Castillo-Umaña, M. A., Alpizar-Naranjo, A., Padilla-Fallas, J., & Keim-San Martín, J. P. (2017). Efecto de la edad a primer servicio, número y época de parto sobre el comportamiento de la curva de lactancia en vacas Jersey. *Nutrición Animal Tropical*, 11(2), 1-22. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/nutrianimal/article/view/31306/31014>
- Cerón-Muñoz, M. F., Henao Velásquez, A. F., Múnica-Bedoya, O. D., Herrera Ríos, A. C., Díaz Giraldo, A., Parra Moreno, A. M., & Tamayo Patiño, C. H. (2014). *Concentración de nitrógeno ureico en leche: interpretación y aplicación práctica*. Fondo Editorial Biogénesis. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/biogenesis/article/view/326014/20783304>
- Cervantes-Acosta, P., Hernández-Beltrán, A., Domínguez-Mancera, B., & Montiel-Palacios, F. (2015). Variation in milk yield and composition in cows in tropic of Veracruz State, Mexico. *Research Opinions in Animal & Veterinary Sciences*, 5(1), 34-37. <http://www.roavs.com/pdf-files/Issue-1-2015/34-37.pdf>
- Church, D. C. (1988). Fecal composition, mathematics of digestion balances and markers. En D. C. Church (Ed.), *The ruminant animal digestive: physiology and nutrition* (pp. 39-57). Prentice Hall.
- Corrales, R. (2011). *Population structure and phenotypic characterization as a basis for conservation and sustainable use of Reyna Creole cattle in Nicaragua* [Tesis doctoral, Swedish University of Agricultural Sciences]. Epsilon Open Archive. <https://pub.epsilon.slu.se/8147/>
- De Alba, J. (2011). *El libro de los bovinos criollos de América*. Ed. Colegio de Postgraduados.
- Domínguez-Pérez, A., Becerril-Pérez, C. M., Rosendo-Ponce, A., & Narciso-Gaytán, C. (2011). Suplementación de vacas criollo Lechero tropical. En *Memorias XXXIX Reunión Asociación Mexicana de Producción Animal*. Chapingo, México.

- García E. (2004). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Geerken, C. M., Calzadilla, D., & González, R. (1987). Aplicación de la técnica de dos marcadores para medir el consumo de pasto y la digestibilidad de la ración de vacas en pastoreo suplementadas con concentrado. *Pastos y Forrajes*, 10(3), 266-273.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias [INIFAP]. (2016). *Datos históricos climatológicos del estado de Veracruz, México*. Laboratorio Nacional de Modelaje y Sensores Remotos.
- López, O., Lamela, L., Montejo, I. L., & Sánchez, T. (2014). Influencia de la suplementación con concentrado en la producción de leche de vacas Holstein x Cebú en silvopastoreo. *Pastos y Forrajes*, 38(1), 46-54.
- López, O., Olivera, Y., Lamela, L., Sánchez, T., Montejo, I. L., Ronquillo, M., & Rojo-Rubio, R. (2015). Efecto de la suplementación con concentrado en la fermentación *in vitro* de dietas para vacas lecheras en silvopastoreo. *Pastos y Forrajes*, 37(4), 426-434.
- Marín, M. P., Meléndez, P. G., Aranda, P., & Ríos, C. (2018). Conjugated linoleic acid content and fatty acids profile of milk from grazing dairy cows in southern Chile fed varying amounts of concentrate. *Journal of Applied Animal Research*, 46(1), 150-154. <https://doi.org/10.1080/09712119.2016.1277729>
- Martínez-Castro, C. J., Cotera Rivera, J., & Abad Zavaleta, J. A. (2012). Características de la producción y comercialización de leche bovina en sistemas de doble propósito en Dobladero, Veracruz. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 16(30), 816-824. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.120307>
- Martínez-González, J. C., Tewolde-Medhin, A., & Castillo-Rodríguez, S. P. (2008). Suplementación de concentrado en la producción de leche y peso vivo de vaquillas de doble propósito de primer parto. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 12(2), 59-64. <http://ww.ucol.mx/revaia/portal/pdf/2008/mayo/5.pdf>
- Meléndez-Nava, F. (2012). *Principales forrajes para el trópico*. Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Forestal y Pesca.
