

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

PROGRAMA DOCENTE DE LA CARRERA

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA



Grasa de sobrepeso y su efecto sobre la producción y composición de la  
leche en cabras Alpinas

Por:

**JOSÉ ÁNGEL GALARZA ÁVILA**

**TESIS**

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

Saltillo, Coahuila Zaragoza, México

Marzo de 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

**GRASA DE SOBREPASO Y SU EFECTO SOBRE LA PRODUCCIÓN Y  
COMPOSICIÓN DE LA LECHE EN CABRAS ALPINAS**

Por:

**José Angel Galarza Ávila**

Tesis

QUE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL JURADO EXAMINADOR COMO  
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

Aprobada por el comité de Asesoría:



**Dr. Alejandro García Salas**

Director / Asesor principal



**Dra. Sarahí del Carmen  
Rangel Ortega**

Codirector



**M.C. Laura Maricela Lara  
López**

Asesor



**M.C. Pedro Carrillo López**

Asesor

**M.C. Pedro Carrillo López**

Coordinador de Ciencia  
Animal



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, marzo de 2026.

## DERECHO DE AUTOR Y DECLARACIÓN DE NO PLAGIO

Todo el contenido incluido en esta tesis se encuentra protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor de los Estados Unidos Mexicanos. Dicho material pertenece al autor principal, quien asume la responsabilidad directa y declara bajo protesta de decir verdad que en este trabajo no se ha incurrido en plagio ni en prácticas académicas indebidas, tales como:

Copiar fragmentos o textos sin mencionar la fuente o al autor original (copiar y pegar); reutilizar un texto propio que haya sido publicado previamente sin citar el documento original (autoplagio); adquirir, sustraer o solicitar datos o tesis ajenas para presentarlas como propias; omitir citas o referencias bibliográficas; reproducir textualmente información sin utilizar comillas; emplear ideas o razonamientos de otros autores sin darles el debido crédito; o usar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, gráficas, mapas o datos sin mencionar al autor o la fuente correspondiente.

Asimismo, se reconoce que cualquier uso distinto de estos materiales, como su explotación con fines de lucro, reproducción, edición o modificación, podrá ser sancionado y perseguido legalmente por el titular de los derechos de autor.

Por ello, asumimos la responsabilidad por cualquier consecuencia derivada de un posible plagio y declaramos que este trabajo no ha sido presentado anteriormente en ninguna otra institución educativa, organización o entidad pública o privada.

Atentamente

Alma Terra Mater



---

**José Ángel Galarza Ávila**

Autor principal

## **AGRADECIMIENTOS**

**A Dios** por darme fortaleza, la sabiduría y la oportunidad de culminar esta etapa de mi vida. Porque yo sé los planes que tengo para usted -declara el Señor- planes de bienestar y no de calamidad, a fin de darles un futuro y una esperanza (Jeremías 29:11).

**Al Dr. Alejandro García Salas** por enseñarme y guiarme en mi proceso de formación académica.

**A mi Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** que me dio la oportunidad de haber cursado mis estudios y prepararme para la vida de un profesional.

**A mi familia Galarza Ávila** con su apoyo incondicional y económico que fue lo que me impulso a cada vez ser mejor.

**Al Ing., David Plata** por blindarme trabajo y experiencia laboral.

**A mi tío Natividad Galarza** por haber confiado en mí y consejos durante el trascurso de mi carrera.

**A mis amigos**, por hacer de vida más interesante y feliz generalmente a Yael Morales, Ramsés Molina, Galeno Roblero, Leslie Alfaro, Omar Campos, Itzel Gallardo, Karen Vara, Nelson Pliego, Eduardo Castro Brenda García, Juan Diego Domínguez, Jair Peña, Daniel Calvario, Virgilio Vázquez, Fernando Saldívar, Alejandro Galarza, Miguel Blancas, Citlali Trejo y Miriam Mora.

## DEDICATORIA

### **A mis Padre**

**José Galarza Domínguez** que me inculco lo que es el trabajar y tomarle amor al ganado y al campo que con dedicación fue y será el mejor maestro de vida que pude tener.

### **A mi madre**

**Rosario Ávila Tarríos** fue mi pilar y motivación para nunca rendirme y con su gran apoyo emocional que con tanto esfuerzo logro que sus hijos salieran adelante.

### **A mis hermanos**

**Dana Montserrat y José Alberto** son y serán mis compañeros de vida a los que fui viendo desde pequeño como ejemplos a seguir y que me enseñaron desde sus errores para no repetirlos.

### **A mis Abuelitos**

**Eutemio Galarza Ortiz** que fue el que hizo las bases para que tuviera el interés en elegir mi carrera.

**María Domínguez** que es como mi segunda madre con su cariño y consejos me crio.

**Martin Ávila** con sus consejos del como trabajar y aprender me sirvieron y aun los tengo muy presentes.

Finalmente, agradezco mi propio esfuerzo y perseverancia para continuar hacia adelante hasta alcanzar la meta.

## ÍNDICE GENERAL

DERECHO DE AUTOR Y DECLARACIÓN DE NO PLAGIO.....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iv
DEDICATORIA.....	v
ÍNDICE GENERAL .....	vi
ÍNDICE DE CUADROS .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN .....	x
ABSTRACT.....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 JUSTIFICACIÓN .....	3
1.2 HIPÓTESIS.....	4
1.3 OBJETIVOS.....	4
1.3.1 Objetivo general.....	4
1.3.2 Objetivos específicos.....	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	5
2.1 Diagnóstico de la caprinocultura en México.....	5
2.2 Situación actual de los caprinos en el norte de México.....	6
2.3 Descripción de razas lecheras de caprinos.....	9
2.3.1 Alpina francesa.....	9
2.3.2 Saanen.....	9
2.3.3 Toggenburg.....	10
2.3.4 Nubia .....	11
2.4 Requerimientos nutricionales de caprinos lecheros.....	11
2.5 Aparato digestivo de los Caprinos.....	13
2.6 Aditivos en caprinos .....	14
2.6.1 Probióticos .....	14
2.6.2 Prebióticos .....	15
2.6.3 Simbióticos .....	15
2.6.4 Ácidos grasos.....	16
2.6.5 Aditivos enzimáticos.....	16

2.7	Funcionamiento de las grasas en caprinos .....	17
2.8	Uso de las grasas de sobre paso en la alimentación .....	18
III.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	20
3.1	Localización del estudio .....	20
3.2	Animales experimentales .....	20
3.3	Manejo alimenticio y descripción de los tratamientos .....	20
3.4	Periodo experimental y muestreo .....	21
3.5	Análisis de laboratorio .....	21
3.6	Variables evaluadas .....	21
3.6.1	Producción de leche .....	21
3.6.2	Composición de la leche .....	22
3.7	Análisis estadístico .....	22
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	23
4.1	Producción de leche .....	23
4.2	Composición general de la leche .....	24
4.3	Composición de la leche por periodo de muestreo .....	25
4.3.1	Lactosa .....	26
4.3.2	Proteína .....	26
4.3.3	Sólidos no grasos .....	27
4.3.4	Sólidos totales .....	28
4.3.5	Cenizas .....	28
4.3.6	Densidad de la leche .....	29
4.4	Producción de leche .....	30
4.5	Composición de la leche .....	31
4.6	Análisis crítico e implicaciones productivas .....	32
V.	CONCLUSIONES .....	33
VI.	LITERATURA CITADA .....	34

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Población caprina en México .....	8
<b>Cuadro 2.</b> Producción de leche (kg) de cabras alimentadas con y sin suplementación con grasa durante el periodo experimental.....	23
<b>Cuadro 3.</b> Composición general de la leche de cabras alimentadas con y sin suplementación con grasa.....	25
<b>Cuadro 4.</b> Contenido de lactosa (%) de la leche por periodo de muestreo en cabras Alpinas con y sin suplementación con grasa .....	26
<b>Cuadro 5.</b> Contenido de proteína en leche (%) por periodo de muestreo en cabras Alpinas con y sin suplementación con grasa .....	27
<b>Cuadro 6.</b> Contenido de sólidos no grasos en leche (%) de cabras Alpinas con y sin suplementación con grasa durante ocho semanas de lactancia. ....	27
<b>Cuadro 7.</b> Contenido de sólidos totales en leche (%) de cabras Alpinas con y sin suplementación con grasa durante ocho semanas de lactancia. ....	28
<b>Cuadro 8.</b> Contenido de cenizas en leche (%) de cabras Alpinas con y sin suplementación con grasa durante ocho semanas de lactancia. ....	28
<b>Cuadro 9.</b> Densidad de la leche de cabras Alpinas con y sin suplementación con grasa durante ocho semanas de lactancia. ....	29

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Distribución porcentual del inventario caprino en Mexico 2023 (SIAP, 2023)..	7
<b>Figura 2</b> Población caprina en México (SIAP, 2023).....	8
<b>Figura 3.</b> Producción de leche (kg) de cabras alimentadas con y sin suplementación con grasa durante el periodo experimental.....	24

## RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la suplementación alimenticia de cabras de raza Alpina, mediante la inclusión de grasa de sobrepaso para la medición de la producción y composición de la leche. Se utilizaron 12 cabras, las cuales fueron distribuidas en dos tratamientos: un grupo sin suplementación lipídica y otro grupo con inclusión de grasa en la dieta. El periodo experimental tuvo una duración de ocho semanas, durante las cuales se realizaron muestreos semanales para registrar la producción individual de leche y analizar su composición química. Los resultados mostraron que la suplementación con grasa incrementó la producción promedio de leche en comparación con el tratamiento sin suplementación. No obstante, no se observaron cambios importantes en los porcentajes de grasa, proteína, lactosa, sólidos no grasos, sólidos totales y cenizas.

