



Evaluación económica de un esquema de alimentación complementario continuo en cabras en pastoreo

Jorge A Maldonado-Jáquez^{1,2} ; José S Mora-Flores³ ; Lorenzo D Granados-Rivera⁴ ;
Omar Hernández-Mendo¹ ; Jaime Gallegos-Sánchez¹ ; Glafiro Torres-Hernández^{1*} .

¹Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. Programa de Ganadería. Montecillo, Estado de México, México.

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

³Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. Programa de Economía. Montecillo, Estado de México, México.

⁴Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental General Terán. General Terán, Nuevo León, México.

*Correspondencia: glatohe@colpos.mx

Recibido: Enero 2024; Aceptado: Mayo 2024; Publicado: Julio 2024.

RESUMEN

Objetivo. Evaluar la viabilidad económica de un esquema de complementación alimenticia continuo (ECAC) en cabras locales al final de la gestación y durante la lactación en una región del estado de Coahuila, al norte de México. **Materiales y métodos.** Se utilizaron 24 cabras locales; grupo testigo (GT, n=12) y grupo complementado (GC, n=12). En ambos grupos se registraron producción de leche diaria (PLD), por lactancia (PLTL) y por etapa de lactancia [temprana (PLLT), media (PLLM) y tardía (PLTR)], duración de la lactación, (DPL, días), peso vivo final (PVF) y condición corporal final (CCF); y en las crías peso al nacimiento (PN) y a venta (PVA), edad a venta (EVA) y porcentaje de mortalidad (PM). Se realizó un análisis económico de acuerdo a metodología de la Asociación Americana de Economía Agrícola. Se tomaron en cuenta los costos de la complementación alimenticia diaria, mano de obra, y precios por venta de leche y crías, así como la Tasa Interna de Retorno (TIR). **Resultados.** El mejor comportamiento productivo y mayores ingresos fueron para GC ($p < 0.05$) en todas las variables, excepto EVA y PM. Los mayores valores en GT ($p < 0.05$) fueron para EVA y ganancia económica en todas las variables, excepto PLLT y TIR para PLTL. Hubo ganancias positivas en GC en PLLT y PLLM, y negativas en PLTR en GC, pero con mayor CCF en las cabras. **Conclusiones.** El ECAC es económicamente viable para incrementar los ingresos y ganancias por venta de cabritos y leche y, además, mejora la CCF de las madres.

Palabras clave: Rentabilidad; zonas áridas; rumiantes; economía rural (*Fuente: CAB*).

ABSTRACT

Objective. To evaluate the economic viability of a continuous supplementary feeding scheme (CSFS) in local goats from the end of gestation and during lactation in a region of Coahuila State, in northern Mexico. **Materials and methods.** Twenty-four local goats were utilized: control group (CG, n=12) and supplemented group (SG; n=12). In both groups daily milk production (DMP), per lactation (TMPL),

Como citar (Vancouver).

Maldonado-Jáquez JA, Mora-Flores JS, Granados-Rivera LD, Hernández-Mendo O, Gallegos-Sánchez J, Torres-Hernández G. Evaluación económica de un esquema de alimentación complementario continuo en cabras en pastoreo. Rev MVZ Córdoba. 2024; 29(3):e3395. <https://doi.org/10.21897/rmvz.3395>



©El (los) autor (es) 2024. 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.

and per lactation stage [early (MPEL) middle (MPML), and late lactation (MPLL)], duration of lactation (DL, days), final live weight (FLW), and final body condition (FBC) were recorded; and in kids birth weight (BW), weight at sale (WS), age at sale (AS), and mortality rate (MR). An economic analysis was performed according to the methodology of the American Agricultural Economics Association. Costs of daily supplementation, labor for the handling and care of the animals, and prices from sale of milk and kids were considered, as well as the Internal Rate of Return (IRR). **Results.** The best productive performance and highest incomes were for SG ($p < 0.05$) for all variables, except AS and MR. The highest values in CG ($p < 0.05$) were for AS and economic profit for all variables, except in MPEL and IRR for TMPL. There were positive profits for SG in MPEL and MPML, and negative in MPLL for SG, but with higher FBC. **Conclusions.** The CSFS is economically viable to increase income and profits from kids and milk sales and, in addition, improves the FBC of the dams.

Keywords: Profitability; arid zones; ruminants; rural economy (*Fuente: CAB*).

