

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS



Relación entre el peso corporal y el contenido de grasa en leche de cabras, al ser alimentadas o no con grasa de sobrepeso en un sistema intensivo en la Comarca Lagunera.

Por:

**BRAYAN RAMÓN DUBÓN MORALES**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Torreón, Coahuila, México

Noviembre 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS

Relación entre el peso corporal y el contenido de grasa en leche de cabras, al ser alimentadas o no con grasa de sobrepeso en sistema intensivo en la Comarca Lagunera

Por:

**BRAYAN RAMÓN DUBÓN MORALES**

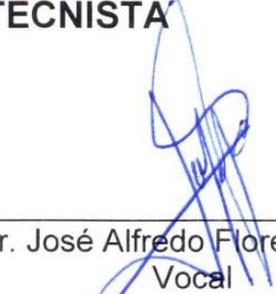
TESIS

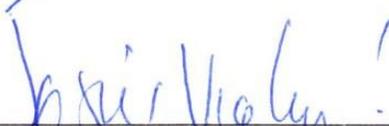
Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Aprobada por:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Horacio Hernández Hernández  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
Dr. José Alfredo Flores Cabrera  
Vocal

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Jesús Vielma Sifuentes  
Vocal

  
\_\_\_\_\_  
M.B. Ricardo Avilés Ruiz  
Vocal Suplente

  
\_\_\_\_\_  
MC. J. GUADALUPE RODRÍGUEZ MARTÍNEZ  
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal

Torreón, Coahuila, México

Noviembre 2019



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS

Relación entre el peso corporal y el contenido de grasa en leche de cabras, al ser alimentadas o no con grasa de sobrepeso en sistema intensivo en la Comarca Lagunera

Por:

**BRAYAN RAMÓN DUBÓN MORALES**

TESIS

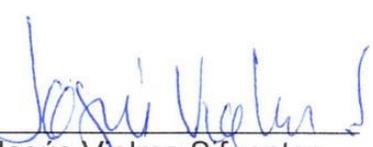
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Horacio Hernández Hernández  
Asesor Principal

  
\_\_\_\_\_  
Dr. José Alfredo Flores Cabrera  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Jesús Velma Sifuentes  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
MC. J. GUADALUPE RODRÍGUEZ MARTÍNEZ  
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal

Torreón, Coahuila, México



Noviembre 2019

## AGRADECIMIENTOS

**A mi Dios**, quien me da la dicha de poder cumplir un objetivo más en mi proyecto de vida. Quien ha estado en los momentos más difíciles de mi camino.

**A mi Alma Terra Mater**, la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por ser mi hogar durante estos años de estudio y por las facilidades y recursos que me brindó para realizar mis estudios de licenciatura.

**A mis asesores**, el Dr. Horacio Hernández Hernández; Dr. José Alfredo Flores Cabrera; Dr. Jesús Vielma Sifuentes y al Dr. Ricardo Avilés, que gracias al apoyo brindado y las enseñanzas hoy culmino una de mis más grandes metas en la vida.

**A mis maestros**, a cada uno de los docentes que con sus experiencias, consejos y orientación nos transmiten su conocimiento que enriquece el aprendizaje académico y personal en cada uno de mis compañeros y de mí mismo.

**A mis amigos**, a quienes nombres sobran para poner en una lista, a cada uno de ellos quien me brindó su confianza, amistad, apoyo y consejos.

**Al productor de cabras Profesor Jesús Abasta** (Matamoros, Coahuila), por facilitar los animales utilizados en el proyecto de investigación de la presente tesis.

## DEDICATORIAS

**A mis Padres,** Noe Ramon Dubón Rodriguez; Maricela Morales Villatoro que con sus consejos, orientación y apoyo incondicional he tomado cada decisión con certeza y paciencia. Quienes además de ser unas extraordinarias personas, han contribuido a mi formación personal.

**A mis Hermanos:** Ebelin Jiménez Morales, Francisco I. Jiménez Morales y Eilin I. Dubón Morales. a quienes con sus consejos, convivencia, apoyo y afecto me han enseñado a ser una mejor persona y dar el valor merecedor de tener una bonita familia.

**A mi novia Elizabeth Medellín Rosales,** que, gracias a su apoyo, consejos y amor incondicional que me brindó sirvió para mi preparación académica.

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue investigar si la complementación con grasa de sobrepaso en cabras que parieron en diciembre puede modificar el peso corporal, la producción de leche y sus contenidos como grasa, proteína y lactosa. Para ello, se utilizaron 12 cabras encastadas adultas, con una condición corporal de  $2.1 \pm 0.4$  puntos. Todas las cabras fueron mantenidas en un sistema intensivo recibiendo diariamente una dieta base que consistió de heno de alfalfa (1.0 kg/animal); ensilaje de sorgo (1.0 kg/animal) y concentrado comercial (0.2 kg/animal). Se formaron dos grupos de cabras: en el grupo control, las cabras fueron alimentadas con la dieta base y no se suplementaron con grasa de sobrepaso (GC;  $n=7$ ). Las cabras del grupo experimental se alimentaron como las del GC, pero además en la dieta se le adicionó 5% de grasa de sobrepaso (GE;  $n=5$ ). En todas las cabras, las variables mencionadas arriba, fueron medidas durante 11 semanas de lactancia. Las cabras del GE tuvieron un mayor peso corporal ( $P=0.001$ ) durante el estudio que las cabras del GC. Las cabras del GE produjeron durante el periodo de estudio significativamente más leche ( $P=0.0001$ ) con mayor porcentaje de grasa en leche ( $P=0.001$ ), proteína ( $P=0.001$ ) y lactosa ( $P=0.001$ ) en leche que las cabras del GC. Los resultados de la presente tesis indican que a las cabras que se les adiciona grasa de sobrepaso en su dieta mantiene un mayor peso corporal de los animales y estimula una mayor producción de leche, con mayor porcentaje de grasa, proteína y lactosa que las cabras a las que no se les adiciona dicha grasa en su dieta.

**Palabras clave:** Cabras, Grasa de sobrepaso, Producción de leche, Peso corporal, Proteína, lactosa.

# ÍNDICE

|   |     |
|---|-----|
| AGRADECIMIENTOS .....   | i   |
| DEDICATORIAS .....  | ii  |
| RESUMEN.....  | iii |
| ÍNDICE DE FIGURAS .....   | vi  |
| CAPITULO I .....  | 1   |
| INTRODUCCIÓN .....  | 1   |
| CAPITULO II .....   | 3   |
| REVISIÓN DE LITERATURA .....  | 3   |
| 1. Generalidades de la caprinocultura .....                                 | 3   |
| 2. Distribución geográfica de ganado caprino .....                          | 3   |
| 2.1. Producción de leche de cabra en México y la región Lagunera .....      | 4   |
| 2.2. Características de la leche de cabra .....                             | 5   |
| 2.2.1. Principales componentes de la leche de cabra .....                   | 6   |
| 2.2.1.1. Proteína en la leche de cabra .....                                | 6   |
| 2.2.1.2. Lactosa en la leche de cabra .....                                 | 7   |
| 2.2.1.3. Grasa en la leche de cabra .....                                   | 7   |
| 2.3. Fisiología de la síntesis de la leche. ....                            | 8   |
| 2.3.1. Como se sintetiza la grasa en la glándula mamaria.....               | 10  |
| 2.3.2. Como se sintetiza la proteína en la glándula mamaria.....            | 11  |
| 2.3.3. Como se sintetiza la Lactosa en la glándula mamaria .....            | 11  |
| 2.4. Efectos de la nutrición en la calidad de la leche .....                | 12  |
| 2.4.1. Efecto del suministro de energías en la composición de la leche..... | 12  |
| 2.4.2. Efectos de una subnutrición .....                                    | 13  |
| 2.4.3. Efectos de una sobrealimentación .....                               | 13  |
| 2.4.4. Efectos de suplementos lipídicos (grasas de sobrepaso).....          | 14  |
| OBJETIVOS .....   | 16  |
| HIPÓTESIS .....   | 16  |
| MATERIALES Y MÉTODOS .....  | 17  |