Se concluye que la inclusión de grasa en la dieta permitió mejorar el rendimiento productivo sin afectar la calidad composicional de la leche, representando una alternativa nutricional viable bajo las condiciones evaluadas.

**Palabras clave:** cabras lecheras, suplementación con grasa, producción de leche, composición de la leche, nutrición animal.

## **ABSTRACT**

The objective of this study was to evaluate the effect of dietary fat supplementation on milk yield and milk composition in multiparous Alpine goats. Twelve goats were assigned to two treatments: a control group without fat supplementation and a treatment group receiving dietary fat. The experimental period lasted eight weeks, during which weekly milk yield records and milk composition analyses were conducted. Results indicated that fat supplementation increased average milk production compared to the control group. However, no significant changes were observed in milk fat, protein, lactose, solids-not-fat, total solids, or ash content.

It is concluded that dietary fat supplementation improved milk yield without negatively affecting milk composition, representing a viable nutritional strategy under the evaluated conditions.

**Keywords:** dairy goats, fat supplementation, milk yield, milk composition, animal nutrition.

## II. INTRODUCCIÓN

La caprinocultura lechera constituye una actividad de importancia económica y social en diversas regiones, particularmente en zonas con condiciones ambientales limitantes para otros sistemas de producción pecuaria. En estos contextos, las cabras representan una alternativa productiva eficiente debido a su capacidad de adaptación y a la relevancia nutricional de la leche caprina.

La producción de leche en cabras está estrechamente relacionada con el manejo nutricional, especialmente durante la etapa de lactancia, en la cual los requerimientos energéticos se incrementan de manera considerable. Cuando el aporte energético de la dieta es insuficiente, la producción láctea puede verse limitada, aun cuando otros nutrientes se encuentren en niveles adecuados (Savoini et al., 2019).

En este sentido, la suplementación con grasa de sobrepaso ha sido propuesta como una estrategia nutricional para incrementar la densidad energética de la dieta sin aumentar excesivamente el consumo de materia seca. Diversos estudios han señalado que la inclusión de fuentes lipídicas puede mejorar el desempeño productivo de los rumiantes cuando se emplea de forma controlada y balanceada (Lende et al., 2018; Albarki et al., 2024).

Sin embargo, la inclusión de grasa en la dieta también ha generado interés respecto a su posible efecto sobre la composición de la leche. Algunos autores indican que la suplementación lipídica puede modificar el perfil de ácidos grasos sin alterar necesariamente los porcentajes totales de los principales componentes lácteos, como grasa, proteína y lactosa (Vargas-Bello-Pérez et al., 2020). Asimismo, se ha reportado que, bajo niveles adecuados de inclusión, la composición química de la leche puede mantenerse estable a lo largo del periodo de lactancia (Giger-Reverdin et al., 2020).

A pesar de la información disponible, la respuesta productiva y composicional a la suplementación con grasa puede variar en función de factores como la raza, el nivel productivo, el tipo de grasa utilizada y las condiciones de manejo. Por ello, resulta necesario generar información experimental bajo condiciones específicas que permita evaluar el efecto real de esta estrategia nutricional en sistemas caprinos.

Con base en lo anterior, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la suplementación con grasa de sobrepaso en la dieta sobre la producción y composición de la leche en cabras Alpinas multíparas.

## **1.1 JUSTIFICACIÓN**

La eficiencia productiva en la caprinocultura lechera depende en gran medida del adecuado manejo nutricional durante la etapa de lactancia, periodo en el cual las cabras presentan elevados requerimientos energéticos. En muchos sistemas de producción, especialmente aquellos ubicados en zonas con recursos limitados, el suministro energético puede representar un factor restrictivo para alcanzar niveles óptimos de producción de leche.

La suplementación con grasa ha sido propuesta como una alternativa para incrementar la densidad energética de la dieta sin aumentar el volumen de alimento consumido. No obstante, la respuesta productiva y su posible impacto sobre la composición de la leche pueden variar en función de las condiciones de manejo, la raza y el nivel productivo de los animales. Por ello, resulta necesario evaluar esta estrategia bajo condiciones específicas que permitan determinar su efectividad real.

El presente estudio se justifica por la necesidad de generar información experimental que permita establecer si la inclusión de grasa en la dieta de cabras Alpinas multíparas incrementa la producción de leche sin afectar negativamente su composición química. Los resultados obtenidos contribuyen al conocimiento técnico en nutrición caprina y pueden servir como referencia para la implementación de estrategias alimenticias orientadas a mejorar el rendimiento productivo, manteniendo la calidad del producto final.

## **1.2 HIPÓTESIS**

La suplementación con grasa en la dieta de cabras Alpinas multíparas tiene un efecto positivo sobre la producción de leche, sin modificar significativamente su composición química.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 Objetivo general**

Evaluar el efecto de la suplementación con grasa en la dieta sobre la producción y composición de la leche en cabras Alpinas multíparas.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

Determinar la producción promedio de leche en cabras suplementadas con grasa y en cabras sin suplementación.

Evaluar el efecto de la suplementación con grasa sobre la composición química de la leche, considerando grasa, proteína, lactosa, sólidos no grasos, sólidos totales y cenizas.

Analizar el comportamiento de la producción y composición de la leche a lo largo de los ocho periodos de muestreo.

### III. REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1 Diagnóstico de la caprinocultura en México

En México, la producción caprina se desarrolla mayoritariamente en unidades familiares de pequeña escala, caracterizadas por sistemas extensivos y un bajo nivel de tecnificación. Estas condiciones productivas se asocian con limitaciones en el manejo integral del hato, particularmente en los ámbitos nutricional, reproductivo y sanitario, lo cual repercute negativamente en los indicadores productivos y reproductivos del sistema (Robles et al., 2020).

En amplias regiones del país, la actividad caprina se desarrolla dentro de unidades productivas de pequeña escala, las cuales operan bajo esquemas familiares con limitado nivel de tecnificación y una alta participación de la mano de obra del propio núcleo familiar. Estas unidades se localizan principalmente en zonas rurales con condiciones ambientales restrictivas, donde la caprinocultura representa una opción productiva relevante para el sustento económico de las comunidades. (Gonzales Israel et al., 2025).

La crianza del ganado caprino en México resulta rentable principalmente por la producción de carne, destinada tanto a la venta como al consumo local. De igual forma, la leche de cabra representa un componente importante de esta actividad, ya que se aprovecha tanto para el consumo directo como para la elaboración de productos derivados, entre ellos quesos y dulces tradicionales. A nivel nacional, la producción de carne en canal supera las 77 000 toneladas, mientras que la producción lechera alcanza más de 160 000 litros (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2017).

Este sector se encuentra concentrado principalmente en las regiones áridas y semiáridas del país, las cuales representan aproximadamente el 60 % del territorio nacional y se extienden de sur a norte. Los principales estados productores, de acuerdo con los censos agropecuarios, son Puebla, Oaxaca, San Luis Potosí, Guerrero, Coahuila, Zacatecas, Guanajuato y Michoacán (Montemayor Andrade, 2017).