INTRODUCCIÓN

Las cabras tienen una importante función socio-económica en áreas marginales rurales del mundo (1), ya que los rebaños conformados por ganado caprino local (indígena) tienen, en general, mayores beneficios netos bajo esquemas de manejo mejorados (2). Sin embargo, la importancia de este valioso recurso genético usualmente es subestimada, y su contribución al sustento de la población de escasos recursos es entendida de manera inadecuada, lo que influye para que su evaluación se realice de forma deficiente (2,3) y, en consecuencia, las iniciativas de inversión para investigación y desarrollo de tecnologías para mejorar el nivel productivo y la rentabilidad no suelen estar a la altura de su importancia potencial (3).

Por otra parte, se ha observado un constante incremento en la introducción de razas exóticas, con la finalidad de incrementar la productividad de las poblaciones caprinas locales; sin embargo, algunos estudios indican que las cruces con razas especializadas alcanzan producciones menores a las esperadas, debido a una interacción no positiva entre el genotipo y el ambiente (4). Esto, en consecuencia, ha erosionado la diversidad genética de las poblaciones que se han adaptado muy bien a entornos complejos con limitados recursos naturales, y que generan la mayoría de los ingresos para las familias de escasos recursos (5).

En este sentido, la estimación de indicadores productivos y económicos tiene relevancia al evaluar la productividad, rentabilidad y competitividad de sistemas tradicionales (6). Y donde, algunos esfuerzos realizados con este propósito señalan que esquemas de manejo alimenticio mejorados se traducen en mayor

producción de leche, mejores ganancias de peso en las crías, disminución de la mortalidad y mayor retorno económico, incrementando así los márgenes de ganancia de los productores (7,8). Se sabe que existen indicadores (valor de la producción, costo unitario, margen de utilidad neta y bruta, relación beneficio-costos, entre otras), que son necesarios para una evaluación económica robusta (9,10). No obstante, la estimación de estos indicadores en los sistemas de producción de pequeña escala es sumamente complejo, en principio, por la elevada variabilidad de los precios de los productos, así como por la falta de datos económicos y productivos por parte del productor (11). Por lo anterior, se reconoce la necesidad de un desarrollo sostenible para estos sistemas productivos, el cual demanda metodologías que incluyan la evaluación económica y sus implicaciones técnicas bajo un enfoque práctico. Sin embargo, existe poca información sobre la viabilidad económica y rentabilidad de los sistemas que consideran a los pequeños productores (2,3). El objetivo del estudio consistió en analizar el beneficio de incorporar un programa de alimentación complementaria a partir del último tercio de gestación y durante la lactancia en cabras manejadas en pastoreo en una zona semidesértica del estado de Coahuila, al norte de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del estudio. El presente estudio se efectuó en una unidad caprina ubicada en el Estado de Coahuila, de la Comarca Lagunera, al norte de México, durante el periodo de transición entre la temporada de lluvias y sequía (12). El clima de este lugar es desértico, semicálido y con invierno fresco. La precipitación pluvial anual es

de 240 mm y la temperatura promedio anual de 25 °C (13).

Animales y manejo. Para este estudio se utilizaron 24 cabras locales (14) con peso vivo (PV) inicial de 38.4 ± 5.7 kg, condición corporal (CC) de 1.9 ± 0.3 , 2.2 ± 1.1 partos y una edad gestacional de 104. Las cabras se asignaron a dos grupos homogéneos: 1) grupo testigo (GT) y 2) grupo complementado (GC). El GT (n=12) se alimentó únicamente con lo que la cabra recolectó y consumió durante la ruta de pastoreo. Al GC (n=12) además del pastoreo, se le ofreció un alimento complementario (Tabla 1) a razón del 1.5% del PV, 45 días previos al parto y durante todo el periodo de lactancia (~210 días). El GC recibió el alimento separado del resto del rebaño al momento de regresar de la ruta de pastoreo (18:00 h), con el propósito de minimizar el efecto de sustitución sobre el consumo de forraje durante la ruta de pastoreo (15) y asegurando que las cabras consumieran la totalidad del complemento ofrecido. Las cabras pastorearon durante ~ 9 h d^{-1} , con dos ofrecimientos de agua y, por la tarde-noche regresaban a corrales de descanso, en donde disponían de agua limpia y fresca *ad libitum*.

Tabla 1. Ingredientes utilizados en las cabras del grupo complementado y su composición química.

Ingrediente	Cantidad (%)
Maíz roado	17.1
Sorgo roado	17.1
Salvado de trigo	9.0
Pasta de soya	9.0
Heno de alfalfa	32.0
Rastrojo de maíz	8.0
Melaza	4.8
Urea	1.0
Premezcla de vitaminas y minerales*	2.0
Contenido nutricional	
PC	18.7
FDA	21.6
FDN	32.7
ENM**	1.8
ENL**	1.5

PC: proteína cruda; FDA: fibra detergente ácido; FDN: fibra detergente neutro; ENM: energía neta para mantenimiento; ENL: energía neta para lactancia; *: Premezcla mineral Ovi3ways ®Grupo BIOTECAP; **: Expresado en mega calorías de energía metabolizable.

