



El horario de complementación alimenticia modifica la respuesta productiva de cabras lecheras en pastoreo

Lorenzo Danilo Granados-Rivera¹ ; Jorge Alonso Maldonado-Jáquez^{2*} ; Yuridia Bautista-Martínez³ ; Jonathan Raul Garay-Martínez⁴ ; María Genoveva Álvarez-Ojeda⁵ .

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental General Terán. Nuevo León, México.

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental La Laguna. Coahuila, México.

³Universidad Autónoma de Tamaulipas. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Tamaulipas, México.

⁴Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Las Huastecas. Tamaulipas, México.

⁵Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Río Bravo. Tamaulipas, México.

*Correspondencia: maldonado.jorge@inifap.gob.mx

Recibido: Abril 2021; Aceptado: Octubre 2021; Publicado: Diciembre 2021.

RESUMEN

Objetivo. Evaluar el efecto del horario de complementación con un alimento integral sobre la producción y composición química de la leche de cabras lactantes en condiciones de pastoreo en el norte de México. **Materiales y métodos.** Doce cabras Saanen adultas se asignaron en forma equitativa y aleatoria a tres tratamientos: testigo, complementación Mañana y complementación Tarde. Se midió consumo de materia seca (MS), peso vivo (PV), condición corporal (CC), producción de leche (PL), composición química y rendimiento de los componentes de la leche (proteína, lactosa y grasa). **Resultados.** El consumo mayor de MS total se obtuvo en las cabras complementadas por la tarde ($p=0.02$), y también fueron las que produjeron mayor cantidad de leche ($p<0.0001$). Las concentraciones de proteína ($p=0.07$) y lactosa ($p=0.10$) en leche no se modificaron por efecto de tratamientos. El contenido de grasa en leche de las cabras del grupo testigo fue mayor ($p<0.05$) que en los tratamientos con complementación. **Conclusiones.** La complementación por la tarde mejoró la respuesta productiva de cabras lactantes en pastoreo durante la época seca en el norte de México.

Palabras clave: Alimentación complementaria; leche; materia seca; zonas áridas (*Fuente: CAB*).

ABSTRACT

Objective. The objective of this study was to evaluate the effect of the complementation schedule with an integral food in the production and chemical composition of the milk of lactating goats under grazing conditions in northern Mexico. **Materials and methods.** Twelve adult Saanen goats were assigned equitably and randomly to three treatments: control, morning complementation and evening complementation. It was measured dry matter consumption (DM), live weight (LW), body condition (CC), milk production (PL), chemical composition and performance of milk (protein, lactose and fat). **Results.** The highest total DM consumption was obtained in goats supplemented in the afternoon ($p=0.02$), and they were also the ones that produced the highest milk quantity ($p<0.0001$). The

Como citar (Vancouver).

Granados-Rivera LD, Maldonado-Jáquez JA, Bautista-Martínez Y, Garay-Martínez JR, Álvarez-Ojeda MG. El horario de complementación alimenticia modifica la respuesta productiva de cabras lecheras en pastoreo. Rev MVZ Córdoba. 2022; 27(1):e2340. <https://doi.org/10.21897/rmvz.2340>



©El (los) autor (es) 2021. Este artículo se distribuye bajo los términos de la licencia internacional Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>), que permite a otros distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir de su obra de modo no comercial, siempre y cuando den crédito y licencien sus nuevas creaciones bajo las mismas condiciones.

concentrations of protein ($p=0.07$) and lactose ($p=0.10$) in milk were not modified due to treatments. In contrast, the fat content in milk of the goats of the control group was higher ($p<0.05$) than the supplementation treatments. **Conclusiones.** Complementation in the afternoon improved the productive response of lactating goats in grazing during the dry season in northern Mexico.

Keywords: Complementary feeding; milk; dry matter; arid lands (*Fuente: CAB*).

INTRODUCCIÓN

La producción caprina en el norte de México se realiza bajo pastoreo extensivo, ya que el agostadero es una fuente de forraje económica y su uso disminuye los costos de producción (1,2). Sin embargo, la rutina de pastoreo incluye largas caminatas diurnas con las cabras y por la tarde los animales son resguardados en corrales aledaños a la vivienda del productor, en este sistema de pastoreo las tierras utilizadas son de uso comunal, además, las cabras se protegen de depredadores y robo, y se evita que causen daño en áreas de cultivo (3). Este esquema de manejo no es exclusivo de México, y es ampliamente utilizado en el mundo para alimentar ovinos y caprinos, en particular en países en vías de desarrollo (4) y algunas áreas de países desarrollados, como la región mediterránea de Italia (5).