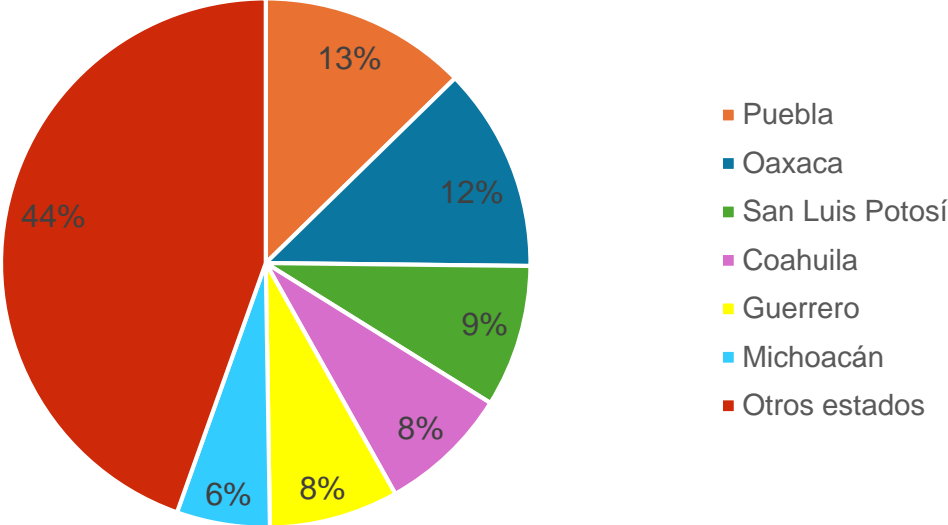
## **2.2 Situación actual de los caprinos en el norte de México**

La caprinocultura en los estados del norte de México se ha consolidado como una actividad pecuaria de alta relevancia, principalmente debido a las condiciones climáticas y ambientales predominantes en estas regiones. Las zonas áridas y semiáridas del norte del país presentan limitaciones para otras especies ganaderas pero, los caprinos muestran una elevada capacidad de adaptación a estos ecosistemas, lo que ha favorecido el establecimiento de sistemas de producción extensivos (INIFAP, 2022).

En las regiones de La Laguna y El Bajío se ha consolidado una industria caprina tecnificada, orientada principalmente a la producción de leche destinada a la elaboración de quesos y dulces. La dulcería elaborada con leche de cabra posee una larga tradición en México, siendo reconocida por su importancia económica y su arraigo en la gastronomía nacional (Desarrollo Rural, 2015).

De acuerdo con los datos oficiales correspondientes al año 2023, la población caprina en México se estimó en 8 840 467 cabezas. Estados del centro y sur del país destacan por su participación dentro del inventario nacional. El estado de Puebla representa el 12.67 % del total, seguido por Oaxaca con 12.46 %, San Luis Potosí con 8.70 %, Coahuila con 8.01 %, Guerrero con 7.87 % y Michoacán con 5.65 %. En conjunto, estas entidades concentran aproximadamente el 55.36 % del inventario caprino nacional,

lo que evidencia su relevancia productiva y económica, al agrupar más de la mitad de la población caprina del país (SIAP, 2023).

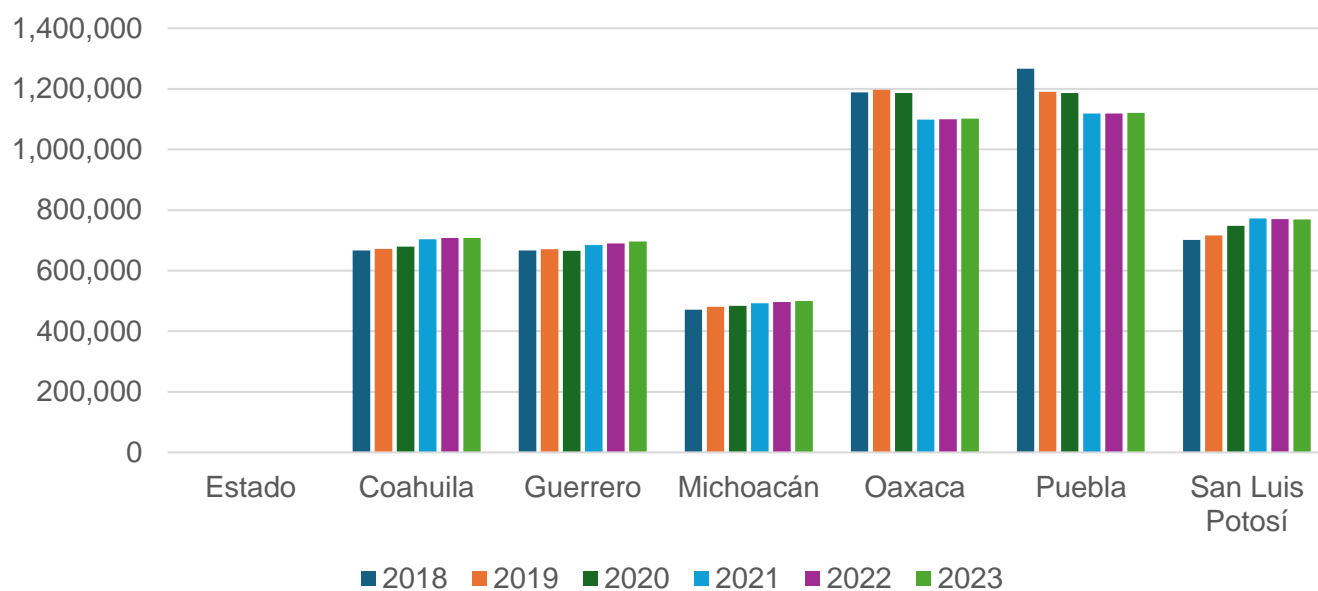


**Figura 1**  
Distribución porcentual del inventario caprino en Mexico 2023 (SIAP, 2023).

**Cuadro 1.** Población caprina en México

Estado	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Coahuila	666,219	671,857	679,018	702,947	707,697	708,156
Guerrero	666,661	671,204	665,586	684,234	690,145	695,666
Michoacán	471,251	480,564	483,900	491,725	496,870	499,456
Oaxaca	1,188,343	1,197,097	1,185,895	1,098,522	1,099,863	1,101,965
Puebla	1,266,664	1,190,799	1,186,305	1,118,150	1,118,730	1,120,443
San Luis Potosí	700,995	716,600	748,226	772,075	769,530	768,900

(SIAP, 2023).



**Figura 2**  
Población caprina en México (SIAP, 2023).

## **2.3 Descripción de razas lecheras de caprinos**

### **2.3.1 Alpina francesa**

La raza Alpina es una de las más difundidas en las principales zonas de producción caprina de Francia. Aunque su origen se localiza en la región de Saboya, su amplia distribución se atribuye a su elevada capacidad de adaptación a diversos sistemas productivos, así como a su destacado potencial lechero. Esta raza presenta un marcado dimorfismo sexual, donde los machos alcanzan pesos vivos que oscilan entre 80 y 100 kg, mientras que las hembras registran pesos aproximados de 50 a 70 kg. Desde el punto de vista productivo, la cabra Alpina se distingue por su aptitud lechera, con producciones promedio cercanas a 886 kg de leche por lactancia, en periodos de aproximadamente 295 días. En cuanto a sus características morfológicas, se caracteriza por presentar un pelaje corto, siendo el patrón gamuzado el más común, aunque también existen variaciones en la coloración. Asimismo, posee un pecho bien desarrollado, grupa amplia, extremidades fuertes y buenos aplomos. La glándula mamaria presenta una inserción amplia y un volumen adecuado que facilita el ordeño, mientras que los pezones, paralelos y orientados hacia adelante, favorecen su manejo en los sistemas de producción caprina (Capgènes, 2018a).

### **2.3.2 Saanen**

La raza Saanen tiene su origen en Suiza, específicamente en el valle que lleva su mismo nombre, ubicado en el cantón de Berna. Debido a su elevada eficiencia en la producción de leche y a su notable capacidad de adaptación a distintos sistemas de producción, esta raza se ha consolidado como una de las principales razas lecheras caprinas a nivel mundial. De acuerdo con registros de control lechero, las hembras de la

raza Saanen presentan producciones promedio cercanas a 946 kg de leche por lactancia, con ciclos productivos que pueden extenderse aproximadamente hasta 306 días, lo que refleja su alto potencial productivo dentro de los sistemas caprinos especializados (Capgènes, 2018b).

La Saanen se caracteriza por su cuerpo grande y de buen desarrollo lechero. Su pelaje es blanco o crema, corto y fino, aunque ocasionalmente puede mostrar manchas en la piel o pelos oscuros aislados. Destaca por su alta producción y por su buena prolificidad. No obstante, presenta sensibilidad a la radiación solar, por lo que su desempeño es más favorable en climas templados o frescos (Belanger & Bredesen, 2018).

### **2.3.3 Toggenburg**

La raza Toggenburg tiene su origen en el valle del mismo nombre, situado en Suiza. A pesar de ser una raza propia de climas templado-fríos, ha mostrado buena adaptabilidad a regiones cálidas, incluso en ambientes tropicales. En producción, la Toggenburg se distingue por su adecuado desarrollo de la ubre y su capacidad para generar volúmenes considerables de leche (Pulido & D., 2022).