Variables analizadas. En ambos grupos (GT y GC) se midió la producción de leche (PL) diaria por animal (PLD), duración de la lactancia (medida como los días en producción de leche, DPL), PL por etapa [lactancia temprana (PLLT (1-70 DPL), media (PLLM (71-140 DPL) y tardía (PLTR (141-210 DPL))], PL total por lactancia (PLTL), peso vivo final (PVF) y condición corporal final (CCF). La producción de leche se midió siete días posterior al parto, con el fin de que las crías consumieran calostro adecuadamente. La producción de leche se midió cada semana entre las 6:00 y 8:00 h. En las crías se midieron peso al nacimiento (PN), peso a la venta (PVA, considerado como el día en que las crías se vendieron al alcanzar el peso requerido por el mercado), edad a la venta (EVA, calculada como los días entre el día de nacimiento y el de venta), y porcentaje de mortalidad, mismo que fue considerado como el número de cabritos nacidos vivos y muertos después de los 15 días de edad. Las variables PLD, PVF de las cabras, así como PN y PVA de las crías se registraron en gramos (g) utilizando una báscula electrónica comercial con capacidad de $45 \text{ kg} \pm 5 \text{ g}$ (Metrology, Nuevo León, México). Para el análisis económico se tomó en cuenta el costo de la complementación alimenticia diaria, la mano de obra por concepto del manejo y cuidado de los animales, los precios de venta de la leche y cabritos (Tabla 2), así como la TIR.

Tabla 2. Costos de operación y precios de venta de leche y cabritos tomados en cuenta para el análisis económico.

Concepto	Monto (USD) ^ψ
Mano de obra	5.36*
Costo de la complementación diaria	0.14
Precio/litro de leche	0.37
Precio/cabrito	41.77

^ψ: Tipo de cambio, 1 dólar estadounidense = 19.15 MXN (valor promedio durante 2019; fuente: grupo bancario BBVA). *: Salario mínimo diario en 2019 (102.68 MXN).

Análisis económico. Para llevar a cabo este análisis se efectuó una estimación de ingresos y egresos, aplicando la metodología de la Asociación Americana de Economía Agrícola (16), la cual se adaptó para este análisis, de acuerdo con el tratamiento aplicado a cada grupo de animales.

Se realizaron cálculos para determinar costos, ingresos y ganancias. El análisis se efectuó considerando un enfoque de economía campesina,

ya que existen bienes que, aunque tienen un valor en la producción, no poseen un valor basado en el dinero, algunos ejemplos de estos bienes son los pastos, agua, estiércol o abono y productos (carne o leche) de autoconsumo, los cuales no se compran ni se venden, pero ofrecen un beneficio al productor (17).

Para calcular los costos se tomaron en cuenta la complementación alimenticia diaria y la mano de obra por concepto del manejo y cuidado de los animales. Para calcular los ingresos se utilizó la siguiente ecuación:

$$I_g = Q_i P_i + IO$$

Donde I_g : ingresos, Q_i : i -ésima cantidad de producto, P_i : precio del i -ésimo producto, e IO : otros ingresos (16).

Para calcular la ganancia se tomó en cuenta el ingreso por la venta de leche y cabritos, y a este valor se le restó el costo de mano de obra y de la complementación alimenticia diaria.

Se calculó la tasa interna de retorno (TIR) basada en la metodología que indica Mora-Valverde (18), con la finalidad de validar la factibilidad económica de utilizar un esquema de alimentación complementaria en las cabras locales en el norte de México.

Análisis estadístico. El análisis estadístico se efectuó utilizando el paquete estadístico Infostat (19). Se realizó la verificación de supuestos de normalidad, homogeneidad de varianzas e independencia. Se aplicó un análisis de varianza y en los casos de significancia estadística se hicieron comparaciones de medias con la prueba de Tukey, con una $\alpha=0.05$. El análisis constó de tres fases: a) evaluación del efecto de la complementación alimenticia diaria sobre la productividad de los dos grupos (GT y GC); b) ingreso derivado de la venta de cabritos, venta de leche diaria y por etapa de lactancia y; c) TIR y ganancia obtenida por animal y general para cada etapa de la lactancia, sustrayendo del ingreso el costo de producción.

El análisis se realizó bajo el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + ID_{i(j)} + T_j + E_{ijk}$$

Donde: Y_{ijk} : variable productiva, ingreso y/o ganancia económica, μ : constante que caracteriza a la población, $ID_{i(j)}$: efecto aleatorio del i -ésimo animal anidado en el j -ésimo tratamiento ($i=1,2,3, \dots, 12$), T_j : efecto fijo del j -ésimo tratamiento ($j=1,2$); E_{ijk} : error aleatorio. Los componentes aleatorios se supusieron normalmente distribuidos con media cero y varianza común.

