

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE VETERINARIA**

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON ACEITE DE  
GIRASOL O SOJA EN DIETAS DE CABRAS EN LACTACIÓN SOBRE EL  
PERFILLIPÍDICO DE LA LECHE**

**“por”**

**Fabiana CABRERA  
Adriana LISCANO  
Gabriela VICENTE**

**TESIS DE GRADO** presentada  
como uno de los requisitos para  
obtener el título de Doctor en  
Ciencias Veterinarias  
Orientación: Higiene, Inspección  
Control y Tecnología de los  
Alimentos de Origen Animal

**MODALIDAD: Ensayo  
experimental**

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2020**

Tesis de grado aprobada por:

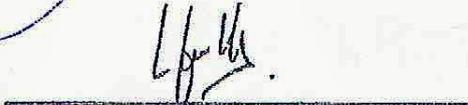
Presidente de mesa:

  
Ing. Agr. Alejandro Mendoza

Segundo miembro (Tutor):

  
Dra. Silvana Carro

Tercer miembro:

  
Dra. Lucía Grille

Co- Tutor:

  
Dr. Alejandro Britos

Co- Tutor:

  
Ing. Alim. Ignacio Veitez

Fecha:

21/10/2020

Autores:

  
Br. Gabriela Vicente Suárez

  
Br. Fabiana Cabrera

## **AGRADECIMIENTOS**

Si bien la presente tesis de grado ha requerido de mucho esfuerzo y dedicación por los autores, no hubiese sido posible su realización sin la cooperación de las siguientes personas e instituciones que nombraremos a continuación:

En primer lugar, queremos agradecer a la Dra. Silvana Carro del Departamento de Ciencia y Tecnología de la Leche de la Facultad de Veterinaria y tutora de esta tesis, al igual que a nuestros tutores Alejandro Britos, Prof. Adjunto del Instituto de Producción Animal y Dr. Ingeniero en Alimentos Ignacio Vieitez, Prof. Adjunto del Área Tecnología de Alimentos, Facultad de Química, por su apoyo, colaboración y dedicación.

Así mismo a la Dra. Gabriela Casarotto Daniel y a la Ing. en Alimentos Cecilia Dauber, quienes tuvieron una importante colaboración en este trabajo ayudándonos tanto en la etapa experimental como en la realización de las pruebas de laboratorio. Queremos agradecer también al señor Ciro Rodríguez, propietario del establecimiento "Cerro Negro" por facilitarnos las instalaciones para llevar a cabo este estudio, así como todo al personal del establecimiento por su paciencia y colaboración.

En especial se agradece a los docentes de Facultad de Veterinaria (UdelaR) por los conocimientos compartidos y enseñados para nuestro desarrollo profesional.

No podemos olvidar a nuestros compañeros y amigos con los cuales hemos compartido salidas e incontables horas de estudio y trabajo.

Todo esto no hubiera sido posible sin el apoyo incondicional de nuestras familias y amigos. A ellos les dedicamos este trabajo.

## 1. RESUMEN

El rubro caprino es un sector que ha basado su estrategia de crecimiento en el consumo de los productos derivados de leche de cabra dado que presenta interesantes beneficios para la salud de sus consumidores. Las cualidades saludables de la leche para el ser humano dependen, entre otros factores, de la longitud de cadena y grado de insaturación de los ácidos grasos (AG) que contengan. El objetivo principal de este trabajo fue evaluar el efecto de la inclusión de aceites vegetales con diferente grado de insaturación en la dieta de cabras lecheras sobre la composición y el perfil lipídico de la leche. El interés particular, fue producir un aumento en el contenido de ácido linoleico conjugado (CLA) y ácido transvaccénico (TVA), y a la vez disminuir la proporción de grasa saturada. Para ello 27 cabras de raza Saanen en el primer tercio de lactación, fueron bloqueadas por número de lactancia, peso vivo y producción previa, y luego separadas en tres grupos iguales ( $n=9$ ) y suplementadas por 50 días con 750 g diarios de tres concentrados: sin aceite agregado (control), 6% de la MS de aceite de soja (S) o 6% de la MS de aceite de girasol (G). La suplementación se realizó dos veces al día durante el ordeño matutino y el vespertino. Posteriormente, cada 10 días se realizaron 6 controles lecheros y los respectivos muestreos de leche de los distintos grupos. Se determinó el contenido graso de la leche por el método de Röse Gottlieb, así como el perfil lipídico por cromatografía de gases. Se verificó que el contenido de grasa láctea total no se modificó por las dietas. En las muestras de leches provenientes de las cabras alimentadas con las dietas con aceites agregados se observó una disminución en la relación ácidos grasos saturados/insaturados resultando en un descenso del índice aterogénico, el que se asocia con menor riesgo de sufrir enfermedades cardiovasculares. El contenido de TVA aumentó de 1,5 a 2,6 y 2,7% para soja y girasol respectivamente ( $p<0,01$ ), mientras que el de CLA presentó un aumento de 0,6 a 0,8% para ambos grupos ( $p<0,01$ ). La inclusión de aceite de soja o girasol en la dieta de las cabras puede constituir una alternativa viable para aumentar el aporte de ácidos grasos con propiedades beneficiosas para la salud.

## 2. SUMMARY

The goat industry has based its growth strategy on the idea of the consumption of products derived from goat milk and its interesting benefits for the health of the consumers. The healthy qualities of goat milk for human beings depend, among other factors, on the chain length and the degree of establishment of the fatty acids (FA) they contain. The main goal of this study was to evaluate the modification in the lipid profile of goat milk, through diet inclusion of vegetable oils rich in polyunsaturated fatty acids. The interest was to increase the content of conjugated linoleic acid (CLA) and transvaccenic acid (TVA) and decrease the proportion of saturated fat. For that, 27 goats of Saanen breed in their first third of lactation were blocked for a number of lactations, live weight and previous production. Then, they were separated in three equal groups (n=9); each group was supplemented for 50 days with 750 g daily of 3 concentrates: without added oil (control, C), with added sunflower oil or with added soybean oil (SBO). Oils were added until reaching a level of 6% ether extract in the diets. Goats were milked twice daily and the concentrates were offered individually in the milking parlour feeders in 2 equal portions of 375 g while being milked. Milk samples were collected at the beginning of the experiment and then every 10 days approximately. The fat content of the milk was determined through the Röse Gottlieb method and the lipidic profile by a gas chromatography. It was verified that the total content of milk fat was not modified due to diets. The supplementation with oils seems to be an effective means of decreasing the saturated/unsaturated ratio, resulting in a decrease in the atherogenic index. This could lead to a minor risk of suffering cardiovascular diseases. Content of TVA increased from 1.5 % to 2.6% and 2.7% for soybean and sunflower oil supplementation diets respectively ( $p < 0.01$ ), while CLA presented an increase of 0.6% to 0.8% for both groups ( $p < 0.01$ ). The inclusion of soybean or sunflower oils in the goats diets can constitute a viable alternative to improvement of milk fatty acid profile from both a nutritional and human health perspective.