Debido a que las cabras pastorean alrededor de 7 h por día, en las épocas de mayor escasez de forraje, esta larga rutina de pastoreo puede ocasionar un bajo consumo de materia seca (6,7). Así mismo, esta restricción en el acceso al forraje altera el patrón circadiano natural de la actividad de pastoreo, ya que la mayor actividad de los rumiantes para alimentarse, se alcanza justo antes del amanecer y al atardecer, aun y cuando los rumiantes poseen la capacidad de auto regular su consumo (8,9). Debido a lo anterior, se espera una baja respuesta productiva en las cabras que se encuentran bajo este sistema y, si el objetivo de la producción incluye incrementar la productividad, es necesario ofrecer complementos alimenticios para ayudar a los animales a cubrir sus requerimientos nutricionales.

Al respecto, Maldonado-Jáquez et al (7) incluyeron 1 kg de alimento integral por cabra por día en la dieta de lecheras en pastoreo, con lo que incrementaron en 100 % la producción de leche. Sin embargo, se observó una disminución en el consumo de forraje que se consumía en el agostadero, el cual se pudo deber a un efecto sustitutivo, ya que el alimento se ofreció por la

mañana, justo antes de que las cabras salieran a pastorear y después de un prologando ayuno (hasta 17 horas). En este sentido, algunos estudios concluyen que un incremento en la frecuencia de la oferta de complementos alimenticios a rumiantes en pastoreo tiene ventajas con respecto a un solo ofrecimiento, en donde por ejemplo, se promueve estabilidad en el pH ruminal (10).

Sin embargo, los productores de los sistemas caprinos extensivos, de manera común rechazan la adopción de tecnologías que dupliquen labores y en consecuencia aumenten la carga de trabajo (3), ya que además de pastorear, el productor debe atender otras prioridades de índole personal y laboral (1). En este sentido, es prioritario generar estrategias que ayuden al productor a hacer eficiente el sistema de producción sin incrementar la cantidad de trabajo, y los costos de producción (11), sobre todo bajo los esquemas de producción extensiva en donde el tamaño de los rebaños limita el desarrollo y adopción de esquemas de manejo mejorados (12). Esto ha ocasionado que se plantee la hipótesis de que al ofrecer el complemento alimenticio en un determinado horario, se optimiza la respuesta productiva de las cabras. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del horario de complementación (mañana o tarde) con un alimento integral en la producción y calidad composicional de la leche de cabras lactantes bajo condiciones de pastoreo extensivo durante la época seca en el norte de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Todos los métodos utilizados, así como el manejo de los animales utilizados en este estudio están estrictamente apegadas a los lineamientos aceptados para el uso ético, cuidado y bienestar de los animales utilizados en investigación de acuerdo a la American Dairy Science Association (13), Academia Nacional de Medicina (14) e Institucional mexicano con la aprobación del proyecto "Desarrollo de estrategias alimenticias para incrementar la producción y calidad

nutricional de la leche de cabra del sistema extensivo en el estado de Nuevo León”.

Sitio experimental y manejo del rebaño. El estudio se realizó durante la época seca en el norte de México, en una unidad de producción caprina privada del ejido Los Medinas, Dr. Arroyo, Nuevo León, México. Esta época coincide con el periodo de menor disponibilidad de forraje (15). El clima predominante es templado subhúmedo frío Cb (w1) (i') w", con lluvias en verano, una precipitación promedio anual de 600 a 800 mm y una temperatura media de 12 a 18°C (16). El manejo de las cabras se realizó de acuerdo con un esquema de producción extensivo, donde el manejo sanitario se limita a la disponibilidad de recursos económicos del productor, el cual incluye solo el control de parásitos internos y externos cada seis meses. La alimentación fue a través de pastoreo con una rutina de 7 h d⁻¹ (11:00 a 18:00 horas) y por la tarde, las cabras regresaron a corrales de descanso y tuvieron acceso libre a agua y sales minerales.

Cabras y tratamientos. Doce cabras Saanen adultas (2 y 3 partos) se asignaron de forma aleatoria a tres grupos experimentales homogéneos en PV, CC, número de partos y producción inicial de leche, en un diseño de bloques completos al azar. Grupo 1) testigo (n=4; 33.9±9.5 kg PV; 1.6±0.1 (CC); 2.5±1.7 partos; producción inicial de leche 479.2±258.2 g cabra d⁻¹; 142±19 d en lactancia); Grupo 2-Mañana) complementación con alimento integral por la mañana (n=4; 34.1±9.3 kg PV; 1.3±0.1 CC; 2.0±0.8 partos; producción inicial de leche 483.7±152.4 g cabra d⁻¹; 153± 21d en lactancia); y Grupo 3-Tarde) complementación con alimento integral por la tarde (n=4; 33.2±6.9 kg PV; 1.5±0.2 CC; 2.4±1.2 partos; producción inicial de leche 487.5±251.2 g cabra d⁻¹; 136±18 d en lactancia).