RESULTADOS

Variables productivas. El mejor nivel productivo ($p<0.05$) se encontró en el GC en todas las variables, excepto en EVA, ya que el promedio mayor lo tuvo GT ($p<0.05$). Por otra parte, no se encontraron diferencias ($p>0.05$) en PVF y mortalidad de crías entre los dos grupos (Tabla 3).

Tabla 3. Promedios (media \pm d.e) de variables productivas de cabras locales en los grupos complementado (GC) y testigo (GT).

Variable	GC	GT	p-value	R ²
PN (kg)	3.2 \pm 0.1 ^a	2.9 \pm 0.1 ^b	0.1253	0.15
PVA (kg)	9.6 \pm 0.2 ^a	8.7 \pm 0.3 ^b	0.0122	0.29
EVA (días)	41.8 \pm 1.6 ^b	48.5 \pm 1.8 ^a	0.0110	0.23
PLD (g d ⁻¹)	0.580 \pm 0.02 ^a	0.440 \pm 0.02 ^b	<0.0001	0.58
PLLT (g d ⁻¹)	0.920 \pm 0.03 ^a	0.660 \pm 0.03 ^b	<0.0001	0.14
PLLM (g d ⁻¹)	0.540 \pm 0.02 ^a	0.400 \pm 0.02 ^b	<0.0001	0.15
PLTR (g d ⁻¹)	0.320 \pm 0.01 ^a	0.200 \pm 0.01 ^b	<0.0001	0.18
PLTL (kg)	107.41 \pm 6.92 ^a	67.20 \pm 7.21 ^b	0.0008	0.55
DPL (días)	184.49 \pm 9.62 ^a	151.98 \pm 10.02 ^b	0.0344	0.37
PVF (kg)	41.9 \pm 1.1 ^a	41.2 \pm 1.1 ^a	0.6103	0.03
CCF	1.7 \pm 0.03 ^a	1.4 \pm 0.03 ^b	0.0196	0.22
Mortalidad (%)	9.52 ^a	26.32 ^a	0.1712	0.67

PN: peso al nacimiento; PVA: peso a venta; EVA: edad a venta; PLD: producción de leche diaria; PLLT: producción de leche en lactancia temprana; PLLM: producción de leche en lactancia media; PLTR: producción de leche en lactancia tardía; PLTL: producción de leche total por lactancia; DPL: días en producción de leche; PVF: peso vivo final; CCF: condición corporal final. R²: coeficiente de determinación.

Variables del análisis económico. En la Tabla 4 se muestran los ingresos derivados de la venta de cabritos y la leche en los grupos complementado (GC) y testigo (GT). Como se puede observar, los valores mayores fueron para el GC ($p<0.05$) en todas las variables analizadas.

Tabla 4. Ingresos (en USD) por concepto de venta de cabritos y leche en cabras locales de los grupos complementado (GC) y testigo (GT).

Variable	GC ^ψ	GT ^ψ	p-value	R ²
Venta de cabritos	\$793.73 ^a	\$584.86 ^b	0.0017	0.12
Venta leche diaria	\$0.21 ±0.007 ^a	\$0.16 ±0.007 ^b	<0.0001	0.04
Venta leche lactancia temprana	\$0.34 ±0.01 ^a	\$0.24 ±0.01 ^b	<0.0001	0.14
Venta leche lactancia media	\$0.19 ±0.007 ^a	\$0.15 ±0.007 ^b	<0.0001	0.15
Venta leche lactancia tardía	\$0.12 ±0.004 ^a	\$0.074 ±0.005 ^b	<0.0001	0.18
Ingreso total cabra/lactancia	\$39.26 ±2.41 ^a	\$25.11 ±2.51 ^b	0.0005	0.44
**Ingreso total LT	\$948.66 ^a	\$778.40 ^b	0.0008	0.23

**Ingreso total que incluye la venta de leche sólo en lactancia temprana + el ingreso por la venta de cabritos; ^ψ: tipo de cambio, 1 dólar estadounidense = 19.15 MXN (valor promedio durante 2019); R²: coeficiente de determinación.

Respecto a las ganancias obtenidas y la TIR para la utilización de la alimentación complementaria (Tabla 5), se encontró que las ganancias mayores fueron para GT ($p < 0.05$) en todas las variables, excepto en la ganancia de la lactancia temprana total. Del mismo modo, el indicador TIR mostró un comportamiento similar por etapa de lactancia y donde también se observó un comportamiento negativo en lactancia tardía; sin embargo, al realizar el cálculo total por lactancia, se observó que el mayor valor se obtuvo en GC.