TABLA DE CONTENIDO	Páginas
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	1
PÁGINA DE AGRADECIMIENTO.....	2
1. RESUMEN.....	3
2. SUMMARY.....	4
3. INTRODUCCIÓN.....	7
3.1. Producción de leche caprina en Uruguay.....	7
4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	7
4.1. Propiedades de la leche caprina.....	7
4.2. Características físico químicas y composicionales de la leche de cabra.....	8
4.3. Componentes lipídicos de la leche de cabra.....	9
4.4. Modificación de la grasa láctea por influencia de la dieta en los rumiantes.....	13
5. OBJETIVOS.....	17
5.1. Objetivo general.....	17
5.2. Objetivos específicos.....	17
6. MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
6.1. Diseño experimental.....	18
6.2. Muestreo de leche.....	19
6.3. Análisis de laboratorio.....	20
6.3.1. Determinación de ácidos grasos en leche de cabra.....	20
6.3.2. Determinación de la composición de la leche de cabra.....	20
6.4. Análisis estadísticos.....	20
7. RESULTADOS.....	21
8. DISCUSIÓN.....	29
9. CONCLUSIÓN.....	32
10. BIBLIOGRAFÍA.....	33

LISTA DE CUADROS Y FIGURAS	Páginas
Tabla nº1: Composición diferencial de la leche entre rumiantes.....	8
Tabla nº2: Composición promedio en ácidos grasos discriminados según el tipo de leche.....	10
Tabla nº3: Composición química y perfil lipídico de las concentraciones experimentales de la leche.....	19
Tabla nº4: Composición y producción de la leche en los diferentes grupos por día.....	21
Tabla nº5: Perfil lipídico en 100 gramos de grasa de muestras de leche fluida.....	22
Figura nº1: Evolución del ácido butírico (C4:0) en 100 gramos de grasa de leche fluida de las diferentes dietas durante el período de muestreo.....	23
Figura nº2: Evolución del ácido caproico (C6:0) en 100 gramos de grasa de leche fluida de las diferentes dietas durante el período de muestreo.....	24
Figura nº3: Evolución del ácido transvaccénico (C18:1 t11) en 100 gramos de grasa de leche fluida de las diferentes dietas durante el período de muestreo.....	25
Figura nº4: Evolución del ácido linoleico conjugado (CLA) en 100 gramos de grasa de leche fluida de las diferentes dietas durante el período de muestreo.....	26
Figura nº5: Evolución de la sumatoria de isómeros trans del linoleico ( $\sum$ 18:2 trans) en 100 gramos de grasa de leche fluida de las diferentes dietas durante el período de muestreo.....	27
Figura nº6: Evolución del ácido eláidico más sumatoria de isómeros trans de linoleico (C18:1 t9 + $\sum$ C18:2 trans) en 100 gramos de grasa de leche fluida de las diferentes dietas durante el período de muestreo.....	28

### **3. INTRODUCCIÓN**

#### **3.1 PRODUCCIÓN DE LECHE CAPRINA EN URUGUAY**

En Uruguay, desde 1987 se comenzó a importar cabras de razas especialmente lecheras tanto como para criarlas puras como para realizar cruces de absorción con cabras criollas (chivas) que se encontraban en algunas regiones del país en estado semisalvaje. Las principales razas importadas fueron: Anglo Nubian, Pardo Alpina o Alpina Francesa, Saanen y Toggenburg (Ciappesoni, 2006).

La mayoría de los productores de leche caprina posee tambos de pequeña extensión (superficie promedio 20 hectáreas), donde la mayor parte de la misma se destina a la elaboración de quesos. Generalmente, estos tambos emplean mano de obra familiar, sistema de cría semi-extensivo con pastoreo en praderas implantadas con una producción lechera de 400 – 900 litros de leche por lactancia (Grille y col., 2013a, Grille y col., 2013b) y se concentran en la zona suroeste del país, región que posee una larga tradición lechera.

En la actualidad la mayor parte de la producción de leche caprina a nivel nacional se dirige a la elaboración de quesos artesanales, y en menor grado a productos como el yogur y el dulce de leche. Generalmente, éstos se comercializan en sectores con productos especiales en las grandes cadenas de supermercados (Damiani, 2012. Comunicación personal).

La Sociedad Uruguaya de Criadores de Cabras (SUCC), es la gremial de productores caprinos, dependiente de la Asociación Rural del Uruguay (ARU). Dicha gremial nuclea a la mayoría de los productores caprinos del país y, cumple un papel preponderante en el desarrollo del sector.

### **4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

#### **4.1 PROPIEDADES DE LA LECHE CAPRINA**

El rubro caprino es un sector que ha basado su estrategia de crecimiento en que el consumo de los productos derivados de leche de cabra, dado que presenta interesantes beneficios para la salud de sus consumidores.

La demanda de leche de cabra se ha incrementado debido al crecimiento poblacional y también al interés en los países desarrollados hacia los productos de la leche de cabra, especialmente quesos y yogur, ya que estos pueden ser consumidos por grupos de personas que presentan intolerancia a los lácteos de origen bovino (Bidot, 2017).

La leche de cabra es un alimento completo, encontrándose todos sus componentes, en forma muy digestible y asimilable por el organismo humano. Grille y col (2013a), hacen referencia a varios autores indicando que su uso es muy frecuente para niños y adultos mayores que no pueden consumir leche bovina y es recomendada en personas que sufren úlceras, asma y eczemas.

A su vez, es utilizada frecuentemente como sustrato para formulaciones de alimentos funcionales con efectos medicinales benéficos (De Souza, 2009).