Comparada con la Alpina y la Saanen, la Toggenburg posee un tamaño ligeramente menor, aunque su aptitud lechera es similar. Es una cabra vigorosa y de temperamento alerta. Su pelaje puede ser corto o largo, predominando una textura fina y suave. Presenta características marcas blancas en la cabeza y extremidades, que representan un rasgo distintivo de la raza (Belanger & Bredesen, 2018).

### **2.3.4 Nubia**

La raza Nubia fue desarrollada en Inglaterra y es reconocida por sus orejas largas y colgantes, que sobresalen aproximadamente 2.5 cm más allá del hocico. Se clasifica como una raza de tamaño mediano a moderadamente grande, con un perfil facial convexo que se extiende desde los ojos hasta el hocico. Su pelaje puede variar entre patrones moteados y colores sólidos como rojo, café o negro, siendo estos últimos los más comunes. El pelo es corto y presenta una textura sedosa (Padrón Carreón, 2020)

A diferencia de otras razas especializadas exclusivamente en producción lechera, la Nubia es considerada de doble propósito debido a su buen desarrollo muscular y a su rendimiento en carne. Destaca también por la calidad de su leche, la cual presenta un alto contenido de grasa, con valores que pueden variar entre 3.5 % y 8 %, característica que la hace apreciada en la elaboración de quesos y otros derivados lácteos (Kholif et al., 2020)

## **2.4 Requerimientos nutricionales de caprinos lecheros**

La nutrición de los caprinos ha sido objeto de constantes actualizaciones en los últimos años, particularmente en lo relacionado con la estimación de sus requerimientos nutricionales bajo condiciones ambientales distintas a las consideradas en los modelos clásicos. En ambientes cálidos, los caprinos tienden a reducir el consumo voluntario de alimento, lo que puede derivar en una menor ingesta de energía metabolizable y proteína. Esta disminución impacta negativamente en funciones fisiológicas clave como el mantenimiento corporal, el crecimiento y la producción de leche (Teixeira et al., 2024).

Asimismo, Teixeira et al. (2024) reportan que los requerimientos de minerales como fósforo, sodio y potasio pueden incrementarse bajo condiciones de altas

temperaturas, debido a los ajustes fisiológicos asociados a la regulación del equilibrio ácido-base y a los mecanismos de termorregulación. Estas modificaciones adquieren mayor relevancia en hembras gestantes y en producción lechera, debido a sus mayores demandas nutricionales.

La determinación de los requerimientos nutricionales en caprinos lecheros está estrechamente relacionada con la composición de la dieta, particularmente con la proporción entre forraje y concentrado, debido a su influencia directa sobre el consumo de nutrientes y la eficiencia productiva. Un balance adecuado entre fibra y energía en la ración resulta fundamental para mantener niveles óptimos de ingestión y sostener la producción de leche, ya que dietas mal equilibradas pueden limitar el aporte energético necesario para cubrir las demandas fisiológicas durante la lactancia (Goetsch et al., 2019)

Una proporción elevada de forraje en la dieta favorece el adecuado funcionamiento del rumen, al estimular la masticación, la producción de saliva y la fermentación microbiana. En contraste, la inclusión de concentrado permite incrementar el aporte de energía y proteína digestible, nutrientes esenciales para sostener la producción de leche en cabras lecheras adultas (Vargas-Bello-Pérez et al., 2022).

En este contexto, Vargas-Bello-Pérez et al. (2022) documentan que el uso de dietas con una proporción de 85 % de forraje y 15 % de concentrado, expresada sobre base de materia seca, constituye una estrategia nutricional viable para cabras lecheras adultas. Esta proporción asegura que la mayor parte de la ración esté conformada por forrajes, lo que garantiza un elevado contenido de fibra efectiva, indispensable para mantener la estabilidad ruminal y prevenir alteraciones digestivas.

## **2.5 Aparato digestivo de los Caprinos**

Los caprinos, al igual que el resto de los rumiantes, presentan un sistema digestivo altamente especializado que les permite descomponer y aprovechar los nutrientes contenidos en alimentos predominantemente fibrosos. Gracias a esta adaptación fisiológica, son capaces de obtener componentes nutritivos a partir de materiales vegetales de baja calidad y de utilizar forrajes que otros animales no serían capaces de digerir de manera eficiente (Torres Callupe, 2021).

El sistema digestivo de la cabra presenta la organización típica de los rumiantes, ya que está conformado por tres preestómagos: el rumen, el retículo y el omaso. A estos se suma el abomaso, considerado el estómago verdadero por su función glandular. Cada compartimento cumple funciones específicas dentro del proceso digestivo, siendo el rumen el de mayor volumen y relevancia funcional. En el rumen se encuentra una compleja comunidad de microorganismos encargados de fermentar la celulosa y otros componentes estructurales presentes en los forrajes. El adecuado desarrollo de este órgano durante las primeras etapas de vida es determinante para la capacidad futura de ingestión y aprovechamiento del alimento. Por su parte, el retículo y el omaso participan en la separación y filtrado de partículas de mayor tamaño, mientras que el abomaso secreta ácido clorhídrico y enzimas digestivas responsables de la degradación química del alimento. La digestión se completa en el intestino delgado por acción de enzimas pancreáticas y sales biliares, y es en este tracto donde se absorbe la mayoría de los nutrientes, incluidos proteínas, vitaminas y minerales, a diferencia de los animales monogástricos, la alimentación de los rumiantes debe equilibrar no solo las necesidades del animal, sino también las de los microorganismos del rumen, con el objetivo de

optimizar la digestibilidad y cubrir los requerimientos propios de cada etapa fisiológica (Briceño & Almanza, 2022).

## **2.6 Aditivos en caprinos**

Dentro de los aditivos alimentarios, los aditivos zootécnicos representan uno de los grupos de mayor interés, debido a que su utilización puede mejorar el rendimiento productivo de los animales y contribuir a la reducción de los costos de producción. La suplementación con este tipo de aditivos se asocia con un mejor estado sanitario, lo que se refleja en una disminución de la incidencia de enfermedades y, por ende, en la reducción de los índices de morbilidad y mortalidad. Como resultado, se observa una mejora en los indicadores productivos y en la eficiencia global del sistema de producción (EFSA, 2025).

### **2.6.1 Probióticos**

En los sistemas de producción de rumiantes como caprinos, la utilización de aditivos microbianos probióticos como las levaduras *Saccharomyces cerevisiae* y *Aspergillus oryzae*, así como bacterias de los géneros *Lactobacillus* y *Bacillus* representa una estrategia nutricional con efectos comprobados sobre la eficiencia digestiva y productiva. El mecanismo de acción primordial de estos microorganismos se fundamenta en la modulación del microbiota ruminal, mediante la cual estimulan selectivamente la proliferación y actividad de poblaciones bacterianas anaerobias y celulolíticas. Dicha estimulación conduce a una mejora significativa en la degradación de la fibra dietética de los forrajes, incrementando la disponibilidad de nutrientes. Adicionalmente, los probióticos contribuyen a la estabilización del pH ruminal, favoreciendo un ambiente

microbiano más estable como funcional y con los beneficios productivos derivados de esta suplementación hay un incremento en la producción láctea (Soto-Díaz et al., 2023).

### **2.6.2 Prebióticos**

La suplementación con prebióticos provoca una disminución del pH intestinal como consecuencia del incremento en la producción de ácidos grasos de cadena corta (AGCC). Este cambio en el ambiente intestinal influye directamente en la composición del microbiota, ya que determinadas poblaciones bacterianas presentan sensibilidad a condiciones de mayor acidez. Asimismo, la fermentación modulada por los prebióticos se ha relacionado con diversos beneficios para la salud, tanto a nivel del sistema gastrointestinal como en funciones extraintestinales, contribuyendo al equilibrio microbiano y al bienestar general del organismo (Ortíz Guluarte, 2018).

### **2.6.3 Simbióticos**

La inclusión de simbióticos en la alimentación de caprinos ha adquirido importancia en los últimos años debido a su potencial para mejorar la salud digestiva y el desempeño productivo de los animales. Los simbióticos, definidos como la combinación de probióticos y prebióticos, actúan de forma sinérgica al favorecer el establecimiento, la estabilidad y la actividad de microorganismos benéficos en el tracto gastrointestinal. Su inclusión en la dieta puede generar efectos positivos sobre el rendimiento productivo y sobre características fecales relacionadas con la salud intestinal. Estos efectos sugieren que la suplementación con simbióticos contribuye a la creación de un ambiente digestivo más estable, lo que puede traducirse en una mayor eficiencia en el aprovechamiento de los nutrientes (Raksasiri et al., 2019).