|   |    |
|---|----|
| Lugar de estudio.....   | 17 |
| Condiciones Generales de Manejo.....  | 17 |
| Diseño experimental .....   | 18 |
| VARIABLES EVALUADAS .....   | 18 |
| <i>Producción de leche</i> .....  | 18 |
| <i>Componentes de la leche</i> .....  | 19 |
| <i>Peso corporal</i> .....  | 19 |
| Análisis de Datos.....  | 19 |
| RESULTADOS.....   | 21 |
| 1. <i>Producción de leche</i> .....   | 21 |
| 2. <i>Peso corporal</i> .....   | 22 |
| 3. <i>Contenido de grasa en leche</i> .....   | 23 |
| 4. <i>Contenido de proteína en leche</i> .....  | 24 |
| 5. <i>Contenido de lactosa en leche</i> .....   | 25 |
| 6. <i>Correlación entre el peso corporal y contenido de grasa en leche (grupo experimental y grupo control)</i> ..... | 26 |
| DISCUSIÓN .....   | 29 |
| CAPITULO V .....  | 32 |
| CONCLUSIONES.....   | 32 |
| CAPITULO VI.....  | 33 |
| LITERATURA CITADA.....  | 33 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|            |  |           |
|------------|--|-----------|
| Figura 1.  | Producción de leche caprina por entidad federativa a nivel nacional  | Página 4  |
| Figura. 2. | Diagrama de alveolo mamario y células epiteliales alveolares que muestran vías para la secreción de leche. La leche es secretada por alveolos y células epiteliales en el lumen. | Página 8  |
| Figura 3.  | Cambios en la producción de leche de cabras en 11 semanas de medición.   | Página 21 |
| Figura 4.  | Cambios en los pesos de cabras en 11 semanas de medición.  | Página 22 |
| Figura 5.  | Cambios en el contenido de grasa en leche de cabras en 11 semanas de medición.   | Página 23 |
| Figura 6.  | Cambios en el contenido de proteína en leche de cabras en 11 semanas de medición.  | Página 24 |
| Figura 7.  | Cambios en el contenido de lactosa en leche de cabras en 11 semanas de medición.   | Página 25 |
| Figura 8.  | Correlación del contenido de grasa en leche y ganancia de peso corporal de cabras en 11 semanas de medición.   | Página 27 |

## CAPITULO I

### INTRODUCCIÓN

La producción de leche de cabras se ha escogido como una de las opciones que permite la manutención del hombre en el medio rural y generar alimentos de autoconsumo y venta. Los productos lácteos muestran elevada digestibilidad y alto valor nutricional, destacando su aporte proteico y su riqueza en calcio y vitaminas (Contreras, 2001). Por lo cual la leche y los productos lácteos constituyen una fuente abundante de nutrientes para la población de muchos países, siendo considerable el volumen del comercio internacional de productos derivados de la leche de cabra, principalmente por países industrializados (FAO, 2009). Además de presentar características nutricionales que mejoran el estado de salud humano. Muchos autores aseguran que contiene numerosos nutrientes que la hacen comparable a la leche materna humana (Haenlein, 2004; Sánchez, 2011).

La transformación de la leche en queso es el principal valor agregado, por lo que en la producción de leche (volumen), el contenido proteico (caseína) y el contenido en grasa (perfil de ácidos grasos) de la leche adquiere una especial importancia, ya que influye en el rendimiento quesero y el tipo de queso producido (Sanz *et al.*, 2000).

En la Comarca Lagunera se ha registrado un inventario de 413,217 cabras, siendo esta región una de las principales productoras de leche de cabra con una producción de 66,495,000 litros en el 2010 (SIAP, 2017).

La caprinocultura en zonas áridas y semiáridas se basa en el pastoreo libre de razas encastadas, presentándose en la región periodos del año con insuficiente cantidad de biomasa vegetativa, esta situación causa en el animal retraso o paralización del desarrollo corporal, enflaquecimiento, abortos, mortalidad y disminución de la producción de leche y carne (Sánchez *et al.*, 2002). La suplementación con distintos tipos de grasa permite modular de manera eficiente, dichas pérdidas. Principalmente se ha observado que el contenido de grasa en la leche, depende de la naturaleza de la grasa empleada (Sanz Sampelayo *et al.*, 2004; Sanz y Boza, 2005). Por ello, el objetivo de la presente tesis es investigar si la adición de grasa de sobrepaso en la dieta de las cabras de doble propósito influye sobre el peso de los animales y la producción y composición de la leche.

## CAPITULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 1. Generalidades de la caprinocultura

La cabra es un mamífero rumiante que fue domesticado alrededor del octavo milenio A. C., sobre todo por su carne y leche. Se clasifican en razas para producción de carne, leche, doble propósito y piel. Algunas de las razas de producción lechera, son: Alpina, Saanen, Toggenburg, Anglo-nubiana y encastadas (criolla), de las dos últimas también se emplean como productoras de carne (SIAP, 2017).

#### 2. Distribución geográfica de ganado caprino

La amplia distribución de los caprinos se explica en parte, por su habilidad para sobrevivir y prosperar en ambientes particularmente difíciles, donde la vegetación es escasa. Su rusticidad les permite sobrevivir mucho mejor que el ganado vacuno u ovino, en condiciones de sequía prolongada (Ramos *et al.*, 1998). Los caprinos también se adaptan a suelos arenosos y livianos de los trópicos húmedos y lluviosos, en África por ejemplo, las más grandes concentraciones de cabras son localizadas en la parte oriental, al norte de Nigeria y Marruecos. Este patrón de distribución es también aplicable a la India, el Medio oriente, centro y sur de América, y el Caribe (Campabadall, 1999). Por otro lado, en la Unión Europea (UE) el caprino se concentra en la Cuenca Mediterránea, siendo los países con mayor número de animales Grecia, España, Francia, Rumania, Italia y Portugal. Entre los seis poseen casi el 90% del ganado caprino de la UE. Dentro de los países mediterráneos, Francia es el que más ha desarrollado su ganadería caprina a su beneficio, por tener una

tradicional y potente industria quesera, siendo muy competitivos en producción de quesos frescos y madurados. Su ganado caprino está muy seleccionado, y sus sistemas de explotación bastante intensificados y optimizados, ya que su población caprina asciende a poco más de un millón de cabras (1.291.028), Son el mayor productor de leche en Europa, la cual es transformada en su totalidad en una variada gama de quesos puros de cabra, la gran mayoría bajo denominaciones de origen protegidas (Mogedas, 2016). En lo que respecta América, Brasil es el país que tiene mayor censo de ganado caprino, mientras que México ocupa el segundo lugar (SIAP, 2017).

## 2.1. Producción de leche de cabra en México y la región Lagunera

El Servicio de Información Agroalimentario y Pesquero (SIAP), registró una producción de 180 millones de litros de leche de cabra a nivel nacional y para la región Lagunera fue una producción de 85,594,000 litros, lo que representa el 47.5% de la producción nacional en el 2016 (SIAP, 2017). En la Figura 1 se puede observar el aporte de producción de leche caprina de los principales estados productores en México.

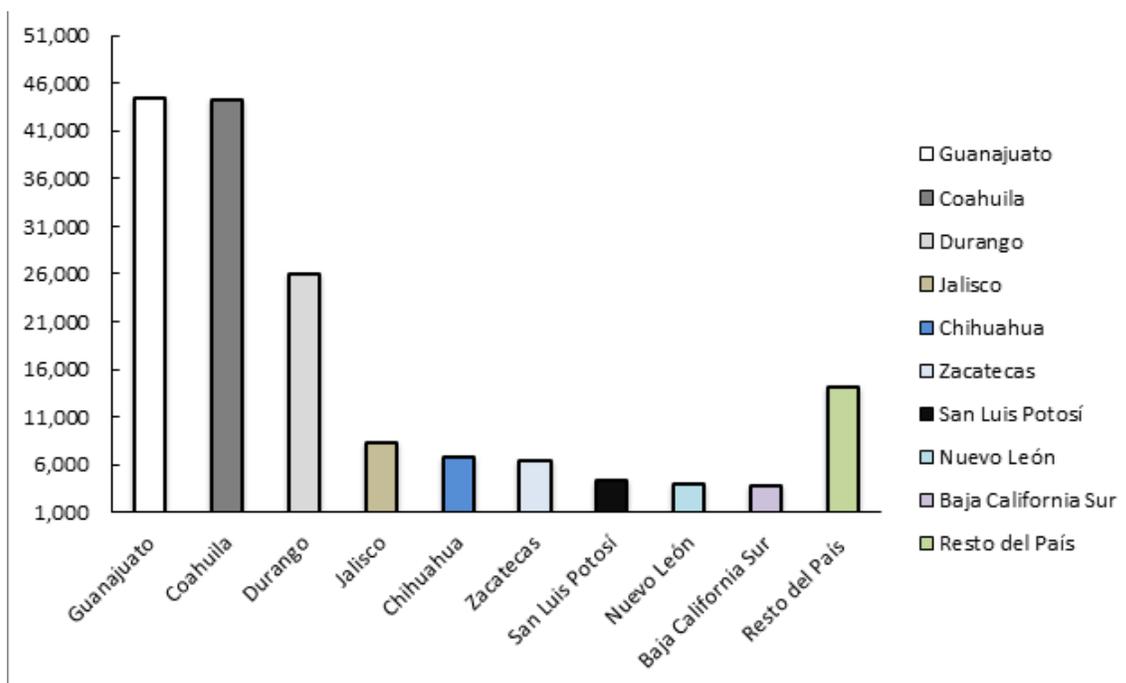


Figura 1. Producción de leche caprina por entidad federativa a nivel nacional (modificado de SIAP, 2017).