Las cabras del grupo testigo se alimentaron solo a través del pastoreo y no recibieron ningún tipo de alimentación complementaria. Las cabras de los grupos Mañana y Tarde recibieron 1 kg cabra d⁻¹ de alimento integral, en base húmeda. Las cabras del grupo mañana, tuvieron acceso al complemento en horario de 6:00 a 8:00h y las cabras del grupo Tarde tuvieron acceso al complemento entre 19:00 a 21:00h. El experimento tuvo una duración de 45 días. La ordeña de las cabras se realizó cada semana de forma manual en un horario entre 7:00 y 8:00h. El alimento integral utilizado como complemento se muestreo cada 15 días en tres repeticiones.

Del mismo modo, las especies vegetales nativas que consumían las cabras fueron identificadas de acuerdo a la metodología descrita por Toyés-Vargas et al (17). Se identificaron especies como *Acacia* spp., *Atriplex* spp., *Senna* spp., *Dalea bicolor*, *Cirsium arvense*, *Parthenium incanum*. Las muestras del alimento integral se secaron en una estufa de aire forzado a una temperatura de 65°C hasta peso constante y posteriormente se molieron en un molino de martillos con criba de 5 mm y se enviaron al laboratorio (AGROLAB, Gómez Palacio, Durango, México) en donde se realizó un análisis básico con un equipo de espectroscopia de infrarojo cercano (NIR) (Tabla 1), el cual se basa en la quimio métrica, asociando la luz absorbida en una muestra de alimento con la composición química de la misma (18), los valores de energía neta de mantenimiento (ENm) energía neta de lactación (ENI) se calcularon de acuerdo a las ecuaciones propuestas por el NRC (19).

Tabla 1. Ingredientes y composición química del alimento integral utilizado como complemento de la dieta en cabras lactantes en pastoreo el norte de México en diferentes horarios.

Ingrediente	%	Composición química	%
Heno de alfalfa	32.0	Materia seca	93.3
Rastrojo de maíz	8.0	Proteína cruda	20.1
Grano de maíz	17.1	Fibra detergente neutro	32.7
Grano de sorgo	17.1	Fibra detergente ácido	19.2
Salvado de trigo	9.0	NTD [†]	76.3
Pasta de soya	9.0	ENm [¶] (Mcal EM kg ⁻¹ MS)	1.9
Urea	1.2	ENI [*] (Mcal EM kg ⁻¹ MS)	1.7
Melaza	4.8		
Premezcla mineral [§]	1.8		

[†] NTD: nutrientes digestibles totales, [¶] ENm: energía neta para mantenimiento, ^{*} ENI: energía neta para lactancia. [§] Premezcla mineral Ovi3ways® Grupo BIOTECAP.

Consumo de forraje. Para determinar el consumo de forraje en el agostadero se utilizó óxido de cromo (Cr₂O₃) como marcador externo y cenizas insolubles en ácido como marcador interno (20). Esto se midió durante los últimos quince días del periodo experimental. Las cabras recibieron 6 g de sesquióxido de cromo (Cr₂O₃) a través de una cápsula que se introdujo de manera directa en la boca de cada cabra para asegurar su consumo total. Las heces se obtuvieron durante cinco días alternos del

periodo experimental en forma directa del recto de la cabra y se congelaron para su análisis en el laboratorio. La determinación de cromo se realizó en las muestras de heces. La producción fecal diaria se calculó de acuerdo con la siguiente fórmula (20):

$$\text{Producción fecal, MS (g d}^{-1}\text{)} = (\text{Dosis de Cr}_2\text{O}_3 \text{ (g d}^{-1}\text{)}) / (\text{Concentración de Cr}_2\text{O}_3 \text{ en heces (g g}^{-1}\text{ MS)})$$

Con el resultado anterior, se estimó el consumo de forraje en el agostadero (g MS d⁻¹) de acuerdo a la siguiente fórmula (20):

$$\text{Consumo MS en el agostadero (g d}^{-1}\text{)} = ([\text{CIA}_H \times \text{PTH}] - [\text{CIA}_C \times \text{CTC}]) / \text{CIA}_P$$

donde, CIA_H: concentración de cenizas insolubles en ácido (CIA) en heces (g kg⁻¹ MS), PTH: producción total de heces, usando Cr₂O₃ como marcador externo (g d⁻¹), CIA_C: concentración de CIA del alimento integral (g kg⁻¹ MS), CTC: consumo total del alimento integral (g), CIA_P: concentración de CIA en el forraje del agostadero (g g⁻¹ MS). La tasa de sustitución se estimó utilizando una regresión lineal entre la ingesta de forraje y el alimento integral.

El alimento integral ofrecido y rechazado se registró cada día durante el periodo experimental, y por diferencia se determinó el consumo diario de alimento integral. El consumo total de MS se determinó sumando la cantidad de MS del forraje del agostadero y el alimento integral consumido por cabra por día.