Tabla 5. Desglose de las ganancias y TIR por etapa de la lactancia, por animal, total y lactancia completa, en los grupos complementado (GC) y testigo (GT).

Concepto	GC ^ψ	GT ^ψ	p-value	R ²
GLT/cabra	\$0.20 ±0.01 ^b	\$0.24 ±0.013 ^a	0.0268	0.02
GLM/cabra	\$0.05 ±0.006 ^b	\$0.15 ±0.007 ^a	<0.0001	0.36
GLT/cabra	\$-0.03 ±0.004 ^b	\$0.08 ±0.005 ^a	<0.0001	0.58
GLTET**	\$164.92 ^a	\$193.56 ^a	0.3402	0.43
GLMT	\$36.95 ^b	\$112.09 ^a	<0.0001	0.17
GLTAT	\$21.83 ^b	\$60.04 ^a	<0.0001	0.04
TIR				
GLTET	1.06 ^b	4.79 ^a	<0.0001	
GLMT	0.23 ^b	2.67 ^a	<0.0001	
GLTAT	-0.095 ^b	1.45 ^a	<0.0001	
LC	1.46 ^a	1.10 ^b	0.0104	

GLT: Ganancia lactancia temprana/cabra; GLM: Ganancia lactancia media/cabra; GLT: Ganancia lactancia tardía/cabra; GLTET: Ganancia lactancia temprana total; GLMT: Ganancia lactancia media total; GLTAT: Ganancia lactancia tardía total; ^ψ: tipo de cambio, 1 dólar estadounidense = 19.15 MXN (valor promedio durante 2019); **: ganancia que incluye la venta de cabritos y leche al inicio de la lactancia; R²: coeficiente de determinación; TIR= Tasa Interna de Retorno; LC= Lactancia completa.

DISCUSIÓN

Variables productivas. Los resultados con respecto a estas variables están en concordancia con lo que encontraron Ramos-Martínez et al (20) en su estudio sobre organización y agrupación de productores de cabras en el Norte de México, quienes encontraron promedios productivos de esas variables muy similares a los obtenidos en el presente estudio. Estos promedios se consideran bajos debido a una baja disponibilidad de alimento en la región de estudio durante gran parte del año (21).

Asimismo, los resultados de las variables productivas, tanto de las madres como de su progenie, están de acuerdo con lo que encontraron Otaru et al (22) en cabras Red Sokoto de Nigeria, y Bushara y Godah (23) en cabras del desierto en Sudan, autores que señalaron un mejor comportamiento en el crecimiento pre-destete de las crías, producción de leche, persistencia en la lactancia, e incluso en los parámetros que caracterizan la curva de lactancia, cuando las cabras se someten a esquemas de alimentación complementaria. En este sentido, la mejora en el nivel productivo como en las reservas corporales de las hembras, debido a la complementación alimenticia, se relaciona positivamente con el balance energético durante la gestación y la lactancia, ya que disminuye el estrés al que se someten los animales para producir niveles aceptables de carne y leche, en comparación cuando se encuentran en ambientes con restricción de nutrientes (24).

Por otra parte, este incremento en la productividad podría suponer que los animales se vuelven susceptibles a enfermedades. Sin embargo, las características del sistema de producción, ofrecen un ambiente en el cual el animal puede ejercitarse y pastorear libremente, así mismo, el nivel productivo propio de cada animal no es suficiente para que las hembras se sometan a un estrés que ponga en riesgo su bienestar (25). Todo esto es benéfico para el animal, pues prolonga su vida productiva y su permanencia en la explotación. Lo anterior es de gran utilidad, ya que el incremento en producción no depende solamente de un genotipo o ambiente particular, sino que, al someterse a esquemas de producción mejorados, las cabras locales tienen la oportunidad de expresar su potencial genético para producción, en forma independiente del ambiente en el que se desarrollan. Además, al mejorar la producción y calidad de los productos,

el productor tiene la posibilidad de buscar mejoras en los precios de estos productos, factor que impactará de manera directa y positiva sus márgenes de ganancia (26).

VARIABLES DEL ANÁLISIS ECONÓMICO. En cuanto a los ingresos encontrados en el presente estudio, resultados de investigaciones efectuadas en Etiopía (2) y México (27) indicaron tendencias similares a las encontradas en el presente estudio, ya que en esas investigaciones se obtuvieron mayores beneficios económicos netos (8% superior), como resultado de integrar esquemas de alimentación mejorados en las unidades de producción. Al respecto, Walters et al (28), en su estudio sobre modelación dinámica de los sistemas de producción, concluyeron que el uso de alimentos complementarios mejora la sustentabilidad económica. Por tanto, la implementación de componentes tecnológicos relacionados con la nutrición, sanidad y gestión, mejora la rentabilidad y productividad de los rebaños (27,29), tal como se observó en los resultados aquí obtenidos.