## **2.2. Características de la leche de cabra**

La leche se define como el producto de la secreción de la glándula mamaria y desde el punto de vista nutritivo es una buena fuente de proteína, vitaminas, minerales, particularmente calcio, como también contiene carbohidratos y grasa (Macciotta *et al.* 2005). La función más importante de la lactación radica en el suministro de nutrientes a los recién nacidos. La lactación permite a la madre suministrar a su descendencia una alimentación rica, relativamente uniforme y esencialmente independiente de cualquier tipo de alimentación que la madre obtenga, es decir leche (Engelhardt, 2005). En este sentido, la cabra está especialmente dotada para la producción láctea, superando en esto a otros mamíferos ya que puede producir hasta 10% de su peso vivo (Salama *et al.*, 2005).

La producción de leche de cabra y sus derivados son recursos alimentarios que han recibido en los últimos años mayor atención mundial. Su producción se ha incrementado notablemente en las últimas dos décadas y por ello está contribuyendo cada vez más a mejorar la economía de productores, industrias y de consumidores. En algunas regiones se consume directa en forma líquida, aunque también, se procesa obteniéndose derivados, principalmente queso, y además, en el caso de México, de dulce de leche o cajeta (Vegas y López, 2005).

La leche de cabra forma parte de la dieta de humanos por tener muchos beneficios como: ser más digestible que la de vaca, la cantidad de caseína que contiene es menor, no tiene

caroteno, lo que la hace más blanca, en 100 gramos de leche se concentran 69 calorías, es rica en potasio, magnesio, fosforo, vitamina D y A, previene la osteoporosis por su alto contenido de calcio (SIAP, 2017).

### **2.2.1. Principales componentes de la leche de cabra**

La composición de la leche es económicamente importante para los productores de leche y para la industria procesadora y es nutricionalmente importante para los consumidores.

Los principales componentes lácteos son: grasas, proteínas, carbohidratos, minerales y vitaminas. Al respecto, la grasa está formada tanto por ácidos grasos sintetizados por la glándula mamaria y otros que provienen directamente del flujo sanguíneo y que son de origen dietario (Morales y Sol., 1999).

#### **2.2.1.1. Proteína en la leche de cabra**

La leche de vaca y la leche de cabra no difieren significativamente con lo que respecta al porcentaje de proteínas y, a diferencia de la grasa de leche, el contenido de proteínas en ambas especies es menos susceptible de manipulación en la dieta del animal. Sin embargo, las micelas de caseína en la leche de cabra son pequeñas. (60–80 nm) en comparación con las micelas de caseína de leche de vaca, que oscilan entre 100 y 200 nm. Otra diferencia entre las especies es el nivel de caseína. El nivel de la caseína en leche de cabra varía de 0 a 7 g / L (Martin *et al.*, 2000).

### **2.2.1.2. Lactosa en la leche de cabra**

La lactosa constituye el principal hidrato de carbono en leche de cabra. La leche de cabra contiene menos lactosa que la leche de vaca (en promedio 4.1% vs. 4.7%, respectivamente), pero no puede considerarse como una solución dietética para personas que sufren de intolerancia a la lactosa (Silanikove *et al.*, 2010).

### **2.2.1.3. Grasa en la leche de cabra**

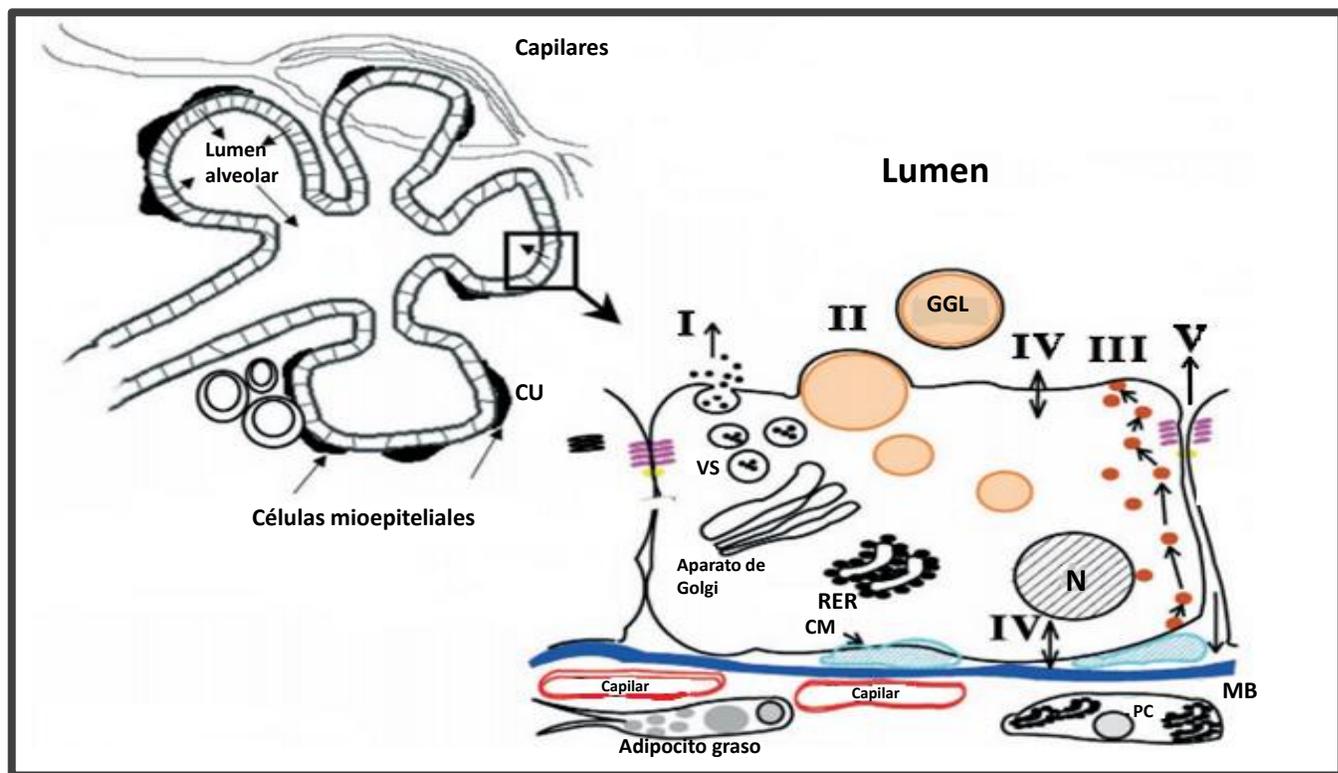
La grasa es el principal aportador de energía en la leche y de todos los componentes es el que presenta mayor diferencias cualitativas y cuantitativas de una especie a otra. En la leche hay vitaminas liposolubles disueltas en la grasa (Vitaminas A, D, E y K) (Engelhardt, 2005).

La grasa de leche forma minúsculas gotas de grasa en el plasma celular. Las gotas de grasa están envueltas por una membrana que está formada por una doble capa: una capa interna predominantemente formada por triglicéridos, y una capa externa que básicamente está formada por fosfolípidos, esfingomielinas, lisofosfátidos, y proteínas.

La leche de cabra tiene normalmente un 35% de ácidos grasos de cadena media. Es por esto por lo que los ácidos grasos caproico, caprílico y cáprico, toman su nombre concretamente de la leche en donde mayormente aparecen, alcanzando estos tres ácidos en la leche de cabra un 15% de los mismos, valor que sólo llega al 5% en la vaca. Estos ácidos grasos de cadena media, presentan un interés muy particular desde incluso un punto de vista terapéutico, a causa de su utilidad en ciertas enfermedades metabólicas (Sanz y Boza, 2005).

### 2.3. Fisiología de la síntesis de la leche.

Durante el periodo de lactancia está compuesta por una red de conductos formados por células epiteliales que terminan en grandes grupos lóbulo-alveolares (LA) que son los sitios de secreción de leche Figura 2. Una sola capa de células epiteliales secretoras polarizadas rodea cada alvéolo dentro de estos grupos. A su vez, los alvéolos están rodeados por células mioepiteliales que funcionan en la eyección de la leche y por un estroma de tejido conectivo vascularizado que contiene adipocitos y fibroblastos reducidos en lípidos. La expulsión de la leche de los alvéolos y los conductos requiere la contracción de las células mioepiteliales, estimulada por la oxitocina liberada de la pituitaria posterior como parte de un reflejo neuroendocrino inducido por la lactancia (Silanikove *et al.*, 2010).