#### **2.6.4 Ácidos grasos**

Los ácidos grasos en la dieta de caprinos constituyen una alternativa nutricional de importancia para mejorar el rendimiento productivo y la calidad de la leche. Además de aportar una fuente energética de alta densidad, los ácidos grasos participan activamente en la regulación del metabolismo ruminal y en los procesos asociados a la síntesis de la grasa láctea. La incorporación de fuentes lipídicas en la alimentación de cabras lecheras puede generar efectos favorables sobre el perfil lipídico de la leche, al aumentar la proporción de ácidos grasos insaturados y disminuir los saturados, lo que aporta ventajas desde el punto de vista nutricional y funcional del producto. De igual manera, la suplementación con lípidos favorece el mantenimiento del balance energético en periodos de elevada exigencia fisiológica, como la lactancia, contribuyendo a una mayor eficiencia alimenticia y al incremento de la productividad en los sistemas caprinos (Vargas-Bello-Pérez et al., 2020).

#### **2.6.5 Aditivos enzimáticos**

El uso de aditivos enzimáticos en la alimentación de caprinos se usa como una estrategia nutricional para mejorar la eficiencia digestiva y el desempeño productivo. Estos aditivos están conformados por enzimas exógenas incluyendo xilanasas,  $\beta$ -glucanasas, amilasas y proteasas que favorecen la degradación de componentes estructurales de la dieta, como la fibra, el almidón y las proteínas, los cuales pueden presentar una digestibilidad limitada cuando se suministran únicamente a partir de la fermentación ruminal natural. La suplementación con preparados enzimáticos ha demostrado estimular la actividad microbiana en el rumen, incrementando la producción de ácidos grasos volátiles, principales fuentes de energía para los rumiantes. En

caprinos, la inclusión de enzimas en la dieta se ha asociado con mejoras en el crecimiento y en el aprovechamiento de los nutrientes, sin efectos negativos sobre el estado sanitario de los animales (Zhou et al., 2023).

## **2.7 Funcionamiento de las grasas en caprinos**

La suplementación con grasas en la alimentación de caprinos ha sido ampliamente estudiada debido a su impacto en el metabolismo energético y en la calidad de los productos de origen animal. Los lípidos dietarios cumplen una función clave como fuente de energía, especialmente en cabras lecheras durante etapas de alta demanda fisiológica como la lactancia. Una vez ingeridos, los ácidos grasos son sometidos a procesos de biohidrogenación en el rumen, los cuales determinan su transformación y su posterior disponibilidad metabólica. Estos procesos influyen directamente en la eficiencia del aprovechamiento energético y en la composición de la grasa láctea. Asimismo, la inclusión controlada de grasas en la dieta puede contribuir al mantenimiento del balance energético y del estado sanitario de los animales (Savoini et al., 2019).

La incorporación de fuentes lipídicas en la dieta de cabras lecheras se ha consolidado como una estrategia nutricional para mejorar la calidad de la leche sin afectar negativamente el rendimiento productivo. La suplementación con aceites vegetales ha mostrado que es posible modificar el perfil de ácidos grasos de la leche, incrementando la proporción de ácidos grasos insaturados y reduciendo algunos ácidos grasos saturados. Además, estos cambios se asocian con variaciones en la fermentación ruminal, particularmente en la producción de ácidos grasos volátiles, lo que evidencia una interacción entre el tipo de grasa suministrada y la actividad microbiana del rumen (Vargas-Bello-Pérez et al., 2022).

El metabolismo de las grasas en los caprinos ocurre principalmente en el rumen, donde los lípidos que provienen de la dieta son transformados por la acción de los microorganismos ruminales. En esta etapa, los triglicéridos y otros compuestos lipídicos son descompuestos, liberando ácidos grasos que posteriormente pueden ser modificados por el microbiota. Los ácidos grasos insaturados, en particular, son sometidos a un proceso conocido como biohidrogenación, mediante el cual las bacterias ruminales los convierten en ácidos grasos más saturados. Este proceso influye directamente en el tipo y la cantidad de ácidos grasos que pasan al intestino para su absorción y utilización por el animal. La forma en que se lleva a cabo este metabolismo lipídico tiene un impacto importante en el aprovechamiento de la energía, así como en la composición de la grasa corporal y de la leche producida por las cabras (Giger-Reverdin et al., 2020)

## **2.8 Uso de las grasas de sobre paso en la alimentación**

El uso de grasas de sobrepaso en la alimentación de caprinos se ha propuesto como una estrategia nutricional para incrementar la densidad energética de la dieta sin interferir negativamente con los procesos de fermentación ruminal. Este tipo de lípidos presenta una baja degradabilidad en el rumen, lo que permite que una mayor proporción de los ácidos grasos alcance el intestino delgado, donde son digeridos y absorbidos de forma más eficiente, contribuyendo así a cubrir los requerimientos energéticos del animal, especialmente durante periodos de alta demanda productiva como la lactancia (Lende et al., 2018)

La suplementación con grasa de sobrepaso puede incrementar la producción de leche y mejorar su calidad, sin generar alteraciones adversas en el ambiente ruminal, lo que resulta especialmente relevante en sistemas de producción extensivos. Asimismo, se ha observado que el uso de este tipo de lípidos no modifica de manera significativa los principales parámetros de fermentación ruminal, lo que indica una adecuada adaptación del ecosistema microbiano a su inclusión en la dieta. Estos hallazgos respaldan el uso de grasas de sobrepaso como una alternativa nutricional viable para mejorar la eficiencia productiva en caprinos, siempre que su inclusión se realice de forma controlada y balanceada dentro de la ración (Esquive-Romo et al., 2024).

Su aplicación favorece la digestibilidad de la fibra detergente neutro y estimula el consumo de fibra, además de generar efectos positivos sobre diversos indicadores del desempeño productivo, entre ellos el peso de la canal, el cual puede incrementarse sin afectar la funcionalidad ruminal. En este sentido, se considera una herramienta nutricional de alto valor, ya que contribuye a optimizar la eficiencia energética de las dietas empleadas en los sistemas de producción de rumiantes (Albarki et al., 2024).

## **IV. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.1 Localización del estudio**

La presente investigación se llevó a cabo en las instalaciones ovinas y caprinas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), las cuales se localizan en el municipio de Saltillo, estado de Coahuila, México. Dichas instalaciones se encuentran a aproximadamente 8 km al suroeste de la ciudad de Saltillo, entre las coordenadas geográficas 25° 20' 50.82" de latitud norte y 101° 01' 49.97" de longitud oeste.

El área de estudio se sitúa a una altitud de aproximadamente 1 800 metros sobre el nivel del mar y presenta una temperatura media anual de 17.9 °C

### **3.2 Animales experimentales**

Se utilizaron 12 cabras multíparas de la raza Alpina, las cuales fueron distribuidas en dos tratamientos experimentales, con seis animales por tratamiento, constituyendo el número de repeticiones por grupo.

El Tratamiento 1 (T1) estuvo conformado por cabras con un peso corporal promedio de  $49.1 \pm 7.0$  kg, mientras que el Tratamiento 2 (T2) incluyó animales con un peso corporal promedio de  $50.0 \pm 6.3$  kg.

### **3.3 Manejo alimenticio y descripción de los tratamientos**

Los animales fueron asignados a dos tratamientos experimentales de acuerdo con la suplementación dietaria. El tratamiento 1; Sin grasa (Sin G) correspondió a cabras que recibieron la dieta base sin inclusión de grasa suplementaria ( Maíz 81% y pasta de soya 19%; con una aporte de 3.0 Mcal/kg y 15% de Proteína Cruda), las cuales recibieron 500 g/cabra/día, mientras que el tratamiento 2; Con grasa (Con G) incluyó cabras cuya dieta

fue suplementada con una fuente de grasa ( Grasa de sobrepaso 3%, Maíz 77% y Pasta de Soya 20%; con una aporte de 3.0 Mcal/kg y 15% de Proteína Cruda) las cuales recibieron 500 g/cabra/día.

Los animales fueron alimentados dos veces al día, a las 08:00 y 16:00 h, con acceso libre a agua limpia y fresca durante todo el periodo experimental.

### **3.4 Periodo experimental y muestreo**

El experimento se llevó a cabo a partir del 11 de febrero de 2024, con una duración total de ocho semanas. Durante este periodo, se realizó la toma de muestras de forma semanal, obteniéndose un total de ocho muestreos, concluyendo el 21 de abril de 2024.