Los ingresos del sistema de producción dependen, en principio, de la disponibilidad de productos. En este sentido, la venta de leche es la principal fuente de ingresos para el productor (30,31), ya que su producción se mantiene durante gran parte del año (~210 días). Además, aunque en la región de estudio el cabrito se comercializa con facilidad y con un precio elevado, al compararlo con algunas regiones vecinas (17), su producción es estacional, por lo que un incremento en la cosecha de cabritos representa un punto crítico con impacto positivo en la rentabilidad de las granjas. Así mismo, aunque en los últimos 10 años se ha observado un incremento del 45% en el precio de la leche (29) y del 128% en el precio de los cabritos (30), estos precios todavía están por abajo de la línea que el productor requiere para cubrir la totalidad de sus costos de producción y sus necesidades básicas, pues la alimentación del ganado y el autoempleo no remunerado constituyen cerca del 87% de los costos de producción, a pesar de los bajos costos de alimentación por el pastoreo (20). Por tanto, es necesario buscar alternativas que mejoren la productividad sin incrementar de manera significativa los costos de producción (32), ya que estrategias que sólo incrementan la producción no siempre ofrecen mayores ingresos ni ganancias (31).

Hay que señalar que, aun cuando la ganancia fue mayor en GT, se encontraron ganancias positivas en GC en las fases de lactancia temprana y media; sin embargo, al evaluar la ganancia en la fase de lactancia tardía se encontraron valores negativos, lo cual indica que el productor está perdiendo dinero al ofrecer una alimentación complementaria a las cabras en esta etapa. No obstante, al observar el comportamiento productivo, las cabras en GC tuvieron una mejor CCF al pasar a la siguiente gestación y lactancia, ya que en esta variable pasaron de 1.4 a 1.7 puntos. Por lo anterior, la pérdida económica observada durante la lactancia tardía se puede considerar como una inversión de bajo costo que impactará de manera positiva en la productividad futura del rebaño, ya que así se asegura una producción de leche adecuada desde el inicio de la lactancia, además de optimizar la sobrevivencia de las crías (33); en consecuencia, esto brindará al caprinocultor la posibilidad de negociar y defender el precio de sus productos e incrementar sus ingresos (34). De lo contrario, existe evidencia de que los sistemas extensivos en los que no se invierte en mejoras seguirán obteniendo ganancias, debido a la baja magnitud de los gastos de producción, no obstante, mantendrán menores índices productivos (3,35). Por lo tanto, y en este caso particular, los mayores beneficios netos se observan cuando se incorporan mejoras al sistema de producción (36), aun cuando la alimentación complementaria implique costos adicionales.

En conclusión, el esquema de complementación alimenticia aplicado a las cabras tuvo efectos positivos en casi todas las variables analizadas; además, es económicamente viable para incrementar los ingresos y ganancias promedio por venta de cabritos y leche por lactancia, así como en las lactancias temprana y media. Además, tuvo un efecto positivo en la condición corporal de las cabras, lo que se puede considerar como un efecto colateral positivo y de bajo costo, que beneficiará la productividad del rebaño.

Conflicto de intereses

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

Agradecimientos

Al CONAHCYT e INIFAP por el apoyo al primer autor para la realización de estudios de postgrado. Una mención especial para los productores cooperantes por su invaluable apoyo en la realización del presente estudio.

Financiación

Se agradece al INIFAP el apoyo económico, a través de recursos fiscales, para llevar a cabo el presente estudio.