Se suele optar por el consumo de leche de cabra debido a algunos problemas de salud tales como intolerancia a ciertos componentes y reacciones alérgicas de la leche de otras especies, así como menor nivel de colesterol que la leche de vaca. Por lo tanto, es importante mencionar algunas de las propiedades que se atribuyen a la leche de cabra, por ejemplo: desde el punto de vista de las proteínas, las caseínas de la leche de cabra contienen menor cantidad del tipo alfa 1 con respecto a la bovina (como sucede en la leche de mujer), y estas proteínas son las responsables de la mayoría de las alergias (de ahí que sea considerada como una leche hipoalérgica). Por este motivo, en algunos países es utilizada como base para la elaboración de leches maternizadas en sustitución de la leche de vaca. Otro aspecto beneficioso guarda relación con la cantidad y naturaleza de sus oligosacáridos. La leche de cabra presenta más oligosacáridos de composición parecida a los de la leche materna. Estos compuestos llegan al intestino grueso sin digerir y actúan como prebióticos, es decir ayudan al desarrollo de la microbiota probiótica (microbiota benéfica) que compite con la bacteriana patógena, eliminándola. La leche de cabra contiene menos lactosa (aproximadamente 1% menos) que la leche de vaca (Tabla 1), y gracias a su alta digestibilidad puede ser tolerada por algunos individuos con intolerancia a este azúcar de la leche (Park, 2006).

#### **4.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y COMPOSICIONALES DE LA LECHE DE CABRA**

Park y col. (2007), citando a varios autores, indican que la leche de cabra posee un contenido de sólidos totales y de nutrientes en una posición intermedia entre la leche de vaca y la de oveja (Tabla 1). Se diferencia de la leche de vaca y humana en la digestibilidad que es mayor, alcalinidad, capacidad buffer y en sus características terapéuticas para la salud y nutrición humanas.

Tabla 1. Composición diferencial de la leche entre rumiantes (Park, 2006)

<b>Composición</b>	<b>Oveja</b>	<b>Cabra</b>	<b>Vaca</b>
Grasa %	7,9	3,8	3,6
Sólidos no grasos %	12	8,9	9
Lactosa %	4,9	4,1	4,7
Proteína %	6,2	3,4	3,2
Caseína %	4,2	2,4	2,6
Albúmina, globulina %	1,0	0,6	0,6
N no proteico%	0,8	0,4	0,2
Cenizas %	0,9	0,8	0,7
Calorías /100 ml	105	70	69

Jitaru y Zamfirescu (2019), mencionan que según varios autores la composición básica de la leche de cabra (valores medios por 100 g) en cuanto a cantidad de componentes, es la siguiente: grasa 3,8 g; proteína 3,5 g; lactosa 4,1 g; ceniza 0,8 g; y un contenido de sólidos totales de 18 a 20 g.

La leche de cabra es un fluido de color blanco mate y ligeramente viscoso cuya composición y características físico-químicas varían sensiblemente de acuerdo a la alimentación, raza, individuo, condiciones ambientales, estación, paridad, estado de lactación y salud de la ubre del animal (Chilliard y col., 2003; Park y col., 2007).

Posee un olor fuerte, como consecuencia de la absorción de compuestos aromáticos durante su manejo, generalmente inadecuado, con la presencia de machos en los lugares de ordeño, mala higiene de los establos, tardanza en el filtrado y enfriamiento tras el ordeño; sabor y olor que, por otro lado, se pueden eliminar en gran parte por un tratamiento de desodorización al vacío (Bidot, 2017).

El pH de la leche de cabra oscila entre 6,3 a 6,8 que suele variar en función de la fase de lactación, la alimentación y con la raza. El valor de pH en general está comprendido entre 6,1 y 6,7 (Draksler y col, 2002).

Según Vega y col. (2007), los resultados obtenidos de pH promedio en la raza Saanen son de  $6,36 \pm 0,32$ , Bonassi y col. (1997) encontraron valores de  $6,65 \pm 0,10$ .

Quiles y Hevia, (1988), hacen mención que la acidez de valoración es la suma de cuatro reacciones, las tres primeras forman la acidez natural y la cuarta la acidez desarrollada. En cuanto a la acidez natural es debido en primer lugar a las caseínas (2/5 de la acidez natural), en segundo lugar, a los minerales y a los ácidos orgánicos (2/5 de la acidez natural) y, por último, a las reacciones secundarias de los fosfatos (1/5 de la acidez natural). Por su parte, la acidez desarrollada es consecuencia del ácido láctico y de otros ácidos procedentes de la degradación microbiana de la lactosa. La acidez se expresa en grados Dornic (°D). En el momento del ordeño la acidez de la leche de cabra suele oscilar entre 14 y 16 °D. Estos mismos autores indican que la densidad láctea varía en función de la cantidad de sólidos no grasos y de la proporción de grasa. La densidad de la leche de cabra medida a 20°C oscila entre 1,026 y 1,042 g/ml siendo varios los factores que pueden influir en la misma, tales como la temperatura -correlación positiva-, la raza, la fase de la curva de lactación, época del año.

### **4.3 COMPONENTES LIPÍDICOS DE LA LECHE DE CABRA**

La grasa puede constituir desde el 3 hasta el 6 % de la leche de cabra. La calidad de la grasa láctea caprina es un factor importante porque define la capacidad de la leche para ser procesada; y tiene un rol relevante en las cualidades nutricionales y sensoriales de los productos que de ésta se obtengan (Bidot, 2017).

Bedoya y col. (2012), en su revisión hacen mención que, según varios autores, el componente lipídico es reconocido como el más importante de la leche en términos de costo, de nutrición y de características físicas y sensoriales del producto. Dentro de esta fracción, los triglicéridos representan cerca del 98%,

en la leche de cabra se encuentran algunos lípidos simples como los diacilgliceroles y los ésteres de colesterol, así como fosfolípidos y compuestos liposolubles como los esteroides y el colesterol. Los lípidos en la leche de cabra se encuentran mayoritariamente en forma de glóbulos con un tamaño de menos de 3  $\mu\text{m}$ , lo cual permite una mayor digestibilidad y una mayor eficiencia en el metabolismo lipídico comparado con la leche de vaca. La grasa de la leche caprina no contiene aglutinina, que es una proteína que concentra los glóbulos grasos generando estructuras más complejas y de mayores dimensiones, por lo cual los glóbulos permanecen dispersos y pueden ser más fácilmente digeridos por las enzimas.

Adicionalmente, la concentración de los ácidos grasos en la leche de cabra difiere de la que se encuentra en la leche bovina (Tabla 2), lo cual puede impactar positiva o negativamente la calidad del producto. Sobre este aspecto se ha reportado que en la leche de cabra los ácidos grasos libres de cadena corta y media como el caproico (C6:0) y el caprílico (C8:0) son responsables en parte del llamado “sabor caprino” que suele ser tan particular en la leche de los pequeños rumiantes, y en el mismo sentido algunos autores afirman que cuando la tasa de lipólisis en la leche es muy alta, en ella puede aparecer un sabor desagradable. Además, la composición lipídica de la leche de cabra es fundamental para su rendimiento en quesos, para la textura, sabor y olor.