Prueba productiva y análisis de calidad de leche. Las variables PV, CC, PL, concentración de grasa, proteína y lactosa en leche se midieron una vez por semana durante seis semanas. El PV se midió con una báscula electrónica colgante (Rhino, Guadalajara, México) con capacidad de 300 kg ± 100 g. La CC se midió en una escala de 1 a 4, de acuerdo a la metodología descrita por Rivas-Muñoz et al (22) la cual considera 1 como una cabra emaciada y 4 una cabra obesa. La PL se midió en cada cabra una vez por semana y se expresó en gramos (g), para ello se usó una báscula electrónica comercial tipo gancho (Metrology®, Nuevo León, México) con capacidad de 45 kg ± 5 g. La calidad de leche se evaluó con una muestra (50 ml) de la producción individual, misma que fue tomada a mitad de la rutina de ordeño, para su análisis se utilizó el equipo Milkoscope Expert Automatic® (Razgrad,

Bulgaria) el cual fue calibrado específicamente para leche de cabra y se midieron las variables: grasa, proteína y lactosa.

Análisis estadístico. Para el análisis estadístico se utilizó un modelo de medidas repetidas en el tiempo para las variables PV, CC, PL y composición química de la leche (grasa, proteína y lactosa) a través del procedimiento MIXED del paquete estadístico SAS (SAS, NY, USA). Asimismo, se obtuvieron los criterios de información -2Log Verosimilitud, Bayesiano de Schwartz y Akaike, con los que se determinó la estructura de covarianza más adecuada para cada variable. La comparación de medias de mínimos cuadrados se realizó a través de la prueba de Tukey ajustada. Los datos de consumo de materia seca y alimento integral se analizaron como un diseño de bloques completos al azar, utilizando el procedimiento GLM y la prueba de Tukey ajustada para la comparación de medias. La estructura general del modelo fue:

$$Y_{ijkl} = \mu + R_{i(j)} + T_j + S_k + T_j * S_k + E_{ijkl}$$

Dónde: Y_{ijkl}: variable dependiente (PV, CC, PL, grasa, proteína ó lactosa); μ: constante que caracteriza a la población; R_{i(j)}: efecto aleatorio del *i*-ésimo animal anidado en el *j*-ésimo tratamiento (i=1, 2,3...4), T_j: efecto fijo del *j*-ésimo tratamiento (j=1,2,3) S_k: efecto fijo de la *k*-ésima semana de tratamiento (k=1, 2...,6); T_j*S_k: efecto de la interacción tratamiento*semana; E_{ijkl}: error aleatorio. Todos los componentes aleatorios se supusieron normalmente distribuidos.

RESULTADOS

Consumo de materia seca. Se encontró un mayor consumo de forraje en el agostadero por parte del grupo testigo (p<0.05) del orden de 22.7%, respecto de los grupos que recibieron complementación alimenticia. Con respecto al consumo del complemento, las cabras del grupo Tarde consumieron 30% más alimento integral que las cabras del grupo Mañana (p<0.05). El mayor consumo de MS total (p<0.05) se encontró en el grupo Tarde (Tabla 2). En forma independiente al horario de complementación, se detectó un efecto de sustitución en las cabras del grupo Mañana del orden de 21.5% (p≤0.05) y en cabras complementadas por la tarde dicho efecto fue de 24% (p≤0.05).

Tabla 2. Consumo de materia seca en forraje y complemento alimenticio en cabras lactantes complementadas por la mañana y por la tarde.

Variable	Testigo	Mañana	Tarde	EEM	P-Valor
Consumo de forraje (kg d ⁻¹)	1.31 ^a	0.89 ^b	0.87 ^b	0.04	0.0027
Consumo de alimento integral (kg d ⁻¹)	0.00	0.49 ^b	0.78 ^a	0.06	0.0014
Consumo de materia seca total (kg d ⁻¹)	1.31 ^b	1.38 ^b	1.65 ^a	0.03	0.0216

EEM=Error estándar de la media; ^{abc}Literales diferentes entre columnas indican diferencia estadística ($p < 0.05$).

Peso vivo, condición corporal y producción de leche.

No se encontraron diferencias en peso vivo entre tratamientos ($p > 0.05$). Sin embargo, la condición corporal disminuyó ($p \leq 0.05$) en las cabras complementadas por la tarde respecto de las cabras complementadas por la mañana. Así mismo, la producción de leche fue mayor

($p < 0.0001$) en las cabras complementadas por la tarde, así mismo, la menor producción de leche se observó en el grupo testigo (Tabla 3).

Composición química y rendimiento de componentes en leche.