### **3.5 Análisis de laboratorio**

Las muestras de leche fueron trasladadas al Laboratorio del Departamento de nutrición animal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), donde se almacenaron a una temperatura de -20 °C hasta su análisis.

La determinación de la lactosa, proteína, sólidos no grasos, cenizas, densidad y sólidos totales se realizó mediante una analizadora de leche MilkoScope, modelo Julie C3 Automatic, de acuerdo con las especificaciones del fabricante.

### **3.6 Variables evaluadas**

Durante el periodo experimental se evaluaron variables productivas y de composición de la leche, registradas de manera semanal en ambos tratamientos.

#### **3.6.1 Producción de leche**

La producción de leche (kg) se registró individualmente por animal en cada ordeño, considerándose la cantidad total producida durante cada periodo de muestreo.

### **3.6.2 Composición de la leche**

A partir de las muestras recolectadas, se determinó la composición química de la leche, evaluándose los siguientes componentes:

Grasa (%)

Proteína (%)

Lactosa (%)

Sólidos no grasos (%)

Sólidos totales (%)

Cenizas (%)

Asimismo, se determinó la densidad de la leche, expresada en g/mL, como indicador físico de su calidad y como variable relacionada con el contenido de sólidos totales. Las variables de composición se expresaron en porcentaje (%), mientras que la producción de leche se expresó en kilogramos (kg).

### **3.7 Análisis estadístico**

Los datos fueron analizados con el Modelo Lineal Generalizado (GENMOD) del paquete estadístico (SAS 2013), se utilizó la prueba de tukey para la comparación de medias ( $p < 0.05$ ).

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Producción de leche

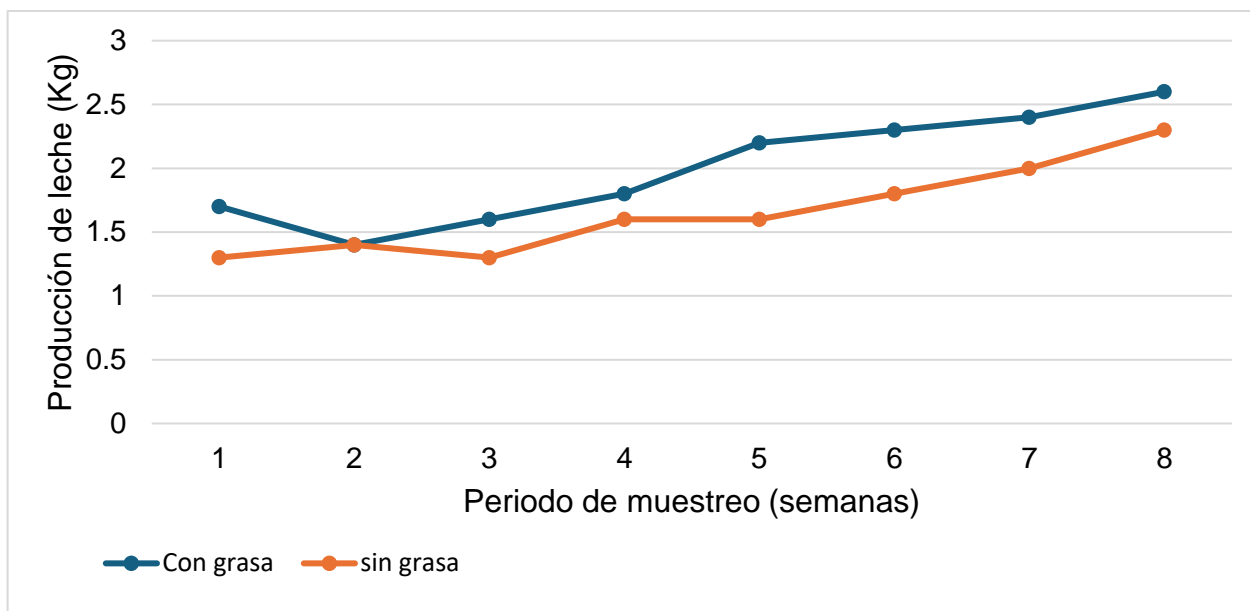
La producción de leche (kg) de cabras alimentadas con grasa y sin suplementación con grasa durante los distintos periodos de muestreo (Cuadro 2). En general, se observa una tendencia a una mayor producción de leche en el tratamiento Con grasa en comparación con el tratamiento Sin grasa a lo largo del periodo experimental.

Asimismo, la producción de leche mostró un incremento progresivo conforme avanzaron los periodos de evaluación en ambos tratamientos, siendo más evidente en las cabras suplementadas con grasa.

**Cuadro 2.** Producción de leche (kg) de cabras alimentadas con y sin suplementación con grasa durante el periodo experimental.

	Producción leche		
	Sin	Con	EEM
Ordeño 1	1.3	1.7	0.131
Ordeño 2	1.4	1.4	0.111
Ordeño 3	1.3	1.6	0.092
Ordeño 4	1.6	1.8	0.124
Ordeño 5	1.6	2.2	0.212
Ordeño 6	1.8	2.3	0.185
Ordeño 7	2.0	2.4	0.185
Ordeño 8	2.3	2.6	0.120

**Nota.** EEM = error estándar de la media. Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).



**Figura 3.** Producción de leche (kg) de cabras alimentadas con y sin suplementación con grasa durante el periodo experimental.

Como se observa en la Figura 3, la producción de leche mostró un incremento progresivo a lo largo de los ocho periodos de evaluación en ambos tratamientos, siendo mayor en el grupo con suplementación con grasa a partir del cuarto periodo.

#### 4.2 Composición general de la leche

En el Cuadro 3 se muestra la composición general de la leche de cabras alimentadas con y sin suplementación con grasa. Los resultados indican que la inclusión de grasa en la dieta no modificó de manera importante la composición química de la leche, observándose valores similares entre tratamientos para la mayoría de los componentes evaluados.

Sin embargo, la producción promedio de leche fue significativamente mayor ( $p < 0.05$ ) en el tratamiento Con grasa, como lo indican las diferentes literales (a, b), lo que

evidencia un efecto positivo de la suplementación con grasa sobre el rendimiento productivo, sin afectar la calidad de la leche.

**Cuadro 3.** Composición general de la leche de cabras alimentadas con y sin suplementación con grasa.

Componente	TRATAMIENTOS		
	Sin G	Con G	EEM
Grasa, %	2.82	2.85	0.138
Densidad (g/mL)	1.0284	1.0278	0.000275
Lactosa, %	4.63	4.53	0.039
Proteína, %	3.00	3.02	0.038
Sólidos no grasos, %	8.43	8.30	0.072
Sólidos Totales, %	11.25	11.15	0.156
Cenizas, %	0.71	0.68	0.014
Producción de leche (kg)	1.73 <sup>b</sup>	2.05 <sup>a</sup>	0.102

EEM = error estándar de la media. Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

#### 4.3 Composición de la leche por periodo de muestreo

En los Cuadros 4, 5, 6, 7 y 8 se presentan los resultados correspondientes a la composición de la leche de cabras alimentadas con y sin suplementación con grasa durante los distintos periodos de muestreo.

En general, los porcentajes de lactosa, proteína, sólidos no grasos, sólidos totales y cenizas, así como la densidad de la leche, mostraron valores similares entre tratamientos a lo largo del periodo experimental. Las variaciones observadas entre periodos fueron moderadas y no evidenciaron una tendencia consistente asociada a la suplementación con grasa.

### 4.3.1 Lactosa

El contenido de lactosa se mantuvo relativamente constante durante los periodos evaluados en ambos tratamientos, observándose ligeras variaciones entre periodos, sin que se identifique un efecto claro de la suplementación con grasa sobre esta variable

**Cuadro 4.** Contenido de lactosa (%) de la leche por periodo de muestreo en cabras Alpinas con y sin suplementación con grasa

Periodo	TRATAMIENTOS		
	Sin G	Con G	EEM
1	4.8	4.7	0.062
2	4.8	4.5	0.089
3	4.7	4.6	0.146
4	4.5 <sup>a</sup>	4.2 <sup>b</sup>	0.078
5	4.6	4.7	0.109
6	4.6	4.4	0.047
7	4.7	4.6	0.075
8	4.4	4.6	0.173

EEM = error estándar de la media. Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

### 4.3.2 Proteína

El porcentaje de proteína presentó fluctuaciones entre periodos en ambos tratamientos; sin embargo, los valores registrados fueron comparables entre el tratamiento Sin grasa y el tratamiento Con grasa durante el periodo experimenta

**Cuadro 5.** Contenido de proteína en leche (%) por periodo de muestreo en cabras

Alpinas con y sin suplementación con grasa

Periodo	TRATAMIENTOS		
	Sin G	Con G	EEM
1	3.2	3.2	0.045
2	3.2	3.1	0.064
3	2.8	3.0	0.121
4	3.0 <sup>a</sup>	2.8 <sup>b</sup>	0.051
5	3.1	3.1	0.072
6	2.7	2.9	0.156
7	3.1	3.1	0.050
8	2.9	3.0	0.118

EEM = error estándar de la media. Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

**4.3.3 Sólidos no grasos**

Los sólidos no grasos mostraron un comportamiento similar entre tratamientos a lo largo de los periodos de muestreo, manteniéndose dentro de rangos normales para la leche de cabra

**Cuadro 6.** Contenido de sólidos no grasos en leche (%) de cabras Alpinas con y sin suplementación con grasa durante ocho semanas de lactancia.