Tabla 2. Composición promedio en ácidos grasos discriminados según el tipo de leche (Vieitez y col., 2012; 2014).

Ácidos Grasos	Leche de cabra (%)	Leche de vaca (%)
<b>4:0</b>	2,4	4,2
<b>6:0</b>	2,8	2,6
<b>8:0</b>	3,3	1,4
<b>10:0</b>	11,5	2,8
<b>12:0</b>	4,6	3,1
<b>14:0</b>	10,0	11,2
<b>16:0</b>	25,7	29,3
<b>18:0</b>	9,7	9,9
<b>18:1 trans</b>	2,2	3,1
<b>18:1 cis</b>	17,2	19,2
<b>18:2 trans</b>	1,2	1,3
<b>18:2 cis</b>	2,0	1,5

También, es interesante el perfil en ácidos grasos de la leche de cabra desde el punto de vista de la nutrición humana. Contiene más ácidos grasos esenciales: linoleico (**C18:2**) y araquidónico (**C 20:4**) que la leche de vaca. Por otro lado, presenta un 30-35% de ácidos grasos de cadena media frente a la leche de vaca que sólo tiene un 10-20%. (Park, 2006; Park y col., 2007).

En lo que se refiere a su perfil lipídico, la grasa láctea en general, contiene un elevado contenido de ácidos grasos saturados del orden del 60-70 %, un 20-25 % corresponden a ácidos grasos monoinsaturados con un 20-22 % de ácido oleico (C18:1 c9) y un 1-4 % ácidos grasos *trans* y 3-5 % ácidos poliinsaturados (Calvo y col., 2014).

La evidencia científica indica claramente que el consumo de ácidos grasos saturados de cadena media: láurico (C12:0), mirístico (C14:0) y palmítico (C16:0) aumenta el riesgo de enfermedad cardiovascular en las personas (Martínez y col., 2013).

El índice de aterogenicidad (IA), se define por Chavarría y col., (2006), como la razón del contenido de ácidos grasos hipercolesterolémicos, representado por los ácidos láurico (C12:0), mirístico (C14:0) y palmítico (C16:0), entre el contenido de los ácidos grasos con acción protectora, como el ácido oleico (C18:1), linoleico (C18:2) y  $\alpha$ -linolénico (C18:3):

$$IA = \frac{[12: 0] + 4 \times [14: 0] + [16: 0]}{\text{Poliinsaturados } \omega-3 + \text{poliinsaturados } \omega-6 + [18: 1] + \text{otros monoinsaturados}}$$

En tal sentido, el índice de aterogenicidad (IA) toma en cuenta los ácidos grasos láurico, mirístico y palmítico, en relación con los ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados ya que según Aguilera y col. (2001) un alto contenido de grasa saturada en la dieta origina un incremento de la concentración de colesterol plasmático y de colesterol-LDL (LDLc), mientras que la sustitución de esta grasa por otra poliinsaturada provoca un descenso de dichas concentraciones. Muchos trabajos concluyen que al sustituir la grasa saturada de la dieta por ácidos grasos monoinsaturados (AGMI) y poliinsaturados (AGPI) n-6 se obtienen efectos hipocolesterolémicos similares.

Este índice hace referencia al potencial de obstrucción de las arterias por causa de los ácidos grasos, siendo un dato de referencia en relación con el colesterol. Mientras más bajo sea el IA, menor es el riesgo de sufrir enfermedades cardiovasculares, tomándose como referencia valores menores a 4 (De la Torre y col, 2019).

Cuanto mayor sea el valor del IA implica un aumento en el riesgo de la contribución de la grasa al desarrollo de ateromas siendo de vital importancia su medición (Chavarría y col., 2006).

En la actualidad, existe un gran interés por aumentar la proporción de ácidos poliinsaturados dado que son los que aportan los mayores beneficios en la salud humana; y el ácido linoleico conjugado (CLA) cuyo principal isómero, el ácido ruménico (C18:2 c9, t11) representa alrededor del 85% de los isómeros y está relacionado con efectos anti-aterogénico, anticarcinogénico, antiinflamatorio, inmunoestimulante y de modulación de la resistencia a la insulina. El isómero C18:2 t10, c12- representa alrededor del 2% de los isómeros del CLA, posee propiedades beneficiosas anti-carcinogénicas y anti-obesidad (Bedoya y col., 2012).

Aunque es aceptado que el CLA es producido como intermediario durante la biohidrogenación (BH) del ácido linoleico (C18:2) suministrado en la dieta de los rumiantes, existen evidencias de que gran parte del isómero cis-9, trans-11 que se encuentra en la leche, es sintetizado a partir del ácido transvaccénico (C18:1 t11), por lo que el TVA debe ser considerado por su efecto benéfico a la salud (Sanhueza y col., 2002)

Según Castillo y col. (2013), varios autores coinciden en que los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI), particularmente, el ácido linoleico (C18:2 cis-9, cis-12) y el ácido alfa-linolénico (C18:3 cis-9, cis-12, cis-15), se encuentran en altas proporciones en los lípidos de los forrajes y de algunos suplementos. Por lo cual, dependiendo de su concentración en la dieta, modifican el perfil de ácidos grasos de la leche y también de la carne. Así debido a la BH en el rumen se explica una mayor concentración de ácidos grasos saturados que insaturados. El proceso de BH, se considera un punto crítico para modificar la relación entre ácidos grasos saturados e insaturados, en la leche y en la carne.

Se han estudiado diversos factores que afectan el proceso de BH del ácido linoleico y linolénico, como también estrategias nutricionales que muestran resultados positivos en el incremento de ácido TVA (C18:1 trans-11) y el CLA (C18:2 cis-9, trans-11), en la leche (Castillo y col., 2013).

Por lo tanto, se debe diferenciar estos ácidos grasos trans de origen natural (CLA y TVA) de la ingesta de ácidos grasos trans provenientes de la producción industrial que aumentan el colesterol plasmático y, por tanto, el riesgo de cardiopatía coronaria y, posiblemente, el riesgo de muerte súbita de origen cardíaco y de diabetes mellitus (Bedoya y col, 2012).