REFERENCIAS

1. Castel JM, Ruiz FA, Mena Y, Sánchez-Rodríguez M. Present situation and future perspectives for goat production systems in Spain. *Small Rum Res.* 2010; 89(2-3):207-210. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.12.045>
2. Ayalew W, King JM, Bruns E, Rischkowsky B. Economic evaluation of smallholder subsistence livestock production: lessons from an Ethiopian goat development program. *Ecolog Econ.* 2003; 45(3):473-485. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(03\)00098-3](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(03)00098-3)
3. Alex R, Cheemani RK, Thomas N. Returns and determinants of technical efficiency in small-scale Malabari goat production units in Kerala, India. *Trop Anim Health Prod.* 2013; 45:1663-1668. <https://doi.org/10.1007/s11250-013-0411-6>
4. Lozano-Jaramillo M, Alemu SW, Dessie T, Komen H, Bastiaansen JWM. Using phenotypic distribution models to predict livestock performance. *Sci Rep.* 2019; 9:15371. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-51910-6>
5. Torres-Hernández G, Maldonado-Jáquez JA, Granados-Rivera LD, Wurzinger M, Cruz-Tamayo AA. Creole goats in Latin America and the Caribbean: a priceless resource to ensure the well-being of rural communities. *Int J Agric Sust.* 2022; 20(4):368-380. <https://doi.org/10.1080/14735903.2021.1933361>
6. Rodríguez LG, Tapia RMZ, Puente BJJ, Palma RKJ. Análisis productivo-económico y especial de sistemas caprinos multifuncionales. *Avanc Invest Agrop.* 2021; 25(3):176-177. <https://doi.org/10.53897/RevAIA.21.25.47>
7. Abou-Elkhair R, Mahboub H, Sadek K, Kektat S. Effect of prepartum dietary energy source on goat maternal metabolic profile, neonatal performance, and economic profitability. *J Adv Vet Anim Res.* 2020; 7(3):566-574. <http://doi.org/10.5455/javar.2020.g454>
8. McGregor BA. Effects of supplementary feeding Lucerne hay and barley grain to Angora does during the last third of pregnancy and lactation, and of litter size on pasture, birth weight, live weight, parasitism, milk production, milk composition and mohair production. *Small Ruminant Research.* 2020; 195:106303. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2020.10630>
9. Rejón M, Magaña M, Pech V, Santos J. Evaluación económica de los sistemas de producción bovina de cría y de doble propósito en Tzucacab, Yucatán, México. *Livestock Research for Rural Development.* 17(1):30. <http://www.lrrd.org/lrrd17/1/rejo17013.htm>
10. Aguilera-Díaz A. El costo-beneficio como herramienta de decisión en la inversión en actividades científicas. *COFIN Habana.* 2017. 12(2):322-343. <https://revistas.uh.cu/cofinhab/article/view/1024>
11. Góngora-Pérez RD, Góngora-Pérez SF, Magaña-Magaña MA, Lara y Lara PE. Caracterización socioeconómica de la producción ovina en el estado de Yucatán, México. *Agronomía Mesoamericana.* 2010. 21(1):131-144. <https://doi.org/10.15517/am.v21i1.4919>

12. Isidro-Requejo LM, Meza-Herrera CA, Pastor-López FJ, Maldonado JA, Salinas-González H. Physicochemical characterization of goat milk produced in the Comarca Lagunera, Mexico. *Anim Sci J.* 2019; 90(4):563-573. <https://doi.org/10.1111/asj.13173>
13. García E. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Quinta edición. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 2004. <http://www.publicaciones.igg.unam.mx/index.php/ig/catalog/book/83>
14. Maldonado-Jáquez JA, Castañeda-Bustos VJ, Granados-Rivera LD, Salinas-González H, Pastor-López FJ, Torres-Hernández G. Growth curve and rates of absolute and relative growth of local kid goats in northern Mexico. *Trop Subtrop Agroec.* 2021; 24(2):75 <http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.3515>
15. 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>
16. Barrera POT, Sagarnaga VLM, Salas GJM, Leos RJA, Santos LR. Viabilidad económica y financiera de la ganadería caprina extensiva en San Luis Potosí, México. *Mundo Agrario.* 2018; 19(40):e077. <https://doi.org/10.24215/15155994e077>
17. Vargas-Canales JM, Palacios-Rangel MI, Acevedo-Peralta AI, Leos-Rodríguez JA. Profitability analysis for natural rubber (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) production in Oaxaca, Mexico. *Rev Chapingo Serie Cienc Forest Amb.* 2016; 22(1):45-58. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2015.02.005>
18. Mora-Valverde D. Sistema de producción a pequeña escala de dulce de leche caprino en Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana.* 2012; 23(1):151-158. <https://doi.org/10.15517/am.v23i1.6413>
19. Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, Gonzalez L, Tablada M, Robledo CW. InfoStat, versión 2008, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba: Argentina; 2008. <https://www.infostat.com.ar/>
20. Ramos-Martínez J, Salinas-González H, Medina-Elizondo M, Figueroa-Viramontes U, Maldonado-Jáquez J. La organización y agrupación como eje toral para el diseño de esquemas de atención a caprinocultores en el norte de México: Estudio de caso. *Abanico Vet.* 2020; 10:1-19. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2020.13>
21. Maldonado-Jáquez JA, Granados-Rivera LD, Hernández-Mendo O, Pastor-López FJ, Isidro-Requejo LM, Maconetzin L, Salinas-González 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; 9(1):55-75. [doi:10.21640/ns.v9i18.728](https://doi.org/10.21640/ns.v9i18.728)
22. Otaru SM, Adamu AM, Ehoche OW. Influence of levels of supplementary concentrate mixture on lactation performance of Red Sokoto does and the pre-weaning growth rate of their kids. *Vet Anim Sci.* 2020; 10:100137. <https://doi.org/10.1016/j.vas.2020.100137>
23. Bushara I, Godah FGI. Effect of supplementary feeding with residual of sesame capsule to lactating desert goat during dry period in North Kordofan State, Sudan. *Adv Biol Earth Sci.* 2018; 3(1):47-59. <http://jomardpublishing.com/UploadFiles/Files/journals/ABES/V3N1/BusharaI.pdf>
24. Granados-Rivera LD, Hernández-Mendo O, Maldonado-Jáquez JA. Energy balance in lactating goats: Response to mixture of conjugated linoleic acid. *Animal Science Journal.* 2020; 91:e13347. <https://doi.org/10.1111/asj.13347>
25. Acero-Plazas VM. El bienestar animal en sistemas productivos de ovinos-caprinos en Colombia. *Spei Domus.* 2014; 10(20):57-62. doi: <http://dx.doi.org/10.16925/sp.v10i21.918>