Periodo	TRATAMIENTOS		
	Sin G	Con G	EEM
1	8.6	8.6	0.121
2	8.8	8.3	0.159
3	8.6	8.4	0.268
4	8.2 <sup>a</sup>	7.7 <sup>b</sup>	0.141
5	8.5	8.6	0.197
6	8.3	8.1	0.087
7	8.6	8.4	0.138
8	7.9	8.3	0.314

EEM = error estándar de la media. Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

#### 4.3.4 Sólidos totales

El contenido de sólidos totales presentó variaciones entre periodos en ambos tratamientos, sin observarse un patrón definido atribuible a la inclusión de grasa en la dieta.

**Cuadro 7.** Contenido de sólidos totales en leche (%) de cabras Alpinas con y sin suplementación con grasa durante ocho semanas de lactancia.

Periodo	TRATAMIENTOS		
	Sin G	Con G	EEM
1	11.8	12.5	0.414
2	12.6	11.88	0.532
3	11.19	10.98	0.487
4	10.64	10.65	0.269
5	10.98	10.90	0.405
6	10.56	10.18	0.234
7	11.46	10.81	0.348
8	11.10	11.29	0.454

EEM = error estándar de la media. Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

#### 4.3.5 Cenizas

El contenido de cenizas se mantuvo estable entre tratamientos durante los distintos periodos de evaluación, con ligeras variaciones entre periodos que no mostraron una relación consistente con la suplementación con grasa.

**Cuadro 8.** Contenido de cenizas en leche (%) de cabras Alpinas con y sin suplementación con grasa durante ocho semanas de lactancia.

Periodo	TRATAMIENTOS		
	Sin G	Con G	EEM
1	0.71	0.71	0.009
2	0.89	0.69	0.084
3	0.71	0.68	0.022
4	0.67	0.63	0.011
5	0.70	0.70	0.016
6	0.68	0.66	0.007
7	0.70	0.69	0.011
8	0.65	0.68	0.026

EEM = error estándar de la media. Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

#### 4.3.6 Densidad de la leche

La densidad de la leche, expresada en g/mL, presentó valores relativamente constantes durante el periodo experimental en ambos tratamientos (Cuadro 9). Los valores oscilaron entre 1.0255 y 1.0296 g/mL, ubicándose dentro del rango normal reportado para leche de cabra.

Las variaciones registradas entre periodos fueron leves y no mostraron una tendencia asociada a la suplementación con grasa.

**Cuadro 9.** Densidad de la leche de cabras Alpinas con y sin suplementación con grasa durante ocho semanas de lactancia.

Periodo	Densidad		
	Sin G	Con G	EEM
1	1.0287	1.0277	0.000478
2	1.0290	1.0271	0.000615
3	1.0296	1.0281	0.000925
4	1.0279	1.0255	0.000628
5	1.0294	1.0289	0.000595
6	1.0282	1.0280	0.000403
7	1.0290	1.0285	0.000516
8	1.0262	1.0279	0.001044

EEM = error estándar de la media. Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

#### **4.4 Producción de leche**

La producción promedio de leche fue mayor en el tratamiento suplementado con grasa (2.05 kg) en comparación con el tratamiento sin suplementación (1.73 kg), lo que representa un incremento aproximado de 0.32 kg por animal por día. Además, a lo largo de los ocho periodos de muestreo se observó una tendencia creciente en ambos tratamientos; sin embargo, el grupo con grasa mantuvo valores consistentemente superiores.

Este resultado sugiere que la suplementación lipídica contribuyó a mejorar el aporte energético de la dieta, favoreciendo la síntesis láctea durante el periodo experimental. En rumiantes en lactancia, la energía es uno de los principales factores limitantes de la producción, por lo que el incremento observado indica que la inclusión de grasa pudo haber optimizado la utilización de nutrientes disponibles.

Savoini et al. (2019) señalan que la suplementación con lípidos incrementa la densidad energética de la ración y puede mejorar la eficiencia productiva cuando se emplean niveles adecuados. En concordancia, Esquive-Romo et al. (2024) reportaron incrementos en la producción de leche en cabras suplementadas con grasa protegida, lo que respalda la respuesta observada en el presente estudio.

No obstante, es importante señalar que el incremento productivo debe analizarse considerando el nivel de inclusión y la duración del experimento. Aunque el aumento fue consistente, no se evaluaron parámetros metabólicos adicionales que permitan determinar con mayor precisión el impacto fisiológico de la suplementación. Aun así, los

resultados indican que, bajo las condiciones evaluadas, la estrategia nutricional fue efectiva.

#### **4.5 Composición de la leche**

En contraste con el incremento en producción, la composición química de la leche no mostró cambios marcados entre tratamientos en los porcentajes de grasa, proteína, lactosa, sólidos no grasos y sólidos totales. Esto sugiere que la suplementación energética no alteró significativamente los mecanismos de síntesis de los principales componentes lácteos.

Vargas-Bello-Pérez et al. (2020) mencionan que la inclusión de grasa en la dieta puede modificar el perfil de ácidos grasos sin afectar necesariamente la concentración total de los componentes mayoritarios, lo cual coincide con los resultados obtenidos. Asimismo, Giger-Reverdin et al. (2020) indican que la lactosa es uno de los componentes más estables de la leche debido a su papel regulador en la secreción láctea, lo que explica su comportamiento constante durante el periodo experimental.

Por otra parte, Lende et al. (2018) señalan que cuando la suplementación lipídica se mantiene dentro de rangos adecuados, no se presentan alteraciones importantes en la fermentación ruminal ni en la síntesis de proteína láctea. Esto podría justificar la estabilidad observada en la proteína y los sólidos totales en el presente estudio.

Aunque se registraron ligeras variaciones entre periodos de muestreo, estas no mostraron un patrón consistente atribuible directamente al tratamiento, lo que sugiere que pudieron deberse a fluctuaciones fisiológicas propias de la lactancia.

#### **4.6 Análisis crítico e implicaciones productivas**

Desde un enfoque productivo, los resultados indican que la suplementación con grasa permitió incrementar la cantidad de leche producida sin comprometer su calidad composicional. Esto representa una ventaja estratégica, ya que se mejora el rendimiento sin afectar los parámetros básicos de calidad.

Sin embargo, sería pertinente considerar en estudios futuros la evaluación de parámetros adicionales como eficiencia alimenticia, balance energético o perfil de ácidos grasos, con el fin de profundizar en el impacto metabólico de la suplementación.

En términos generales, bajo las condiciones experimentales evaluadas, la inclusión de grasa en la dieta de cabras Alpinas multíparas demostró ser una alternativa nutricional viable para optimizar la producción de leche sin generar alteraciones importantes en su composición.

## **VI. CONCLUSIONES**

La suplementación con grasa en la dieta de cabras Alpinas multíparas permitió incrementar la producción promedio de leche en comparación con el tratamiento sin suplementación, evidenciando un efecto positivo sobre el rendimiento productivo. A lo largo de los ocho periodos de muestreo se observó una tendencia creciente en la producción de leche en ambos tratamientos, manteniéndose valores superiores en el grupo suplementado.

Por otra parte, la inclusión de grasa no generó modificaciones importantes en la composición química de la leche, ya que los porcentajes de grasa, proteína, lactosa, sólidos no grasos, sólidos totales y cenizas se mantuvieron estables durante el periodo experimental. Estos resultados indican que la suplementación energética fue implementada en un nivel adecuado, sin comprometer la calidad composicional del producto. Bajo las condiciones evaluadas, la suplementación con grasa puede considerarse una estrategia nutricional viable para mejorar la producción de leche en cabras lecheras sin afectar negativamente sus características fisicoquímicas.