En el rumen se ha reportado que las bacterias son los microorganismos más importantes en el proceso de BH. Diversos estudios indican que la mitad de los microorganismos involucrados en la digestión de los lípidos se encuentran asociados a la porción líquida del rumen (BAL) y los restantes se hallan adheridos a las superficies del alimento (BAS). Se evidenció que en el rumen la presencia de partículas del alimento aumenta la velocidad del proceso de biohidrogenación (Herrera y col., 2004).

Legay-Carmier&Bauchart (1989) encontraron que en una dieta para vacas suplementada con aceite de soya, el 70% en masa de las bacterias eran BAS y, solamente un 7%, BAL; el restante 23% era de bacterias pobremente adheridas a la superficie o se transferían, de manera constante, desde las partículas al medio líquido ruminal.

Bauchart y col., (1990) mostraron que los ácidos grasos se adhieren más fácilmente a las partículas de alimento y que la concentración total de los ácidos grasos que se adherían a las BAS era casi del doble, con respecto al del BAL (Castillo y col., 2013).

Entre la abundante y variada microbiota del rumen se encuentra *Butyrivibrio fibrisolvens*. Esta bacteria se ha implicado en la hidrogenación parcial del ácido linoleico ingerido por el rumiante para transformarlo en un ácido graso monoinsaturado, generando como intermediarios del proceso a los diferentes isómeros del CLA. Por lo tanto, los CLA se forman como resultado de la biohidrogenación incompleta en el rumen, por lo que son constituyentes naturales de los productos lácteos y de la grasa de los rumiantes. La biohidrogenación de los AGI por las bacterias del rumen primero provoca una isomerización del doble enlace cis-12 del ácido linoleico cis-9, trans-11(CLA). La segunda reacción en el rumen es una reducción del doble enlace cis-9 de dicho CLA, por lo que queda un ácido monoinsaturado con 18 carbonos; permanece su insaturación trans-11 y se denomina TVA. Esta etapa es más rápida que la anterior por lo que permite que este ácido se acumule en el rumen. La etapa final en el rumen es una segunda reducción lenta de la

insaturación trans-11, formando ácido esteárico. Por lo que en el rumen se produce TVA, aunque queda algo de CLA remanente.

Existe otra vía metabólica para la formación de CLA. Esta tiene lugar en el hígado y en la glándula mamaria de los rumiantes. El ácido TVA producido en el rumen puede ser desaturado en el carbono 9 (formando un doble enlace cis-9) por la enzima  $\Delta 9$ -desaturasa intestinal, hepática y/o de la glándula mamaria, transformándolo en CLA (síntesis endógena). En consecuencia, el contenido total de CLA en la leche de los rumiantes se debe a la suma de esos dos orígenes, aunque prima la síntesis endógena. La enzima  $\Delta 9$ -desaturasa interviene en el metabolismo de los seres humanos, por lo cual se supone que puede convertir el ácido TVA de la ingesta en CLA. Muchos estudios han confirmado que una dieta rica en TVA provoca una mayor acumulación de CLA en la grasa sérica o en los tejidos del cuerpo que la ingesta misma de CLA (Vieitez y col., 2012; 2013). Por lo tanto, la concentración de CLA depende de la producción ruminal de CLA y su precursor el TVA y de la actividad de la enzima  $\Delta 9$ -desaturasa en el tejido mamario. La producción ruminal de ambos depende del sustrato lipídico, de los modificadores del ambiente ruminal y de una combinación de ambos.

En conclusión, el nombre genérico CLA es un término colectivo que abarca todos los isómeros del ácido linoleico que contienen un sistema de dobles enlaces conjugados. El creciente interés por aumentar las concentraciones de CLA en la leche y en otros productos de origen animal se debe principalmente a sus propiedades antimutagénicas y anticancerígenas, a su capacidad de generar respuesta inmune a la arteriosclerosis, y a su participación en la prevención de la obesidad y de la diabetes (Sanhueza y col., 2002). Estas razones y la percepción que actualmente se tiene de la importancia de una alimentación sana y que ayude a conservar la salud hacen que la presencia de CLA en los productos lácteos genere un valor agregado que los consumidores están dispuestos a asumir.

#### **4.4 MODIFICACIÓN DE LA GRASA LÁCTEA POR INFLUENCIA DE LA DIETA EN LOS RUMIANTES**

La producción de leche en Uruguay se ha basado tradicionalmente en el pastoreo directo de gramíneas y leguminosas forrajeras, asociado al uso de suplementos como concentrados y/o forrajes conservados en los momentos de déficit de forraje. El manejo de la alimentación en general, y de manera específica, la utilización del confinamiento en combinación con el uso de pasturas como estrategia de alimentación, aparece como una herramienta capaz de incrementar de forma sustancial la productividad de un predio. Actualmente en nuestro país predominan en rumiantes los sistemas lecheros de base pastoril con suplementación de concentrados y forrajes conservados (Mendoza y col., 2011).

Se debe tener en cuenta que los sistemas de producción de leche bovina basados en pasturas se caracterizan por dar un alto rendimiento en el contenido de grasa láctea debido a la dieta rica en fibra. Con la suplementación de concentrados es posible superar los cambios en cantidad y calidad de las

pasturas, aumentando la ingestión total de materia seca (MS) y la ingestión de energía y proteína (Bargo y col., 2003). Además, con esta suplementación se intenta optimizar la producción, tanto individual como por unidad de superficie (Kellaway y Harrington, 2004).

Sin embargo, Dixon y Stockdale (1999) sostienen que la suplementación de dietas forrajeras con concentrados ocasiona efectos asociativos con repercusiones significativas. Los efectos negativos están ligados a una menor ingestión y digestión de forraje debido a la reducción de la tasa de degradación de la fibra por los microorganismos ruminales.

Mientras que, en pequeños rumiantes, en los sistemas intensivos, altos suministros de concentrados permiten una producción de leche rica en proteínas y relativamente baja en grasas (Morand-Fehr y col., 2007). Según Salvador y Martínez (2007), en una revisión bibliográfica sobre los diversos factores que afectan la producción y composición de la leche de cabra, afirman que las cabras son menos sensibles que las vacas a la longitud o tamaño de partícula procedente de los forrajes. El contenido en grasa de la leche no disminuye al reducir el tamaño de partícula del mismo, siempre que se mantenga un nivel mínimo de fibra en la dieta, ya que tanto la grasa total como la proteína total de la leche de cabra se encuentran más influenciadas por el consumo de energía que por el tipo de forraje (alfalfa henificada vs “pellets”) que se incorpore a la dieta. En determinadas ocasiones y en dietas destinadas a cabras de alta producción para las cuales no se dispone de forrajes de buena calidad, una estrategia adecuada puede consistir en sustituir parte de ese forraje por subproductos de buena calidad y forrajes “peletizados” (granulados), en la que la relación fibra: concentrado podría estar próxima a 35:65 manteniendo los niveles de fibra dentro de las recomendaciones. De acuerdo con estos autores, las cabras toleran bien dietas sin forrajes y altas en proteína, durante toda la lactación, sin ningún efecto negativo sobre la producción de leche, composición ni en la salud del animal, siempre que el nivel de fibra en la dieta sea adecuado.