26. Zambom MA, Alcalde CR, Gomes LC, de Oliveira REC, Rossi RM, da Silva KDC. Effect of soybean hulls on lactation curves and the composition of goat milk. *Rev Bras Zoot.* 2017; 48(2):167-173. <https://doi.org/10.1590/S1806-92902017000200012>
27. Espinoza GJA, Vélez IA, Góngora GSF, Cuevas RV, Vázquez GR, Rivera MJA. Evaluación del impacto en la productividad y rentabilidad de la tecnología transferida al sistema de bovinos de doble propósito del trópico mexicano. *Trop Subtrop Agroec.* 2018; 21:261-272. <https://www.revista.coba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/2411>
28. Walters JP, Archer DW, Sassenrath GF, Hendrickson JR, Hanson JD, Halloran JM, Vadas P, Alarcon VJ. Exploring agricultural production systems and their fundamental production components with system dynamics modelling. *Ecol Mod.* 2016; 333:51-65. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2016.04.015>
29. Browning Jr. R, Leite-Browning ML. Comparison of productivity of different breeds of meat goats under low-to-moderate-input systems in the United States. *Prof Agric Workers J.* 2021; 6(3):19-32. <https://tuspubs.tuskegee.edu/pawj/vol6/iss3/5>
30. Estevane HE, Alvarado MLF. Crítica a la metodología del extensionismo oficial: cambiar el sistema de manejo de pastoreo a semiestabulado en el ganado caprino lechero. *Rev Mex Agroneg.* 2020; 46:430-443. <http://www.somexaa.com/ejemplares.html>
31. Mayberry D, Ash A, Prestwidge D, Herrero M. Closing yield gaps in smallholder goat production systems in Ethiopia and India. *Livest Sci.* 2018; 214:238-244. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.06.015>
32. Gómez OLM, Posada OSL, Olivera ÁM, Rosero NR, Aguirre MP. Análisis de rentabilidad de la producción de leche de acuerdo con la variación de la fuente de carbohidrato utilizada en el suplemento de vacas Holstein. *Rev Med Vet.* 2017; 34(1):9-22. <http://dx.doi.org/10.19052/mv.4251>
33. McGregor BA. The effects of nutrition and parity on the development and productivity of Angora goats: 1. Manipulation of mid pregnancy nutrition on energy intake and maintenance requirement, kid birth weight, kid survival, doe live weight and mohair production. *Small Rum Res.* 2016; 145:65-75. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2016.10.027>
34. Santos-Lavalle R, Salas-González JM, Sagarnaga-Villegas LM, Cervantes-Escoto F, Barrera-Perales OT. Producción intensiva de leche caprina en Guanajuato, México: análisis de costos y viabilidad económica. *Custos e @Agronegócio.* 2020; 16(2):418-440. <http://www.custoseagronegocioonline.com.br/numero2v16/OK%2019%20leche.pdf>
35. Rebollar-Rebollar S, Hernández-Martínez J, Rojo-Rubio R, Guzmán-Soria E. Gastos e ingresos en la actividad caprina extensiva en México. *Agron Mesoam.* 2012; 23(1):159-165. <https://doi.org/10.15517/am.v23i1.6414>
36. Ratnawati D, Cowley F, Mayberry D, Pamungkas D, Poppi D. Concentrate supplementation for crossbred bulls to increase profitability of smallholders fattening operations in East Java, Indonesia. *Indonesian J Anim Vet Sci.* 2015; 20(1):41-47. <http://dx.doi.org/10.14334/jitv.v20i1.1115>