La tabla 4 muestra los resultados de composición química y rendimiento de los componentes de la leche (expresado en gramos de grasa, proteína o lactosa presentes en cada kilogramo de leche producida). Al respecto, para la composición de la leche, se observaron diferencias solo en concentración de grasa en leche ($p < 0.0001$); el grupo testigo presentó los mayores valores y en los grupos que recibieron complementación alimenticia no hubo diferencias ($p > 0.05$), en forma independiente al horario en que lo recibieron. Por otra parte, al analizar el rendimiento de los componentes que están presentes en la leche, se encontraron efectos de interacción tratamiento por tiempo y diferencias en grasa, proteína y lactosa entre los tres grupos ($p < 0.05$), al respecto, los mayores valores se encontraron en el grupo Tarde y los menores valores se encontraron en el grupo Testigo.

Tabla 3. Comportamiento productivo de cabras lactantes complementadas por la mañana o por la tarde utilizando un alimento integral.

Variable	Testigo	Mañana	Tarde	P-Valor		
				Trat	Tiempo	Trat*S
PV (kg)	35.9	35.85	37.9	0.9121	<0.0001	0.0654
CC	1.6 ^{ab}	1.7 ^a	1.5 ^b	0.0454	<0.0001	0.0756
PL(g d ⁻¹)	449.0 ^b	632.5 ^{ab}	833.9 ^a	<0.0001	0.0004	0.0665

PV= peso vivo; CC= condición corporal; PL= Producción de leche; Trat= Efecto del tratamiento; Trat*S= Efecto de la interacción tratamiento por semana; ^{abc}Literales diferentes entre columnas indican diferencia estadística ($p < 0.05$).

Tabla 4. Composición y rendimiento de los componentes de la leche de cabras complementadas por la mañana o por la tarde utilizando un alimento integral.

Variable	Testigo	Mañana	Tarde	P-Valor		
				Trat	Tiempo	Trat*S
Composición de la leche (g kg ⁻¹)						
Grasa	50.3 ^a	40.3 ^b	39.1 ^b	<0.0001	0.6801	0.1422
Proteína	33.0	32.8	32.0	0.0780	<0.0001	0.3500
Lactosa	49.4	49.0	47.9	0.1066	<0.0001	0.3677
Rendimiento de los componentes de la leche (g d ⁻¹)						
Grasa	22.4 ^c	25.5 ^b	32.5 ^a	<0.001	<0.001	<0.001
Proteína	14.8 ^c	20.1 ^b	26.5 ^a	<0.001	<0.001	<0.001
Lactosa	22.2 ^c	30.8 ^b	39.8 ^a	<0.001	<0.001	<0.001

Trat= Efecto del tratamiento; Trat*S= Efecto de la interacción tratamiento por semana; ^{abc}Literales diferentes entre columnas indican diferencia estadística ($p < 0.05$).

DISCUSIÓN

El consumo mayor de especies vegetales en el agostadero por cabras del grupo testigo comparado con las cabras complementadas, probablemente se debió a que el pastoreo fue el único método de alimentación para este grupo. Por lo tanto, es probable que su actividad de pastoreo fue más intensa en comparación con las cabras que recibieron una complementación alimenticia, sin embargo, cabe señalar que cuando los animales pastorean praderas con baja calidad o cantidad de forraje durante un mayor tiempo, el efecto positivo de alimentación se nulifica en términos de respuesta productiva (5). Por otra parte, a pesar de consumir más forraje en el agostadero, el consumo de materia seca total en el grupo testigo fue inferior que las cabras que consumieron el complemento por la tarde. Al respecto, el porcentaje de MS total consumida en relación con el PV de las cabras en el grupo testigo fue de 3.6%, en contraste con 4.3% que consumieron las cabras complementadas por la tarde. En cabras lactantes, se ha documentado que para hacer óptima la producción de leche y mantener una buena condición para la siguiente lactancia, el consumo de MS total debe ser de alrededor de 4% del PV de las cabras (23,24), valor que es similar al consumo observado en cabras complementadas por la Tarde.

La diferencia de consumo del complemento entre los grupos Mañana y Tarde puede explicarse por una interacción entre diferentes efectos fisiológicos y etológicos en las cabras complementadas y donde el efecto de sustitución es la respuesta más precisa. Lo anterior, tiene relación con el elevado contenido de energía del suplemento, ya que cuando se complementa a cabras lactantes con ingredientes densos en energía como granos de cereales, melaza, grasas o aceites vegetales, se sustituyen los nutrientes provenientes del pastoreo (25). Asimismo, estas diferencias podrían deberse al propio sistema de producción, en particular, a los periodos de ayuno prolongados (≈ 17 horas) a los que se someten las cabras (1). En este sentido, se sabe que la restricción del tiempo asignado al pastoreo (26) o al acceso al alimento en sistemas confinados (27) influye en el comportamiento de ingestión en rumiantes. A este respecto, los animales en pastoreo bajo este esquema de manejo, compensan el acceso al pastoreo o al poco alimento en la época seca a través de mayor tamaño y tasa de bocado. En consecuencia, la actividad de alimentación y la tasa de ingesta aumentan de forma lineal

a medida que disminuye el tiempo de acceso al pastoreo (5) o al alimento (27). Con base en lo anterior, el hecho de que las cabras del grupo Mañana consumieran menos complemento que las cabras del grupo Tarde, podría deberse a que el tamaño de bocado y la velocidad de bocado hacia el complemento fuese mayor en el segundo grupo, pues de alguna manera, estos animales identificaban que no tendrían acceso a ningún tipo de alimento durante ≈ 17 horas. En cambio, las cabras a las que se les ofrecía el complemento por la mañana, salían a pastorear de forma inmediata.