## VII. LITERATURA CITADA

- Albarki, H. R., Kusuma, R. I., Daulai, M. S., Suntara, C., Iwai, C. B., Jayanegara, A., & Cherdthong, A. (2024). Effects of rumen-protected fat on rumen fermentation products, meat characteristics, cattle performance, and milk quality: A meta-analysis. *Animal Feed Science and Technology*, 318, 116137. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2024.116137>
- Belanger, J., & Bredesen, S. T. (2018). *Storey's guide to raising dairy goats* (5.<sup>a</sup> ed.). Storey Publishing.
- Briceño, D. E., & Almanza, I. (2022). *Uso del melarumen como alternativa para mejorar la ganancia media diaria y conversión alimenticia en caprinos (Capra hircus)*, Managua, 2021 [Trabajo de graduación, UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA]. <https://repositorio.una.edu.ni/4585/1/tnl02b849.pdf>
- Capgènes. (2018a). *La raza Alpina Francesa* [Folleto técnico]. Capgènes. [https://www.capgenes.com/wp-content/uploads/2018/04/la\\_race\\_alpine\\_francaise\\_ES.pdf](https://www.capgenes.com/wp-content/uploads/2018/04/la_race_alpine_francaise_ES.pdf)
- Capgènes. (2018b). *La raza Saanen francesa* [Folleto técnico]. Capgènes. [https://www.capgenes.com/wp-content/uploads/2018/04/la\\_race\\_saanen\\_francaise\\_ES.pdf](https://www.capgenes.com/wp-content/uploads/2018/04/la_race_saanen_francaise_ES.pdf)
- Desarrollo Rural, S. de A. y D. (2015, junio 9). *La capricultura en México*. gob.mx. <http://www.gob.mx/agricultura/articulos/la-capricultura-en-mexico>
- DGSIAP. (2024). *Anuario Estadístico de la Producción Ganadera*. [https://nube.agricultura.gob.mx/cierre\\_pecuario/](https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_pecuario/)
- EFSA. (2025). *Aditivos para piensos*. <https://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/feed-additives>
- Esquive-Romo, A., Bustamante-Andrade, J. A., Gutiérrez-Guzmán, U. N., Ríos-Vega, M. E., Barrera-Flores, L. J., López-Calderón, M. J., Granados-Niño, J. A., & González-Mancilla, A. (2024). Bypass Fat Increases Milk Production and Quality in Goats under Extensive Management. *Asian Journal of Dairy and Food Research*, 43(3), 559-565. <https://doi.org/10.18805/AJDFR.%2520DRF-409>
- Giger-Reverdin, S., Domange, C., Broudiscou, L. P., Sauvant, D., & Berthelot, V. (2020). Rumen function in goats, an example of adaptive capacity. *Journal of Dairy Research*, 87(1), 45-51. <https://doi.org/10.1017/S0022029920000060>
- Goetsch, K. F., Xavier Eloy, A. M., Carneiro Matos, M. N., Peixoto, R. M., de Aragão, P. de T. T. D., Rizaldo Pinheiro, R., & da Cunha, R. M. S. (2019). Use of proteomics in the

study of the acute phase of caprine arthritis encephalitis in seminal plasma. *Small Ruminant Research*, 181, 39-44. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.10.004>

Gonzales Israel, Andrade, L. H., Anaya, E. R., Espinosa, G. G., & Elvira, S. E. M. (2025). Characterization of family goat farms and determination of risk factors associated with the sanitary qualities of raw milk and fresh cheese in three production areas in Mexico. *Veterinary World*, 18(4), 927-938. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2025.927-938>

INIFAP. (2022, junio 23). *Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias*. Producción caprina en terrenos extensivos. [https://www.gob.mx/inifap/articulos/produccion-caprina-en-terrenos-extensivos?utm\\_source](https://www.gob.mx/inifap/articulos/produccion-caprina-en-terrenos-extensivos?utm_source)

Kholif, A. E., Gouda, G. A., & Hamdon, H. A. (2020). Performance and Milk Composition of Nubian Goats as Affected by Increasing Level of *Nannochloropsis oculata* Microalgae. *Animals*, 10(12), 2453. <https://doi.org/10.3390/ani10122453>

Lende, S. R., Deshmukh, A. D., Dhok, A. P., Kharkar, K. P., Raghuwanshi, D. S., Khati, B. M., & Harke, M. P. (2018). Effect of feeding bypass fat and bypass protein on rumen fermentation characteristics of local goats. *Journal of Krishi Vigyan*, 7(1), 87-90.

Montemayor Andrade, H. M. (2017, julio 14). *Producción de caprino en México*. INTERNATIONAL GOAT ASSOCIATION. <http://www.iga-goatworld.com/1/post/2017/07/produccion-de-caprino-en-mexico.html>

Ortíz Guluarte, J. de J. (2018). *Prebióticos y probióticos como moduladores de la fermentación ruminal*. <https://hdl.handle.net/20.500.12930/1491>

Padrón Carreón, J. E. (2020). *Crecimiento de cabritos de razas productoras de carne del nacimiento a los 150 días de edad* [UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ]. <https://repositorioinstitucional.uaslp.mx/xmlui/handle/i/3446>

Pulido, prieto, & D., S. (2022). Razas de caprinos para leche. *Gaceta sobre Rumiantes Pequeños*, 1(4).

Raksasiri, B., Paengkoum, S., Thitisak, P., & Paengkoum, P. (2019). *Effect of Synbiotics in Creep Feed on Productive Performance and Selected Fecal Characteristics of Goat Kids*. 21(5), 1019-1023. <https://doi.org/10.17957/IJAB/15.0988>

Robles, J. M., Hernández, J. E., Moreno, S., Ibarra, F. A., Martín, M. H., & Rodríguez, J. del C. (2020). LINEA BASE DE INDICADORES PRODUCTIVOS Y REPRODUCTIVOS DE LA CAPRINOCULTURA DE LA MIXTECA POBLANA EN MÉXICO. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 47. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.308714>

Savoini, G., Omodei Zorini, F., Farina, G., Agazzi, A., Cattaneo, D., & Invernizzi, G. (2019). Effects of Fat Supplementation in Dairy Goats on Lipid Metabolism and Health Status. *Animals: an Open Access Journal from MDPI*, 9(11), 917. <https://doi.org/10.3390/ani9110917>

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2017, noviembre 28). *La caprinocultura en México*. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/la-caprinocultura-en-mexico>

SIAP. (2023). *Población ganadera | Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera | Gobierno | gob.mx. Población ganadera*. [https://nube.agricultura.gob.mx/poblacion\\_ganadera/](https://nube.agricultura.gob.mx/poblacion_ganadera/)

Soto-Díaz, A., Rondón-Castillo, A. J., & Iglesias-Gómez, J. M. (2023). Probióticos en la producción animal: Mecanismos de acción y efectos beneficiosos para la ganadería. *Pastos y Forrajes*, 46. <https://www.redalyc.org/journal/2691/269176991002/>

Teixeira, I. A. M. A., Härter, C. J., Vargas, J. A. C., Souza, A. P., & Fernandes, M. H. M. R. (2024). Review: Update of nutritional requirements of goats for growth and pregnancy in hot environments. *animal, Selected keynote lectures of the 74th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science (Lyon, France)*, 18, 101219. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2024.101219>

Torres Callupe, L. L. (2021). *Sistemas de alimentación nutricional en caprinos* [Monografía de Pregrado, Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle]. <https://repositorio.une.edu.pe/entities/publication/repositorio.une.edu.pe>

Vargas-Bello-Pérez, E., Oca, C. A. G. M. de, Salas, N. P., Flores, J. G. E., Bernal, J. R., Robles-Jimenez, L. E., & Gonzalez-Ronquillo, M. (2020). Productive Performance, Milk Composition and Milk Fatty Acids of Goats Supplemented with Sunflower and Linseed Whole Seeds in Grass Silage-Based Diets. *Animals*, 10(7). <https://doi.org/10.3390/ani10071143>

Vargas-Bello-Pérez, E., Pedersen, N. C., Khushvakov, J., Ye, Y., Dhakal, R., Hansen, H. H., Ahrné, L., & Khakimov, B. (2022). Effect of Supplementing Dairy Goat Diets With Rapeseed Oil or Sunflower Oil on Performance, Milk Composition, Milk Fatty Acid Profile, and in vitro Fermentation Kinetics. *Frontiers in Veterinary Science*, 9. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.899314>

Zhou, G., Liang, X., He, X., Li, J., Tian, G., Liu, Y., Wang, X., Chen, Y., & Yang, Y. (2023). Compound enzyme preparation supplementation improves the production performance of goats by regulating rumen microbiota. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 107(23), 7287-7299. <https://doi.org/10.1007/s00253-023-12804-w>