**Figura. 2** Diagrama de alveolo mamario y células epiteliales alveolares que muestran vías para la secreción de leche. La leche es secretada por alveolos y células epiteliales en el lumen (flechas). Luego se expresa a través de los conductos mediante la contracción de las células mioepiteliales que rodean alveolos y células epiteliales ductales. El alvéolo está rodeado por una vasculatura bien desarrollada y un estroma que comprende componentes de la matriz extracelular, fibroblastos y adipocitos. La región indicada por el cuadro se expande para mostrar las propiedades estructurales y de transporte clave de las células alveolares. La vía I representa la secreción exocitótica de proteínas de la leche, lactosa, calcio y otros componentes de la fase acuosa de la leche. La vía II representa la secreción de grasa de la leche con la formación de gotitas de lípidos citoplasmáticos (GLC) que se mueven a la membrana apical para secretarse como un Glóbulo de grasa de leche unida a membrana (GGL). La vía III representa la transcitosis vesicular de proteínas como las inmunoglobulinas del espacio intersticial. La vía IV representa transportadores para el movimiento directo de iones monovalentes, agua y glucosa a través del apical y membranas basales de la célula. La vía V representa el transporte a través de la vía paracelular para los componentes del plasma y los leucocitos. La vía V es abierta solo durante la preñez, involución e inflamaciones como la mastitis. Abreviaturas: VS, vesícula secretora; RER, retículo endoplásmico rugoso ; MB, membrana basal; N, núcleo; CP, célula plasmática; ARG, adipocito reducido de grasa; CU, complejo de unión (conteniendo las uniones apretadas y adherentes); BU, brecha de unión; CM, célula mioepitelial.

### **2.3.1. Como se sintetiza la grasa en la glándula mamaria.**

Las células epiteliales mamarias de la mayoría de las especies tienen capacidades sintéticas, de almacenamiento y de secreción de lípidos bien desarrolladas. Los lípidos de la leche, principalmente triglicéridos y fosfolípidos, se sintetizan en el retículo endoplásmico liso en la región basal de la célula a partir de ácidos grasos precursores y glicerol. Las moléculas lipídicas recién sintetizadas se forman en pequeñas estructuras de almacenamiento recubiertas de proteínas llamadas cuerpos lipídicos o gotitas lipídicas citoplásmicas que se unen y se transportan a la membrana plasmática apical, donde son secretadas por un proceso de rotación único, como estructuras de membranas llamadas glóbulos de grasa de leche (GGL; Mather *et al* 1998). Este proceso provoca ocasionalmente la inclusión de una media luna de citoplasma dentro del glóbulo unido a la membrana lo que permite que cualquier sustancia contenida en el citoplasma se convierta en una importante fuente de energía neonatal en la mayoría de las especies. En la membrana que rodea estas estructuras es una fuente de fosfolípidos y evita que los glóbulos de grasa se unan en gotitas de grasa grandes que pueden ser difíciles de expulsar durante la lactancia. Desde el punto de vista del potencial metabolismo de los medicamentos dentro de la leche, la membrana de los glóbulos de grasa de la leche es capaz de contener enzimas que incluyen oxidasas, reductasas e hidrolasas con actividades específicas relativamente altas (Patton y Keenan, 1975).

### **2.3.2. Como se sintetiza la proteína en la glándula mamaria**

La vía de secreción exocitótica es el mecanismo principal para la secreción de proteínas por las células alveolares, así como para la secreción de agua, lactosa, oligosacáridos, fosfato, calcio y citrato. Al igual que los mecanismos encontrados en otras células, estas sustancias se empaquetan en vesículas secretoras dentro del Aparato de Golgi que luego se transportan a la región apical de las células, donde las vesículas se fusionan con la membrana plasmática apical descargando su contenido en el espacio extracelular (Virk *et al.*, 1985).

### **2.3.3. Como se sintetiza la Lactosa en la glándula mamaria**

Las características únicas de esta vía en las células alveolares son la presencia de altas concentraciones de lactosa, fosfato, calcio y citrato (en especies que no son roedores) dentro de las vesículas. La lactosa se sintetiza a partir de galactosa y glucosa dentro del aparato de Golgi por la lactosa. Las altas concentraciones de lactosa presentes en el aparato de Golgi durante la lactancia conducen a la entrada osmótica de agua que contribuye a la fluidez de la leche. El calcio proviene del plasma, entrando en el citoplasma alveolar por un proceso no conocido ubicado en la membrana basal. El Ca se transporta desde el citoplasma a las vesículas secretoras mediante una bomba de Ca dependiente de ATP que se encuentra en el Aparato de Golgi y membranas secretoras (Neville *et al.*, 1981).

## **2.4. Efectos de la nutrición en la calidad de la leche**

La curva de lactación de los rumiantes se ve afectada por la raza, el estado de lactación, el número de ordeñas y la alimentación. La nutrición es el principal factor que afecta la producción y los componentes de la leche en rumiantes lecheros. El proporcionar dietas con altos contenidos energéticos (granos) resultan en acidosis en el rumen, esto puede directamente disminuir el contenido de grasa y proteína en la leche y también provocar cambios en la partición de energía de la leche a depósitos de grasa corporal. Entonces, se ha demostrado en las ovejas lecheras que el uso de nutrientes específicos tales como la grasa de sobrepeso o aminoácidos parecen ser un interesante forma de mejorar el contenido de grasa y proteína (Bocquier y Caja, 2004).

### **2.4.1. Efecto del suministro de energías en la composición de la leche**

La suplementación energética, se refiere al nivel de energía consumida que afecta positivamente la producción de leche en rumiantes. De hecho con esta suplementación se logra un pico mayor en la curva de producción. Una forma fácil de incrementar la producción es brindar alimento concentrado a los animales, pero un exceso puede dar como resultado una acidosis ruminal.

El efecto de la alteración en la composición de la leche por cambios en la alimentación de borregas, es probablemente mayor en el contenido de grasa en la leche que para la proteína y/o el contenido de caseína.

Un nivel de nutrición alto en ovejas lecheras generalmente producen un incremento moderado en los porcentajes de proteína de la leche y caseína. Esto también se ha demostrado tanto para cabras y vacas (Bocquier y Caja, 2004).

#### **2.4.2. Efectos de una subnutrición**

Los efectos de una desnutrición en animales en pastoreo durante la lactancia temprana que es típico de sistemas extensivos, son un balance energético negativo (BEN) y una disminución en la producción de leche y de su contenido de proteína, además un incremento en el contenido de grasa de la leche. Este efecto no es solo por el fenómeno dilución-concentración sino que también, tiene que ver con incremento en el porcentaje de grasa debido a que los ácidos grasos libres en sangre se movilizan de la grasa corporal y como consecuencia aumenta el porcentaje de grasa en leche.

Mientras que las consecuencias de una desnutrición al inicio de la lactación son fisiológicamente mayores, sus efectos durante la lactación media o tardía no están bien documentados ni para las ovejas lecheras ni en vacas y cabras lecheras. Durante este periodo, una desnutrición crónica de animales lecheros provoca una fuerte reducción en la producción de leche y un incremento en el contenido en grasa, mientras que el contenido de proteína en leche es invariable (Sanz-Sanmpelayo *et al.*, 2003).

#### **2.4.3. Efectos de una sobrealimentación**

Los efectos de la sobrealimentación son que los animales llegaran a su nivel máximo de producción y el exceso de nutrientes será desviado a reservas en la lactancia media o tardía.

Los efectos del nivel de suplementación de proteína en la dieta son un incremento en la producción de leche, pero el costo económico será elevado y posiblemente no será rentable.

En conclusión es muy importante la nutrición, pero dependerá del objetivo que se tenga, por ejemplo si se busca la calidad en cuanto a cantidad de componentes o nivel de producción se debe tomar una decisión en cuanto a que dieta elegir, considerando siempre el presupuesto que se quiere invertir y lo rentable que sea la unidad de producción. (Bocquier y Caja, 2004).

#### **2.4.4. Efectos de suplementos lipídicos (grasas de sobrepaso)**

Las grasas de sobrepaso como las grasas hidrogenadas o los jabones de calcio de ácidos grasos o triglicéridos han sido utilizados en la dieta para incrementar su densidad energética y minimizar los efectos del BEN, prevenir desordenes metabólicos, favorecer la producción láctea, restaurar la pérdida de condición corporal (CC) y mejorar el desempeño reproductivo de la cabra (Getachew *et al.*, 2001).

El efecto de la grasa de sobrepaso en la producción de leche y composición ha sido revisado en los últimos años en ovejas (Bocquier y Caja, 2004) obteniendo como principales resultados que la grasa de sobrepaso en dosis bajas estimula la producción de leche. Por el contrario, en el proporcionar la grasa de sobrepaso en dosis altas puede ocurrir un decremento de la producción láctea. Ellos obtuvieron también resultados sobre los gramos de grasa por litro, que aumentan a medida que la dosis de grasa en la dieta es mayor.

En la cabra, poco se conoce acerca de los efectos que pudiera tener la adición de grasa de sobrepeso en la dieta en el peso de los animales durante la lactancia y si ello pudiera tener relación con la calidad de la leche producida.