Por otra parte, se sabe que cuando se pierde condición corporal por efecto de movilización de tejido adiposo se puede o no observar pérdida de PV, ya que el tejido adiposo tiene valores altos de volumen y densidad de energía (28). Lo anterior, se sustenta con nuestros resultados, ya que las cabras que perdieron condición corporal (grupo Tarde) fueron las que produjeron mayor cantidad de leche. Con ello, se degrada tejido adiposo para sintetizar cantidades mayores de leche, y esto, puede o no verse reflejado en la pérdida de PV en los animales (28).

La producción mayor de leche observada en cabras del grupo Tarde, se explica por un mayor consumo de MS total. Lo cual, promueve una disponibilidad mayor de nutrientes para la síntesis de leche. Además, debido a que las cabras complementadas por la tarde no consumieron ningún otro alimento después de la complementación, es probable que, la tasa de paso del alimento en el rumen se redujera, y esto permitió que los nutrientes permanecieran en el rumen durante un mayor período de tiempo haciendo un uso más eficiente del alimento, lo que supone un mejor aprovechamiento de los nutrientes en el tracto gastrointestinal tal como lo señalan López et al (29).

La respuesta por efecto de la dieta en la composición de la leche es variada. Al respecto, el incremento del rendimiento de los componentes de la leche como consecuencia de la inclusión de un complemento alimenticio, independientemente del horario de complementación, se explica por un incremento en la producción de leche, aunque sin cambios en las concentraciones de proteína ni lactosa, los cuales generalmente no se modifican por efecto de la dieta (30) de manera similar a lo observado en el presente estudio.

En cambio, la concentración de grasa en leche se manipula con mayor facilidad a consecuencia

de la dieta (31), esto explica el hecho de que la grasa haya sido el único componente lácteo que se modificó por efecto del tratamiento. Lo cual puede tener explicación por dos vías principales, en la primera, las cabras del grupo Testigo presentaron la mayor cantidad de grasa, debido a que sólo se alimentaron a través del pastoreo, con lo cual, la producción en rumen de acetato y butirato probablemente fue mayor y al ser precursores lipogénicos, provocaron una síntesis mayor de grasa en leche (32). La segunda hipótesis explica que las cabras complementadas, produjeron una mayor concentración de ácido linoleico conjugado (ALC) (debido a los ingredientes que componen el alimento integral) (33), y como consecuencia del isómero *trans*-10, *cis*-12 del ALC que inhibe la expresión génica de enzimas lipogénicas en la glándula mamaria, se redujo la concentración de grasa en leche de las cabras complementadas (34).

En conclusión, ofrecer un complemento alimenticio a cabras lactantes en pastoreo ya sea por la mañana o por la tarde, mejora la respuesta productiva en términos de producción y rendimiento de los componentes de calidad de leche, sin embargo, los mejores resultados se observaron en la complementación vespertina respecto de la complementación matutina.

Por lo anterior, bajo las condiciones de pastoreo extensivo del norte de México, se recomienda ofrecer un alimento integral como complemento alimenticio por la tarde a cabras lactantes en pastoreo para incrementar producción y rendimiento de componentes de la leche durante la época seca.

Conflicto de intereses

Los autores de este estudio declaramos que no existe conflicto de intereses con la publicación del presente manuscrito

Agradecimientos

Se agradece a INIFAP, por el financiamiento del proyecto "Desarrollo de estrategias alimenticias para incrementar la producción y calidad nutricional de la leche de cabra del sistema extensivo en el estado de Nuevo León" y especialmente a los productores cooperantes por su invaluable apoyo en la realización del presente estudio.