El agregado a la dieta de suplementos lipídicos tiene como objetivo, además de modificar el perfil lipídico de la leche, aumentar el consumo de energía. En las cabras lecheras los efectos negativos de la adición de lípidos, como por ejemplo sobre la digestión ruminal de la fibra, son menores que en vacas (Goetsch y col., 2011).

Una revisión bibliográfica realizada por Martínez y col., (2012), que incluyó 29 trabajos de investigación y 72 tratamientos experimentales en cabras, concluyó que un aporte igual o inferior a 4% de grasa extra en la dieta no suele afectar negativamente la digestibilidad total de los carbohidratos fibrosos con independencia del grado de insaturación, forma de presentación y procesado de la fuente de grasa (33 tratamientos sin efecto sobre un total de 40). Cuando la cantidad de grasa extra es mayor de 4%, la ocurrencia de un efecto negativo es más probable (19 tratamientos sobre un total de 32).

Ahora bien, la mayoría de los trabajos de investigación que han reportado el efecto del suministro de fuentes de grasa no protegidas a hembras rumiantes lecheras sobre la digestibilidad de la dieta se han realizado con vacas en

lactación. La adición de fuentes de grasa no protegidas a la dieta de los rumiantes, especialmente aceites vegetales, se relaciona comúnmente con una reducción de la digestibilidad de las paredes vegetales (Doreau y Chilliard 1997).

No obstante, la ausencia de efectos negativos de los aceites sobre la digestibilidad de la fibra neutro detergente (FND) observada está de acuerdo con experimentos realizados por Zervas y col. (1998) y Ueda y col. (2003). En los mismos la adición de aceites con similar grado de insaturación (colza, soja y lino) a la dieta de ovejas y vacas fue inferior a 4% MS. Cuando la cantidad de grasa extra añadida a la dieta es superior a 4% MS, la ocurrencia de efectos negativos sobre la digestibilidad de la FND es más frecuente en todas las especies rumiantes con independencia del grado de insaturación según Hess y col 2001, Maia y col 2006, Martin y col 2008 mencionados en la revisión bibliográfica realizada por Martínez y col. (2012).

Los lípidos de la leche, constituyen la fracción más variable y una de la más fácil de modificar a través de la dieta, tanto en concentración como en composición. Estas variaciones están estrechamente relacionadas con las características de la digestión de los lípidos de la dieta en los rumiantes. Como ya se mencionó, la microbiota del rumen es la responsable de que los lípidos de la dieta sufran un proceso de lipólisis y biohidrogenación que resulta en la saturación de la mayoría de los ácidos grasos insaturados (AGI) consumidos. La magnitud del proceso depende de las características de los lípidos (tipo y cantidad) y de la composición de la dieta (Rearte, 1993; Bauman y Griinari, 2003; Harvatine y col., 2009; Lock, 2010; Castillo, y col., 2013).

Los trabajos de Bocquier y Caja (2001), Chilliard y col., (2003) y Pulina y col., (2006) muestran que la adición de fuentes de grasa de distinto tipo y origen (grasas animales, aceites vegetales, semillas oleaginosas procesadas o enteras, jabones cálcicos) a la dieta de cabras y ovejas aumenta el contenido y la producción de grasa láctea en la mayoría de las ocasiones.

Martínez y col. (2015), muestran que la inclusión de semillas y aceites ricos en AGI, en ovejas, aumenta la producción de leche y reduce el contenido de proteína láctea, mientras que en las cabras disminuye el consumo de materia seca y aumenta el porcentaje de grasa de la leche.

También, el tipo de lípidos de la dieta puede cambiar el perfil de ácidos grasos de la leche de rumiantes. La inclusión de fuentes de grasa ricas en AGI en la dieta de las hembras rumiantes lecheras, puede ser una estrategia muy efectiva para modificar el contenido de ciertos AG de la grasa láctea (Stanton y col., 1997; Chilliard y col., 2007; Santos e Silva y col., 2020). La adición de aceites vegetales ricos en AGI a la dieta tiene efectos diferentes sobre la producción y composición de la leche según se trate de vacas, ovejas y cabras (Chilliard y col., 2003). Martínez Marín y col., (2012) indican que varios autores señalaron que la mayor velocidad de tránsito ruminal característica de las ovejas y las cabras podría atenuar el efecto negativo de los AGI sobre la digestión ruminal y la producción de sustratos para la glándula mamaria; o bien, de acuerdo con Chilliard y col., (2003), la mayor velocidad de tránsito reduciría la producción ruminal de isómeros del ácido linoleico conjugado que tienen efectos metabólicos directos sobre la síntesis de grasa láctea.

La inclusión de aceite o semilla de lino en la dieta para aumentar el aporte de ácido  $\alpha$ -linoléico a vacas, ovejas y cabras, tiene los efectos más favorables sobre el perfil de ácidos grasos de la grasa láctea (Martínez y col., 2013).

El método más extendido para aumentar el contenido de CLA de la leche de cabra consiste en añadir aceites o granos oleaginosos ricos en ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) a la ración alimenticia. La cantidad y el tipo de complemento de AGPI influye en el metabolismo lipídico ruminal y en la producción de CLA en la leche (Bedoya y col., 2012).

Los cambios mediante la reducción del contenido de AG saturados y el incremento en AGPI y en CLA y el TVA que tienen importantes efectos beneficiosos reconocidos para la salud humana al ser ingeridos, pueden ser considerados favorables (Morand-Fehr, 2007).

Trabajos realizados en cabras por Martínez y col.(2012) dan como resultado que el ácido linoleico, supuso cerca de 40% de los ácidos grasos totales aportados por la dieta con aceite de girasol normal, duplicando el contenido de ácido oleico en la leche obtenida.