## **OBJETIVOS**

Determinar si en cabras de doble propósito la complementación con grasa de sobrepaso mantiene el peso de los animales durante la lactancia e incrementa el contenido de grasa en la leche.

## **HIPÓTESIS**

La adición de grasa de sobrepaso en la dieta de cabras de doble propósito mantiene el peso corporal durante la lactancia e incrementa los componentes de la leche comparado con las cabras que no son alimentadas con dicha grasa.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Lugar de estudio**

El experimento se realizó en los meses de Diciembre a Mayo con un productor cooperante, cuya unidad de producción se localiza en el ejido Andalucía municipio de Matamoros, Coahuila (26° norte), se encuentra a 1120 metros sobre el nivel del mar. El clima en esta localidad es seco semiárido con una temperatura generalmente varía de 7 °C a 36 °C y rara vez baja a menos de 3 °C o sube a más de 39 °C. En esta región se ha reportado una precipitación media anual de 200 a 300 milímetros.

El sistema de producción en los animales estudiados fue el estabulado, con un manejo sanitario básico e infraestructura escasa.

### **Condiciones Generales de Manejo**

Se utilizaron 12 cabras encastadas locales multíparas, cuya reproducción fue previamente sincronizada para obtener los partos en diciembre.

Las crías se mantuvieron con sus madres por un periodo de 4 semanas y posteriormente al realizar el destete de las crías, las cabras se ordeñaron manualmente una vez al día.

En promedio, la dieta base por animal fue: 2 kg de alfalfa henificada más 0.2 kg de concentrado comercial. El ensilaje de sorgo, el agua y sales minerales se les proporcionaron a libre acceso.

## **Diseño experimental**

Se establecieron dos grupos de hembras. En el grupo control (GC, n=7) las hembras solo recibieron la dieta base y no fueron suplementadas con grasa de sobrepaso. En el grupo experimental (GE, n=5) las hembras, además de recibir la dieta base, en el comedero se proporcionó 500 g de grasa de sobrepaso para de esta manera proporcionar en promedio 100 g de grasa de sobrepaso a cada una de las cabras que representó el 5% del total de materia seca (MS) del total de la dieta. La composición química de la grasa de sobrepaso fue: ácido palmítico 43%, ácido oleico 36%, ácido linoleico 9%, ácido esteárico 4%, ácido linolenico 4%, ácido palmitoleico 3%. Resultando el 99.0% de ácidos grasos que aportaron en total 6.27 Mcal de EM/kg de MS y 0.0% PC (Proan Lagunero S, Torreón, México).

## **Variables Evaluadas**

### ***Producción de leche***

En las primeras 4 semanas de lactancia la producción de leche se estimó mediante el método de pesaje de la cría antes y después de amamantarse (Benson *et al.*, 1999). Posteriormente, las crías fueron destetadas y la producción de leche se estimó de la siguiente manera:

En cada ocasión se ordeñó de forma manual para vaciar la glándula mamaria a las 06:00 horas. Posteriormente, la misma hora del día siguiente se repitió el procedimiento y se pesó la cantidad de leche obtenida en 24 h. La primera medición de la producción se realizó

a los 7 días postparto en promedio y posteriormente las mediciones se llevaron a cabo cada semana hasta obtener un total de 11 mediciones.

### ***Componentes de la leche***

En cada ocasión en que se midió la producción de leche se tomó una muestra de 20 mL del total producido. Las muestras se transportaron en hielo hasta su análisis en el laboratorio. Para la determinación de los porcentajes de grasa, proteína y lactosa, se utilizó un analizador de leche (Milkoscope Expert Electric, Rasgrad, Bulgaria). La determinación de los componentes en la leche se realizó con la misma frecuencia que la medición de la producción de leche.

### ***Peso corporal***

El peso de todas las hembras se comenzó a registrar inmediatamente después de haberse ordeñado, utilizando para ello una báscula mecánica (Revuelta RDV-3, Torreón, México) con una capacidad para 300 kg y una precisión 0.25 kg. Esta medición se realizó en mismos días en que se evaluó la producción de leche y los componentes en la misma.

### **Análisis de Datos**

Los datos de la producción de leche, de los componentes y de peso corporal se sometieron a un ANOVA con medidas repetidas a 2 vías (tiempo de lactancia y grupo). La correlación entre las variables se determinó mediante el procedimiento estadístico de

Pearson. Los resultados se expresan en promedio  $\pm$  error estándar del promedio (EEP). La significancia se estableció cuando la  $P \leq 0.05$ . Los análisis estadísticos se realizaron en el software SYSTAT 13.

## RESULTADOS

### 1. Producción de leche

La adición de grasa de sobrepaso en la dieta de cabras durante las primeras 11 semanas post-parto provocó significativamente una mayor producción de leche en comparación con las cabras que no se les adicionó grasa de sobrepaso en la dieta.

Producción de leche (kg/día)

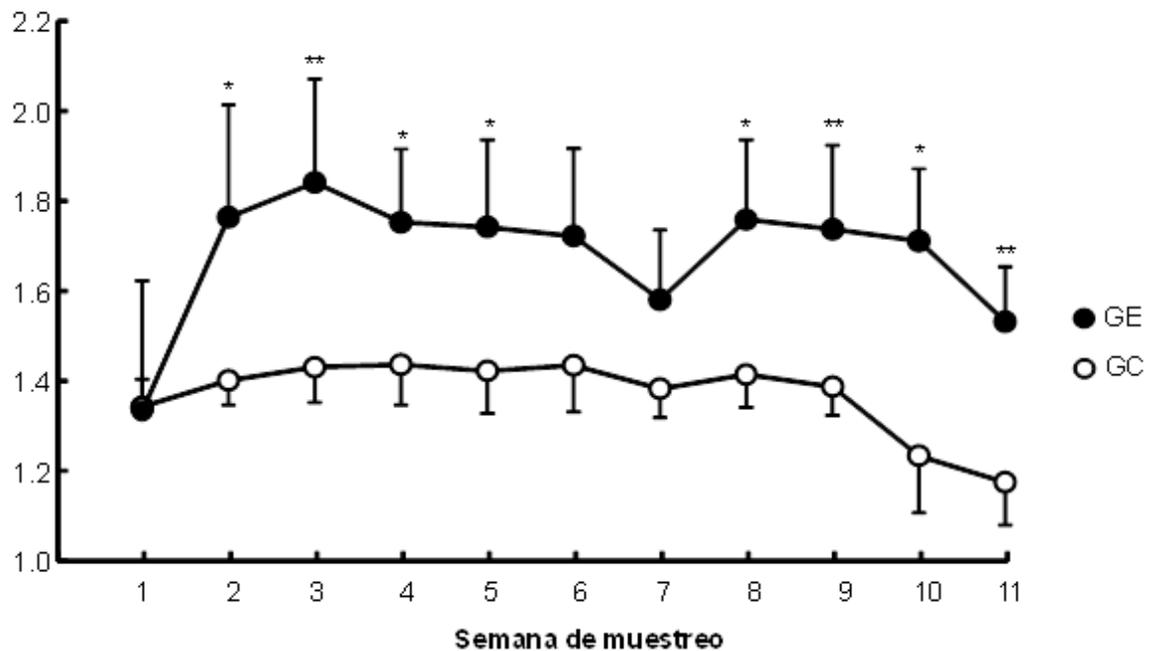


Figura 3. Cambios en la producción de leche de cabras en 11 semanas de medición del grupo experimental, al que se adicionó grasa de sobrepaso en la dieta (●; n=5) y de las cabras del grupo control sin adición de dicha grasa (○; n= 7). Los análisis estadísticos mostraron un efecto de tratamiento ( $P < 0.001$ ). Sin embargo el factor tiempo y la interacción (tratamiento  $\times$  tiempo) no resultaron significativos ( $P > 0.05$ ).

## 2. *Peso corporal*

La adición de grasa de sobrepeso en la dieta de cabras durante las primeras 11 semanas post-parto provocó significativamente un mayor peso en comparación con las cabras en cuya dieta no se adicionó grasa de sobrepeso.