- Mora, M. G., Vargas, B., Romero, J. J., & Camacho, J. (2016). Efecto de factores genéticos y ambientales sobre el recuento de células somáticas en ganado lechero de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 40(2), 7-18. http://www.mag.go.cr/rev_agr/v40n02_007.pdf
- Muñoz, H., & Deaton, O. W. (1981). Producción de leche en cruzamientos con ganado criollo. En B. Müller-Haye, & J. Gelman (Eds.), *Recursos genéticos animales en América Latina. Ganado criollo y especies de altura* (pp. 44-50). Estudio FAO: Producción y Sanidad Animal 22. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación; Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- Ramos, R., Pabón, M. L., & Carulla, J. (1998). Factores nutricionales y no nutricionales que determinan la composición de la leche. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 46(2), 2-7. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/remevez/article/view/43331>
- Razz, R., & Clavero, T. (2007). Efecto de la suplementación con concentrado sobre la composición química de la leche en vacas doble propósito pastoreando *Panicum maximum* – *Leucaena leucocephala*. *Revista Científica FCV*, 17(1), 53-57. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/cientifica/article/view/15256>

- Ríos-Utrera, A., Hernández-Hernández, V. D., Amezcua-Manjarréz, E. V., & Zárate-Martínez, J. P. (2015). Producción láctea de vacas Simmental x Cebú y Suizo Pardo x Cebú en clima tropical. *Agronomía Mesoamericana*, 26(1), 17-25. <https://doi.org/10.15517/AM.V26I1.16891>
- Rivera, J. E., Cuartas, C. A., Naranjo, J. F., Tafur, O., Hurtado, E. A., Arenas, F. A., Chará, J., & Murgueitio, E. (2015). Efecto de la oferta y el consumo de *Titbonia diversifolia* en un sistema silvopastoril intensivo (SSPi), en la calidad y productividad de leche bovina en el Piedemonte Amazónico colombiano. *Livestock Research for Rural Development*, 27(10). <https://lrrd.cipav.org.co/lrrd27/10/rive27189.html>
- Rosendo-Ponce, A., & Becerril-Pérez, C. M. (2015). Avance en el conocimiento del bovino criollo Lechero Tropical en México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 2(5), 233-249. <https://doi.org/10.19136/era.a2n5.760>
- Saborío-Montero, A., Arguedas-Sánchez, R., & Monge-Maroto, J. J. (2015). Respuesta en producción de leche relacionada al nivel de inclusión de alimento concentrado en la dieta de vacas lecheras de fincas asociadas a productores de Monteverde S. A. *Nutrición Animal Tropical*, 9(2), 49-64. <https://doi.org/10.15517/nat.v9i2.21463>
- Salvador-Loreto, I., Arriaga-Jordán, M., Estrada-Flores, J. G., Vicente-Mainar, F., García-Martínez, G., & Albarrán-Portillo, B. (2016). Molasses supplementation for dual-purpose cows during the dry season in subtropical Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 48(3), 643-648. <https://doi.org/10.1007/s11250-016-1012-y>
- Sánchez-Salas, J. (2016). Nitrógeno ureico en leche: importancia, determinación y relación con otros componentes lácteos. *Nutrición Animal Tropical*, 10(2), 20-37. <https://doi.org/10.15517/nat.v10i2.26111>
- Santellano-Estrada, E., Becerril-Pérez, C. M., Chang, Y. M., Gianola, D., Torres-Hernández, G., Ramírez-Valverde, R., Domínguez-Viveros, J., & Rosendo-Ponce, A. (2011). Caracterización de la lactancia y evaluación genética del ganado criollo Lechero Tropical utilizando un modelo de regresión aleatoria. *Agrociencia*, 45(2), 165-175. <https://agrociencia-colpos.mx/index.php/agrociencia/article/view/868>
- SAS Institute. (2010). *User's guide: statistic*. Version 9.4 for Windows. SAS Institute Inc.
- Seymour, W. M., Campbell, D. R., & Johnson, Z. B. (2005). Relationships between rumen volatile fatty acid concentrations and milk production in dairy cows: a literature study. *Animal Feed Science and Technology*, 119(1-2), 155-169. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2004.10.001>
- SNV. (2017). *Dairy cattle feeding and nutrition management. Training package for dairy extension workers*. https://snv.org/cms/sites/default/files/explore/download/dairy_cattle_feeding_and_nutrition_management_training_manual_and_guideline_0.pdf
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (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)
- Vargas Sobrado, D., Murillo Herrera, J., Hueckmann Voss, F., & Romero Zúñiga, J. J. (2016). Valores de la relación grasa/proteína y nitrógeno ureico en leche de vacas lecheras de la zona norte de Alajuela y Heredia, Costa Rica. *Ciencias Veterinarias*, 34(2), 67-80. <https://doi.org/10.15359/rcv.34-2.1>