Por otra parte, Bouattour y col. (2008), realizaron un estudio también en cabras, incluyendo aceite de soja (SBO) en la alimentación. Sus resultados indican que la leche de las cabras suplementadas en comparación con la dieta control aumentó el contenido de grasa de la leche (4,57 vs 5,24%) y el rendimiento, así como el contenido total de sólidos. El SBO no tuvo efecto en el contenido de proteína cruda y verdadera de la leche, pero redujo el contenido de caseína en la leche (2,48 vs. 2,34%). Los AG de cadena corta y mediana, disminuyeron al alimentar con aceite de soja, mientras que AG de cadena larga aumentaron. La alimentación con ácido linoleico a través de SBO aumentó las concentraciones de linoleico, oleico y esteárico en la leche (este último si bien es un ácido graso saturado, no se considera aterogénico), pero redujo niveles de linoléico y palmítico (en mayor proporción). Como consecuencia, la alimentación de SBO disminuyó la relación de grasa saturada a insaturada y el índice de aterogenicidad. En comparación con el tratamiento de control, el contenido en leche de cis-9, trans-11 CLA (0,68 vs. 2,03%) y TVA (2,04 vs 6,41%) con el tratamiento SBO aumentó aproximadamente un 200%.

En conclusión, la alimentación con una dosis moderada de SBO para cabras lecheras fue una forma útil de aumentar el contenido de grasa de leche, CLA y TVA en leche y también para reducir el índice de aterogenicidad sin efectos negativos sobre la ingesta, la producción de leche y el contenido de proteínas.

Actualmente, Santos e Silva y col., (2020), indican que la inclusión del aceite de soja en la dieta de cabras aumentó la concentración de los AG que son beneficiosos para la salud, entre ellos: oleico (C18:1 c9), linoleico (C18:2 c9 c12), linoléico (C18:3 c9 c12 c15), CLA (C18:2 t10 c12, factor de anti obesidad), TVA (C18:1 t11, precursor para la síntesis endógena del ácido ruménico), omega-3, así como la proporción de AGI/saturados y AGPI/saturados. Estos autores indican que es el primer estudio que incluye tres concentraciones de aceite suplementado en el alimento con cambios progresivos en el perfil de leche en ácidos grasos (AG) y que utilizan una concentración tan alta como 4,5% de aceite.

No obstante, son pocos los trabajos sobre el efecto de la inclusión de fuentes de grasa no protegidas de origen vegetal en la dieta de cabras, fundamentalmente en nuestro país, lo cual indica que son necesarias investigaciones para determinar el efecto que el nivel de inclusión y el grado de insaturación de aquellas sobre los resultados productivos y el aumento de los AG más saludables de la grasa láctea, con objeto de establecer las mejores condiciones de utilización.

Una de las principales razones para incluir fuentes de grasa en la dieta de los rumiantes es la posibilidad de modificar el perfil de AG de la grasa láctea, debido al interés creciente de los consumidores en el efecto que la grasa consumida tiene sobre la salud y la prevención de ciertas enfermedades no transmisibles (diabetes, enfermedades cardiovasculares, cáncer, enfermedades respiratorias crónicas y enfermedad renal) (Martínez y col, 2013).

La presente investigación resulta de importancia para verificar la siguiente hipótesis: la inclusión de lípidos de origen vegetal con alta proporción de AGPI (aceites de girasol o de soja) en la dieta de cabras en lactación provocará un aumento de la proporción de ácidos grasos insaturados, de TVA (C18:1 t11) y de CLA (en especial el ácido ruménico (C18:2 c9 t11)). Este trabajo tiene la particularidad que se realizó en animales con un sistema que incluye pastoreo directo.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1 Objetivo General**

Evaluar el efecto de la inclusión de aceites vegetales con diferente grado de insaturación en la dieta de cabras lecheras sobre la composición y el perfil lipídico de la leche.

### **5.2 Objetivos específicos**

- Cuantificar el porcentaje de materia grasa, proteínas, lactosa y sólidos totales de leche de cabra obtenida con dietas suplementadas con aceite de girasol o soja.
- Estudiar el efecto de la inclusión de aceite de soja o girasol en la dieta de cabras lecheras sobre el perfil de ácidos grasos de la leche respecto a una dieta control.
- Estudiar el efecto de la inclusión de aceite de soja o girasol en la dieta de cabras lecheras sobre el contenido de TVA, CLA y sobre el índice aterogénico (IA) respecto a una dieta control.

## **6. MATERIALES Y MÉTODOS**

El trabajo de campo se desarrolló en el establecimiento Cerro Negro, ubicado en la ruta 45, km 90, San José, Uruguay (34° S, 56° O).

Esta Tesis de grado se enmarca dentro del proyecto “Valorización de quesos de leche de cabra a través del enriquecimiento con ácidos grasos de mayor valor nutricional y determinación de su vida útil”, proyecto financiado por la Comisión Sectorial de Investigación Científica (CSIC), Programa de Vinculación Universidad – Sociedad y Producción (financiación universitaria, Modalidad 2). Para el desarrollo del presente plan de trabajo se dispuso de apoyo de docentes de las Facultades de Veterinaria y de Química (UdelaR), así como también estudiantes que colaboraron en la alimentación y manejo de las cabras durante todo el período de trabajo. A su vez, se utilizaron equipos y materiales provistos por el Instituto Producción Animal (IPAV), el Departamento de Ciencia y Tecnología de la Leche ambos de la Facultad de Veterinaria, así como el Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CYTAL) de Facultad de Química. Este estudio cuenta con la aprobación de la Comisión Honoraria de Experimentación Animal (CHEA), protocolo CEUAFVET-652.

## 6.1 Diseño experimental

En un diseño de bloques completos al azar, se seleccionaron 27 cabras de raza Saanen en el primer tercio de lactación, que fueron bloqueadas por número de lactancia, peso vivo y producción previa, y luego separadas en tres grupos iguales ( $n=9$ ) y agrupadas en tríos. Así, cada trío de cabras fue considerado como unidad experimental y cada cabra fue la unidad de muestreo. Las cabras seleccionadas presentaban las siguientes características promedio:  $PV=55.1\pm 8.0$  kg, número de partos  $=2.89\pm 0.8$ , días de lactación  $=51.22\pm 15.20$  y una producción de leche previa  $=1.83\pm 0.30$ L. Cada grupo fue suplementado por 50 días con 750 g diarios por animal, de 3 concentrados en base fresca: sin aceite agregado (control, DC), con agregado de aceite de girasol (DSG) o con agregado de aceite de soja (DSS). El agregado de los aceites fue calculado para que los concentrados llegaran al 10% de extracto etéreo (EE) en base a materia seca (MS). Los concentrados se formularon para cubrir los requerimientos de una cabra en lactación de 55 kg de peso vivo (PV), 51 días de lactación, produciendo 3,5 kg/d de leche con un contenido de 3,5% de grasa. Además, se fijó la proporción de EE de los concentrados con adición de aceites de forma tal que la dieta total no sobrepasara el 6% de EE (base MS). Este nivel de EE fue testeado previamente utilizando los mismos concentrados y heno de alfalfa (relación 35:65) en un experimento *in vitro*, mostrando un incremento en la concentración del ácido transvaccénico (C18:1 t11) y una disminución de la concentración de ácidos grasos saturados en el líquido ruminal *in vitro* (Casarotto y col., 2020). Para la formulación se utilizó el programa Capricorn 2010 Demo Version (UC Davis, EEUU).