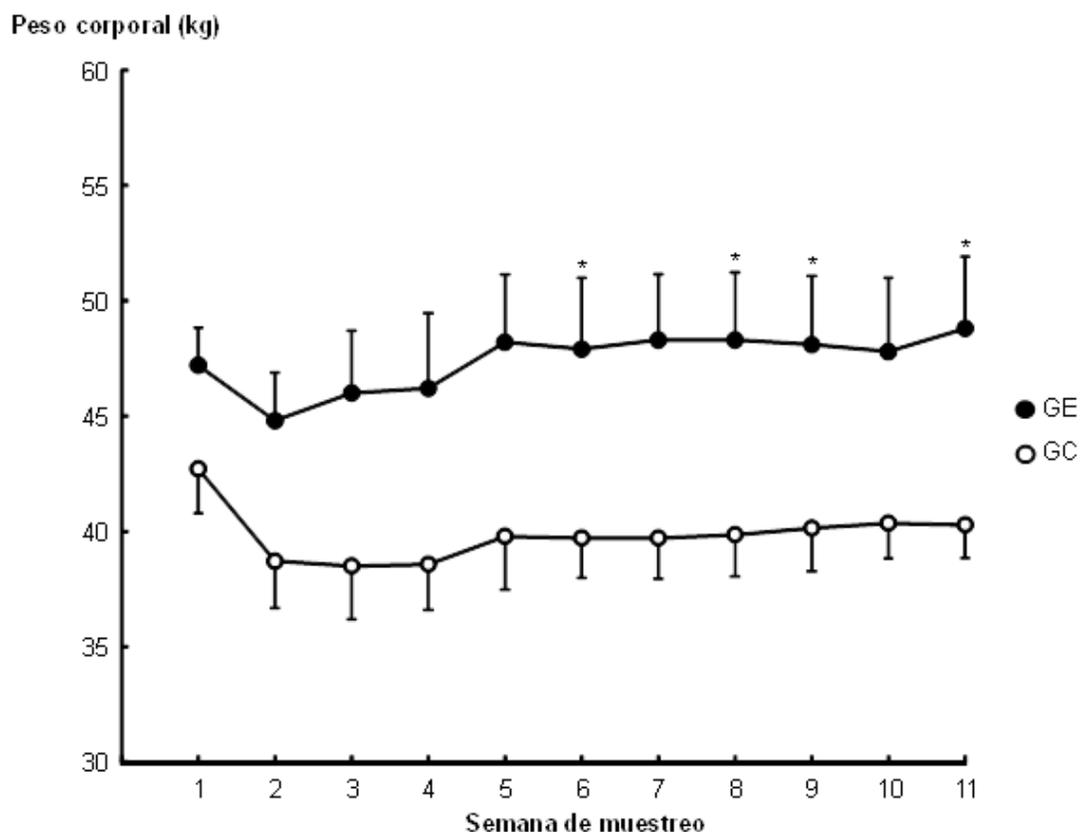


Figura 4. Cambios en el peso de las cabras durante las semanas de medición del grupo experimental, al que se adicionó grasa de sobrepeso en la dieta (● ; n=5) y del grupo control sin adición de dicha grasa (○ ; n= 7). Los análisis estadísticos resultaron altamente significativos de tratamiento ( $P < 0.001$ ). Sin embargo el factor tiempo y la interacción (tratamiento  $\times$  tiempo) no resultaron significativos ( $P > 0.05$ ).

### 3. Contenido de grasa en leche

La adición de grasa de sobrepeso en la dieta de las cabras durante las primeras 11 semanas post-parto provocó significativamente un mayor contenido de grasa en leche en comparación con las cabras a las que no se adicionó la grasa de sobrepeso.

Contenido de grasa en leche (%)

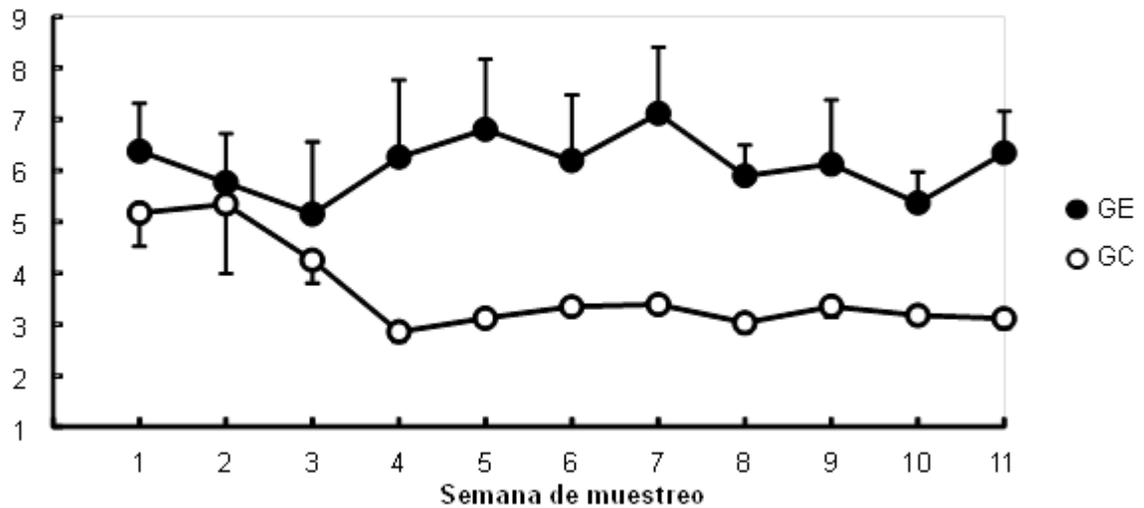


Figura 5. Cambios en el contenido de grasa en leche de cabras en 11 semanas de medición del grupo experimental, al que se adicionó grasa de sobrepeso en la dieta (● ; n=5) y grupo control sin adición de dicha grasa (○ ; n= 7). Los análisis estadísticos mostraron un efecto de tratamiento ( $P < 0.001$ ). Sin embargo el factor tiempo y la interacción (tratamiento X tiempo) no resultaron significativos ( $P > 0.05$ )

#### 4. Contenido de proteína en leche

La adición de grasa de sobrepaso en la dieta de cabras durante las primeras 11 semanas post-parto provocó significativamente un mayor contenido de proteína en leche en comparación con las cabras que no se adicionó grasa de sobrepaso.

##### Contenido de proteína en leche (%)

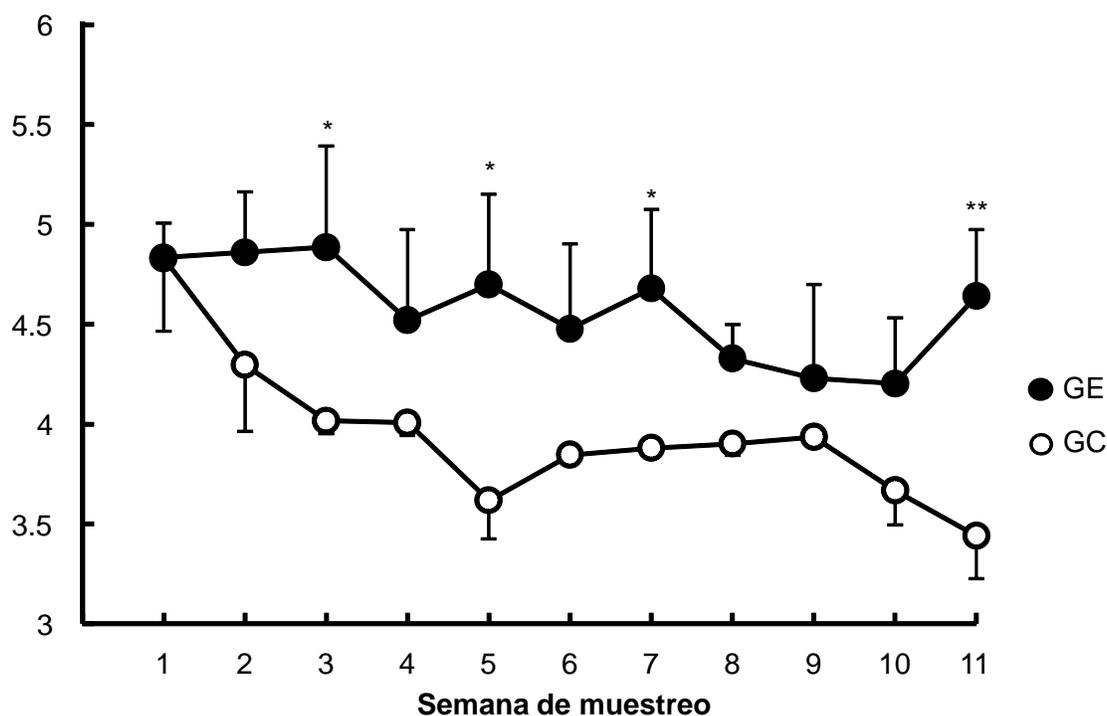


Figura 6. Cambios en el contenido de proteína en leche de cabras en 11 semanas de medición del grupo experimental, al que se adicionó grasa de sobrepaso en la dieta (● ; n=5) y grupo control sin adición de dicha grasa (○ ; n= 7). Los análisis estadísticos mostraron un efecto del tratamiento ( $P < 0.001$ ). Sin embargo el factor tiempo y la interacción (tratamiento  $\times$  tiempo) no resultaron significativos ( $P > 0.05$ ).

## 5. Contenido de lactosa en leche

La adición de grasa de sobrepaso en la dieta de cabras durante las primeras 11 semanas post-parto provocó significativamente un mayor contenido de lactosa en leche en comparación con las cabras que no se adicionó grasa de sobrepaso.