REFERENCIAS

1. Salinas-González H, Valle- Moysen ED, De Santiago-Miramontes MA, Veliz-Deras FG, Maldonado-Jáquez JA, Vélez-Monroy LI, Figueroa-Viramontes U. Análisis descriptivo de unidades caprinas en el suroeste de la región Lagunera, Coahuila, México. *Interciencia*. 2016; 41:763–768. <https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2017/10/763-SALINAS-41-11.pdf>
2. Gutiérrez-Gutiérrez OG, Morales-Nieto CR, Villalobos-González JC, Ruíz-Barrera O, Ortega-Gutiérrez O, Palacio-Núñez J. Composición botánica y valor nutritivo de la dieta consumida bovinos en una área invadida por pasto rosado [*Melinis repens* (willd.) Zizka]. *Rev Mex Cienc Pecu*. 2019; 10(1):212-226. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i1.4451>
3. Escareño L, Salinas-González H, Wurzinger M, Iñiguez L, Sölkner J, Meza-Herrera CA. Dairy goat production systems. *Trop Anim Health Prod*. 2012; 45:17–34. <https://doi.org/10.1007/s11250-012-0246-6>
4. Alam-Bhuiyan MS, Haque-Bhuiyan AK, Heon-Lee J, Hwan-Lee S. Community based livestock breeding programs in Bangladesh: Present status and challenges. *JABG*. 2017; 1(2):77-84 <https://doi.org/10.12972/jabng.20170009>
5. Valenti B, Marletta D, De Angelis A, Di Paola F, Bordonaro S, Avondo M. Hbage intake and milk yield in Comisana ewes as effect of 4 vs 7 h of grazing during late lactation. *Trop Anim Health Prod*. 2017; 49:989-994. <https://doi.org/10.1007/s11250-017-1287-7>

6. Mburu M, Mugendi B, Makhoka A, Muhoho S. Factors affecting Kenya Alpine dairy goat milk production in Nyeri region. *J Food Res.* 2014; 3(6):160-167. <http://dx.doi.org/10.5539/jfr.v3n6p160>
7. Maldonado-Jáquez JA, Granados-Rivera LD, Hernández-Mendo O, Pastor-López FJ, Isidro-Requejo LM, Salinas-Gonzalez H, Torres-Hernández G. Uso de un alimento integral como complemento a cabras locales en pastoreo: respuesta en producción y composición química de la leche. *Nova Scientia.* 2017; 18: 55-75. <https://doi.org/10.21640/ns.v9i18.728>
8. Mantino A, Cappucci A, Anecchini F, Volpi I, Bargagli E, Bonari E, et al. An on-farm rotational grazing trial: Restricting access time to pasture did not affect the productivity of dairy sheep flock in spring. *IJA.* 2021; 16:1711. <https://doi.org/10.4081/ija.2020.1711>
9. Page AJ, Cristie S, Symonds E, Li H. Circadian regulation of appetite and time restricted feeding. *Physiology and Behavior.* 2020; 220:112873. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2020.112873>
10. Avendaño L, Álvarez FD, Correa A, Torrentera NG, Torres V, Ray DE. Frecuencia de alimentación e iluminación nocturna y productividad de vaquillas para engorda en verano. *Arch Zoot.* 2011; 60:1247-1254. <http://dx.doi.org/10.4321/S0004-05922011000400039>
11. Rodríguez-Hernández K, Maldonado-Jáquez JA, Granados-Rivera LD, Sánchez-Duarte JI, Domínguez-Martínez PA, et al. Finishing lambs using an integral feed under a restricted-feeding program in an intensive production system in northern Mexico. *Austral J Vet Sci.* 2019; 51:105-111. <https://doi.org/10.4067/s0719-81322019000300105>
12. Sánchez-Gutierrez RA, Granados-Rivera LD, Salinas-González H, Maldonado-Jáquez JA, Hernández-Leal E, Cigarroa-Vázquez FA. Selección preliminar de cabras Blanca Celtibérica mediante una técnica multivariada. *Zootecnia Tropical.* 2021; 39:e4484416. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4484415>
13. ADSA. American Dairy Science Association. Guide for the care and use of agricultural animals in research and teaching, 4th ed. Champaign, IL; 2020. https://www.asas.org/docs/default-source/default-document-library/agguide_4th.pdf?sfvrsn=56b44ed1_2
14. Academia Nacional de Medicina. Guide for the care and use of laboratory animals. Co-produced by the National Academy of Medicine-Mexico and the Association for assessment and accreditation of laboratory animal care international (8th Ed). DF, Mexico: Harlan Mexico; 2011. <https://grants.nih.gov/grants/olaw/guide-for-the-care-and-use-of-laboratory-animals.pdf>
15. Maldonado-Jáquez JA, Salinas-González H, Torres-Hernández G, Becerril-Pérez CM, Díaz-Rivera P. Factors influencing milk production of local goats in the Comarca Lagunera, México. *LRRD.* 2018. 30:132. <http://www.lrrd.org/lrrd30/7/glat30132.html>
16. Acosta-Díaz E, Zavala-García F, Valadez-Gutiérrez J, Hernández-Torres I, Amador-Ramirez MD, Padilla-Ramirez JS. Exploración de germoplasma nativo de maíz en Nuevo León, México. *Rev Mex Cienc Agric.* 2014; 5(8):1477-1485. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i8.1106>
17. Toyos-Vargas EA, Murillo-Amador B, Espinoza-Villavicencio JL, Carreón-Palau L, Palacios-Espinoza A. Composición química y precursores de ácidos vaccénico y ruménico en especies forrajeras en Baja California Sur, México. *Rev Mex Cienc Pecu.* 2013; 4(3):373-386. <https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/3194>
18. Rivera-Rivera A, Alba-Maldonado JM. NIRS for analyzing animal nutrition food: a Review. *Rev Ingenio UFPSO.* 2017; 13:199-211. <https://doi.org/10.22463/2011642X.2149>
19. NRC. Nutritional Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC; 2001.