Contenido de lactosa en leche (%)

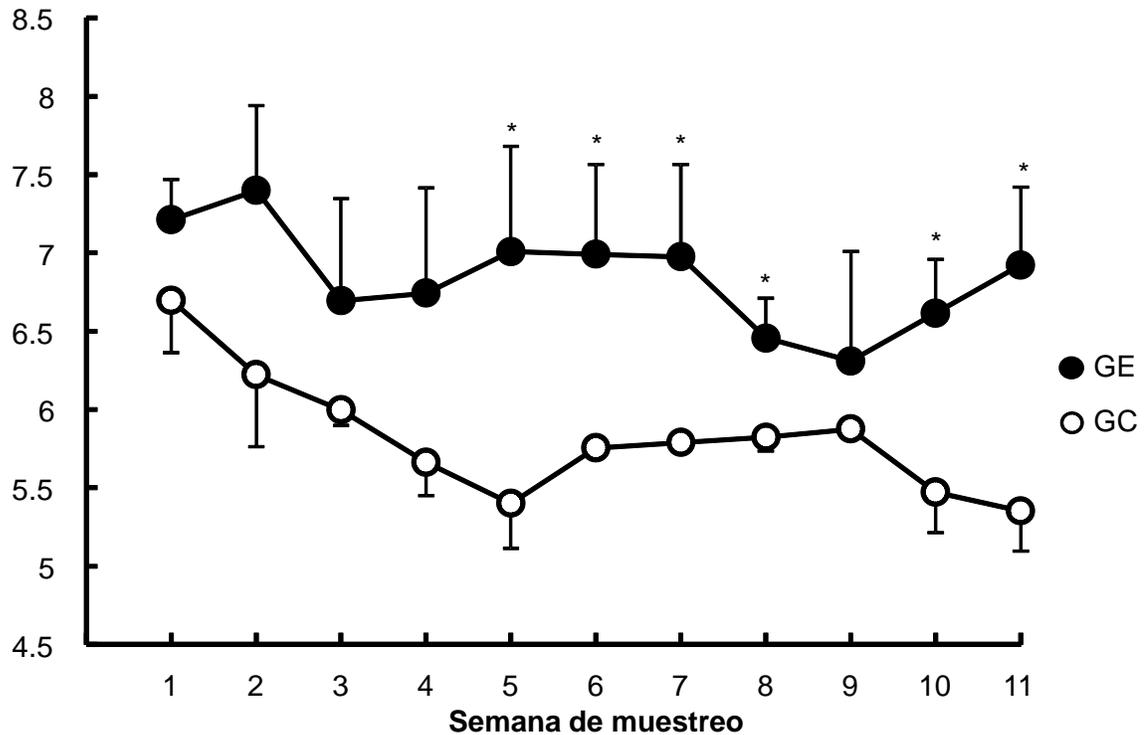


Figura 7. Cambios en el contenido de lactosa en leche de cabras en 11 semanas de medición del grupo experimental, al que se adicionó grasa de sobrepaso en la dieta (● ; n=5) y grupo control sin adición de dicha grasa (○ ; n= 7). Los análisis estadísticos mostraron un efecto de tratamiento ( $P < 0.001$ ). Sin embargo el factor tiempo y la interacción (tratamiento  $\times$  tiempo) no resultaron significativos ( $P > 0.05$ ).

**6. Correlación entre el peso corporal y contenido de grasa en leche (grupo experimental y grupo control)**

El análisis de correlación mostró que la adición de grasa de sobrepaso en la dieta de cabras durante las primeras 11 semanas post-parto provocó significativamente un mayor contenido de grasa en leche y un incremento en el peso corporal en comparación con las cabras que no se adiciona grasa de sobrepaso.

### Contenido de grasa en leche (%)

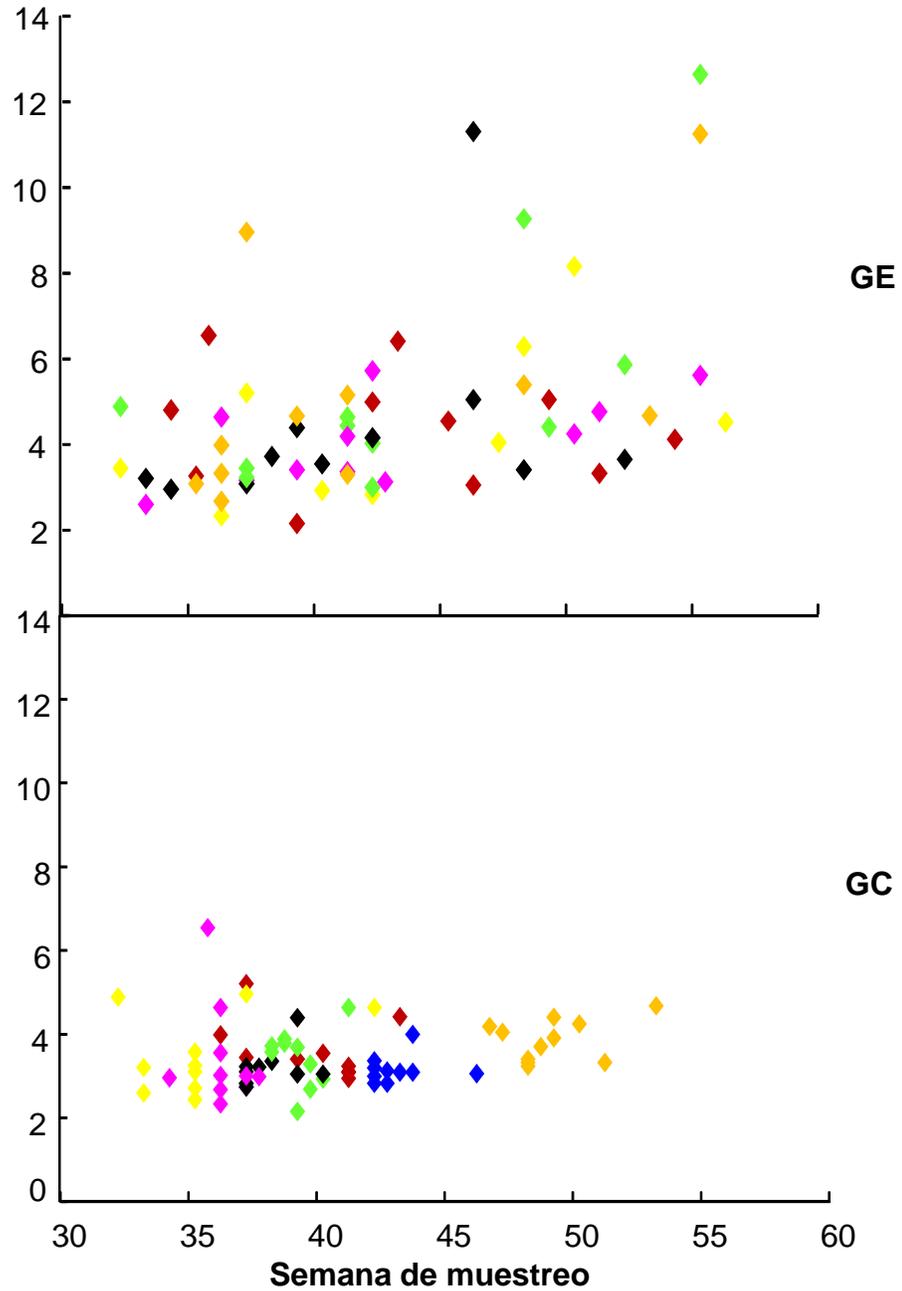


Figura 8. Correlación positiva de Pearson del contenido de grasa en leche y el peso corporal ( $P=0.000$ ;  $r=0.45$   $n=5$ ) de cabras en 11 semanas de medición del grupo experimental panel A. Correlación de Pearson positiva ( $P=0.32$ ;  $r=0.11$ ;  $n=7$ ) del contenido

de grasa en leche y el peso corporal de cabras en 11 semanas de medición del grupo control panel B.

## CAPITULO IV

### DISCUSIÓN

En el presente estudio se confirmó la hipótesis de que en las cabras de doble propósito a las que se les incluye grasa de sobrepaso en la dieta, el peso corporal se correlaciona positivamente con el contenido de grasa de la leche producida. Además, los resultados de la presente tesis indican que en estas cabras, la inclusión de grasa de sobrepaso incrementa la producción de leche y sus componentes comparadas con las cabras que no se les adicionó grasa de sobrepaso en su dieta.