20. Duque-Quintero M, Rosero-Noguera R, Olivera-Ángel M. Estimación del balance de metionina y lisina metabolizable en vacas de leche en pastoreo. *Rev MVZ Córdoba*. 2019; 24(3):7346-7354. <https://doi.org/10.21897/rmvz.1461>
21. Granados-Rivera LD, Hernández-Mendo O, González-Muñoz SS, Burgueño-Ferreira JA, Mendoza-Martínez GD, Arriaga-Jordán CM. Effect of palmitic acid on the mitigation of milk fat depression syndrome caused by *trans*-10, *cis*-12-conjugated linoleic acid in grazing dairy cows. *Arch Anim Nutr*. 2017; 71(6):428-440. <https://doi.org/10.1080/1745039X.2017.1379165>
22. Rivas-Muñoz R, Carrillo E, Rodríguez-Martínez R, Leyva C, Mellado M, Veliz FG. Effect of body condition score of does use of bucks subjected to added artificial light on estrus response of Alpine goats. *Trop Anim Health Prod*. 2010; 42:1285-1289. <https://doi.org/10.1007/s11250-010-9563-9>
23. Goetsch AL. Splanchnic tissue energy use in ruminants that consume forage-based diets *ad libitum*. *J Anim Sci*. 1998; 76:2737-2746. <https://doi.org/10.2527/1998.76102737x>
24. Elizondo-Salazar JA. Consumo de materia seca proveniente de diferentes especies forrajeras en cabras en costa rica. *Nutr Anim Trop*. 2018; 12(2):41-54. <https://doi.org/10.15517/NAT.V12I2.35386>
25. Kawas JR, Andrade-Montemayor H, Lu CD. Strategic nutrient supplementation of free-ranging goats. *Small Rum Res*. 2010; 89:234-243. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.12.050>
26. Zhang XQ, Luo HL, Hou XY, Badgery WB, Zhang YZ, Jiang C. Effect of restricted time at pasture and indoor supplementation on ingestive behaviour, dry matter intake and weight gain of growing lambs. *Livest Sci*. 2014; 167:137-143. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.06.001>
27. Félix A, Repetto JL, Hernández N, Pérez-Ruchel A, Cajarville C. Restricting the time of access to fresh forage reduces intake and energy balance but does not affect the digestive utilization of nutrients in beef heifers. *Anim Feed Sci Tech*. 2017; 226:103-112. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.02.016>
28. Askar AR, Gipson TA, Puchala R, Tesfau K, Detweiler DG, Asmare A, Keli A, Goetsch AL. Effects of supplementation and body condition on intake digestion, performance and behavior of yearling Boer and Spanish goat wethers grazing grass/forb pastures. *Small Rum Res*. 2015; 125:43-55. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2015.02.011>
29. López JR, Elías A, Delgado DC, Sarduy L, Domínguez M. Efecto de la suplementación con concentrado proteico en la dinámica de las partículas del rumen en Bucerros (*Bubalus bubalis*) alimentados con pastos estrella (*Cynodon nlemfuensis*). *LRRD*. 2012; 24:158. <http://www.lrrd.org/lrrd24/9/lope24158.htm>
30. Serment A, Schmidely P, Giger-Reverdin S, Chapoutot P, Sauvant D. Effects of the percentage of concentrate on rumen fermentation, nutrient digestibility, plasma metabolites, and milk composition in mid-lactation goats. *J Dairy Sci*. 2011; 94:3960-3972. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-4041>
31. Cremonesi P, Conte G, Severgnini M, Turri F, Monni A, Capra E et al. Evaluation of the effects of different diets on microbiome diversity and fatty acid composition of rumen liquor in dairy goat. *Animal*. 2018; 12(9):1856-1866. <https://doi.org/10.1017/S1751731117003433>
32. Toral PG, Chilliard Y, Rouel J, Leskinen H, Shingfield KJ, Bernard L. Comparison of the nutritional regulation of milk fat secretion and composition in cows and goats. *J Dairy Sci*. 2015; 98(10):7277-7297. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9649>
33. Goetsch AL. Invited review: current areas of research of feeding practices for lactating goats. *Prof Anim Scientist*. 2016; 32:25-735. <https://doi.org/10.15232/pas.2016-01541>
34. Granados-Rivera LD, Hernández-Mendo O, Maldonado-Jáquez JA. Energy balance in lactating goats: Response to mixture of conjugated linoleic acid. *Anim Sci J*. 2020. 91:e13347. <https://doi.org/10.1111/asj.13347>