Los resultados de esta tesis concuerdan con lo reportado por Sanz-Sampelayo *et al.* (2000), quienes trabajaron en una explotación semiextensiva con cabras granadinas y que suplementaron con 7% de la dieta con grasa de sobrepaso. Estos autores observaron que las cabras en las que la dieta se adicionó grasa de sobrepaso produjeron más leche que el grupo testigo que no recibió dicha grasa en la dieta ( $P < 0.05$ ). Otros autores como Salvador *et al.* (2009) observaron que en las cabras, al ser alimentadas con grasa de sobrepaso ocurrió un incremento de 29.4% en la producción de leche comparado con las cabras del grupo testigo. Está claro que cuando la dieta de un rumiante lactante es suplementada con grasas, la energía contenida en la dieta se usa con gran eficiencia metabólica para la producción de leche (Sanz-Sampelayo *et al.*, 2004). En experimentos con bovinos de los autores Souza y Lock (2018) utilizaron 52 vacas multíparas en un experimento de diseño de bloques completos al azar. En este trabajo, durante su período fresco (FR; 1-24 días en leche), las vacas fueron asignadas a una dieta de control que no contenía grasa de (CON) o una dieta suplementada con grasa de sobrepaso (1.5% de la materia seca de la dieta). La grasa de

sobrepaso disminuyó el peso corporal en 21 kg y la puntuación de la condición corporal en 0.09 unidades además tendió a aumentar la pérdida de peso corporal en 0.76 kg / d. Aunque la grasa de sobrepaso aumentó de manera constante el rendimiento de grasa de la leche y a lo largo del tiempo, también se observó una interacción tratamiento x tiempo para peso corporal y CC debido a que la grasa de sobrepaso induce una mayor disminución en el peso corporal y la condición corporal de los animales después de la segunda semana de tratamientos. Además, esos investigadores demostraron que al alimentar las vacas con grasa de sobrepaso durante el pico de la lactancia, ello aumentó el rendimiento de leche en 3.45 kg / día en promedio, y de la leche corregida en grasa al 3.5% por 4.50 kg / día, el contenido de grasa de la leche de 0.22% unidades, el rendimiento de grasa de la leche en promedio de 210 g / día, el rendimiento de proteína en promedio de 140 g / día, y el rendimiento de lactosa en 100 g / día, pero tendió a reducir el peso corporal en 10 kg en comparación con las vacas a las que no se les suministró grasa suplementaria. Estos resultados concuerdan en parte con lo que se obtuvo en el presente trabajo en el cual a adición de grasa de sobrepaso a las cabras incrementó la producción de leche y los porcentajes de sus componentes (grasa, proteína y lactosa). Sin embargo, a pesar de que no se monitorió el consumo voluntario, en el presente trabajo no se observó que la adición de grasa pudiera reducir el peso corporal de los animales como se reportó en vacas (Souza y Lock, 2018). Más bien, en el presente trabajo, las cabras que recibieron grasa de sobrepaso registraron un mayor peso corporal que las cabras del grupo control. Este último aspecto está en acuerdo con lo reportado en cabras Red Sokoto por Otaru et al. (2011) quienes demostraron que al ofrecer un 8% de aceite de palma (AP) de su dieta base fue muy efectivo para reducir la pérdida de peso, mientras que el proporcionar el doble (18%) resultó en mayor pérdida de

peso. Además, estos autores demostraron que con sólo proporcionar el 4% de AP de su dieta base incrementó la producción de leche comarado con el grupo control (0% de AP) y que proporcionar el 8, 12 y 16% de AP en su dieta base.

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES**

Las cabras cuya dieta base se adicionó grasa de sobrepaso durante 11 semanas tuvieron una mayor producción de leche, contenido de grasa, proteína y lactosa en leche en comparación que no son alimentadas con dicha grasa de sobrepaso.

La condición corporal y el peso fueron mayores en las cabras que se les adicionó grasa de sobrepaso en la dieta en comparación con las que no se alimentaron con grasa de sobrepaso.

Existe una correlación positiva entre contenido de grasa en leche y el peso corporal en cabras cuando se le adiciona grasa de sobrepaso en la dieta.

## CAPITULO VI

### LITERATURA CITADA

- Bidot, A. (2017). Composición, cualidades y beneficios de la leche de cabra. *Rev Prod Anim.* 29:32-41.
- Bocquier, P., Caja F. (2004). Efectos de la nutrición en la calidad de la leche de oveja. Universidad Autónoma de Barcelona. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/256343773>
- Campabadall, C. (1999). Factores que afectan el contenido de sólidos en la leche. Centro de Investigaciones en Nutrición Animal, Escuela de Zootecnia, Universidad de Costa Rica. 67-92.
- Contreras, C. (2001). Cuidado de la cabra y su cría después del parto. *Guía de Reproducción Caprina.* 24:2-8.
- Engelhardt, W.V., Breves G. (2005). *Fisiología Veterinaria.* Editorial Acribia, S. A., Zaragoza, España. 104:77-85.
- FAO. (2009). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Disponible en: [ftp://ftp.fao.org/codex/Publications/Booklets/Animal/Animal\\_Food\\_Prod\\_ES.pdf](ftp://ftp.fao.org/codex/Publications/Booklets/Animal/Animal_Food_Prod_ES.pdf)
- Getachew, G., De Peters E. J., Robinson P. H., Taylor S. J. (2001). In vitro rumen fermentation and gas production: influence of yellow grease, tallow, corn oil and their potassium soaps. *Anim Feed Sci Tech.* 34:93:115.
- Haenlein, G. (2004). Goat milk in human nutrition. *Small Ruminant Res.* 51:155–163.
- Macciotta. N. P. P., Dimauro C., Steri R., Cappio-Borlino A. (2005). Mathematical Modelling of Goat Lactation Curves. *Dairy Goats Feeding and Nutrition.* 31-46.
- Martin, K. J., Cole J. A., Williams B. C., Millar. (2000). Endotoxins to DNA-damaging species in exfoliated breast milk cells, *Mutat Res.* 47:115–124.

- Mather, I. H., Keenan T.W. (1998). Origin and secretion of milk lipids. *J Mammary Gland Biol.* 3:259–273.
- Morales, S. Sol, M. 1999. Factores que afectan la composición de la leche. *Tecno vet.* Año 5, numero 1.
- Neville, M.C., Walsh C.T. (1981). Effects of drugs on milk secretion and composition. *Drugs and Human Lactation.* 12:15–45.
- Otaru, S. M., Adamu A. M., Ehoche O. W., Makun H. J. (2011). Effects of varying the level of palm oil on feed intake, milk yield and composition and postpartum weight changes of Red Sokoto goats. *Small Ruminant Res.* 96: 25-35.
- Patton, S., Keenan T.W. (1975). The milk fat globule membrane. *Biochim Biophys Acta.* 415:273–309.
- Ramos, R., Pabon M., Carulla, J. (1998). Factores nutricionales y no nutricionales que determinan la composición de la leche. *Rev Med Vet-Toulouse.* 46: 2-17.
- Salama, A. A. K., Caja J., Such X., Casals R., Albenell E. (2005). Effect of pregnancy and extended lactation on milk production in dairy goat milked once daily. *J Dairy Sci.* 88:3894-3904.
- Salvador, A., Alvarado C., Contreras Solis I., Betancourt R., Gallo J., Caigua A. (2009). Efecto de la alimentación con grasa sobrepasante sobre la producción y composición de leche de cabra en condiciones tropicales. *Zoo Trop.* 27:285-298.
- Sánchez, C., García M., Álvarez M. (2003). Efecto de la suplementación alimenticia sobre el comportamiento productivo de cabras al postparto en la micro región rio tocuyo, estado Lara., Lara Venezuela. *Zoo Trop.*21: 43-55.
- Sanz-Sampelayo, M. R., Martín A., Morón A. J. J., Pérez D., L., Boza J., (2000). Production of healthier goat milk. Use of a concentrate supplemented with a “protected” fat rich in PUFA. *J Physiol Biochem.* 56: 231-235.

- Sanz-Sampelayo, M. R., Fernández J.R., de la Torre G., Ramos E., Carmona F. D. (2003). Calidad de la leche de los pequeños rumiantes. Real Academia de Ciencias Veterinarias de Andalucía Oriental. 16:155-166.
- Sanz-Sampelayo, M. R., Martín A., Pérez D. L., Gil E. F., Boza J. (2004). Dietary supplements for lactating goats with polyunsaturated fatty acid-rich protected fat. Effects after supplementation withdrawal. J Dairy Sci. 87:1796–1802.
- Sanz-Sampelayo, R. M., Boza J. (2005). Influencia del tipo de dieta sobre la composición de la grasa de la leche de cabra y oveja. Anales. Real Academia de Ciencias Veterinarias de Andalucía Oriental. 18:139-169.
- SIAP. (2017). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Disponible en: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/412565/Caprino\\_2017.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/412565/Caprino_2017.pdf).
- Silanikove, N., Leitner G., Merin U., Prosser G. (2010). Recent advances in exploiting goat's milk: Quality, safety and production aspects. Small Ruminant Res. 89:110-124.
- Virk, S. S., Kirk C. J., Shears S. B. (1985). Ca<sup>2+</sup> transport and Ca<sup>2+</sup>-dependent ATP hydrolysis by Golgi vesicles from lactating rat mammary glands. J Biochem. 226:741–748.