Como los animales se encontraban bajo el manejo típico de un establecimiento caprino lechero comercial de nuestro país, con pastoreo directo de praderas mezcla de gramíneas y leguminosas y estabulación nocturna con oferta de ensilaje de maíz planta entera o de henolaje de pradera, no fue posible controlar ni determinar el consumo de los forrajes. Así que fue estimado como la diferencia entre el consumo estimado de la dieta total por el programa (3,6% del PV) y la cantidad de concentrado ofrecida.

La suplementación se realizó dos veces al día durante los ordeños (6 AM y 18 PM) por 50 días, los ingredientes y la composición química de los concentrados se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Composición química y perfil lipídico de los concentrados experimentales.

Nutriente	DC	DSG	DSS
MS (%)	90,0	90,0	90,0
MO (% MS)	90,7	90,5	90,5
PB (% MS)	17,0	15,5	15,5
FND (% MS)	9,1	9,0	9,0
EE (% MS)	2,7	10,0	10,0
EM (Mcal/kg MS)	2,7	2,9	2,9
C16:0 (% EE)	26,8	10,8	16,6
C18:0 (% EE)	3,4	4,3	5,5
C18:1 cis (% EE)	29,6	43,7	33,2
C18:2 cis (% EE)	32,9	38,5	39,9
C18:3 (% EE)	3,8	1,1	3,4
C20:1 (% EE)	0,6	0,3	0,4

\*DC dieta control \*DSG dieta suplementada con aceite de girasol \*DSS dieta suplementada con aceite de soja \*MO materia orgánica \* MS materia seca \* PB proteína bruta \* FND fibra neutro detergente \* EM energía metabolizable \* EE extracto etéreo.

La composición química de los concentrados proviene del análisis de la planta elaboradora y el perfil lipídico se determinó por el análisis de cromatografía de gases (según técnica AOCS Ce 1c-89, AOCS Ce 1f-96).

Componentes de las dietas: Maíz grano, Afrechillo de Trigo, Harina de Soja, Carbonato de Calcio, Cloruro de Sodio, Fosfato Monocálcico, Bicarbonato de Sodio, Óxido de Magnesio y Núcleo Vitamínico Mineral.

## 6.2 Muestreo de leche

Se midió la producción y se tomaron muestras en el ordeño de la mañana de forma individual mediante medidores de leche específicos para cabras (Tru-Test datamars, WB Mini- test) los días 0, 7, 18, 25, 34 y 46 a partir del inicio de la oferta de los concentrados experimentales correspondiendo éstos a: T1 primer muestreo (día 0), T2 segundo muestreo (día 7), T3 tercer muestreo (día 18), T4 cuarto muestreo (día 25), T5 quinto muestreo (día 34) y T6 sexto muestreo (día 46). Las muestras individuales de animales pertenecientes al mismo trío (unidad experimental) fueron mezcladas proporcionalmente a su producción de leche para ser analizadas posteriormente. Las muestras compuestas fueron enfriadas inmediatamente a su obtención para ser trasladadas al laboratorio donde se separó una submuestra para el análisis del perfil de ácidos grasos y otra submuestra para el análisis de la composición. Inmediatamente fueron congeladas (-18°C) hasta su análisis.

## 6.3 Análisis de laboratorio

### 6.3.1 Determinación de ácidos grasos en la leche de cabra

A cada muestra se le determinó el contenido de grasa total mediante la técnica de Röse-Gottlieb (AOAC 905.02) y el perfil de ácidos grasos. La materia grasa extraída se derivatizó según la técnica IUPAC 2.301 para obtener los ésteres metílicos y se realizó el análisis por cromatografía de gases (según técnica AOCS Ce 1c-89, AOCS Ce 1f-96). El análisis del perfil en ácidos grasos se realizó utilizando un Cromatógrafo de gases marca Shimadzu 14B equipado con FID y provisto con una columna capilar Supelco SP-2560 de 100 metros. El programa de temperatura que se empleó fue el siguiente: temperatura inicial de 90°C durante 2 minutos, aumentó hasta 175°C con una velocidad de 20°C/min y permanencia durante 35 minutos a esa temperatura final; elevación de temperatura desde 175°C hasta 240°C con una velocidad de 15°C/min y permanencia a esa temperatura final durante 25 minutos.

Se calculó el índice de aterogenicidad (IA) mediante la fórmula descrita anteriormente (Chavarría y col., 2006), el cual toma en cuenta los ácidos grasos láurico (C12:0), mirístico (C14:0) y palmítico (C16:0), en relación con la sumatoria de los ácidos grasos poliinsaturados (C18:3 c9, c12, c15; C18:2 c9, c12;) más los ácidos grasos mono insaturados (C18:1 c9, C18:1 t11).

### 6.3.2 Determinación de la composición de la leche de cabra

Se determinó el contenido de sólidos totales, sólidos no grasos, proteínas, lactosa, y sales. La determinación de proteínas, lactosa, y sales se realizó por ultrasonido utilizando un Lactoscan SLP (en modalidad leche de cabra, Milkotronic Ltd. Nova Zagora, Bulgaria)

## 6.4 Análisis estadísticos

Las variables fueron analizadas mediante PROC MIXED de SAS® (SAS Institute Inc., Cary, NC) utilizando el siguiente modelo;

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + M_j + B_k + (T*M)_{ij} + e_{ijk}$$

donde Y es la variable dependiente,  $\mu$  es la media global,  $T_i$  el efecto fijo del tratamiento nutricional i (n=3; sin aceite, con aceite de girasol o con aceite de soja),  $M_j$  el efecto fijo del momento de muestreo j (n=6),  $B_k$  el efecto aleatorio del bloque k (n=3),  $T*M$  el efecto de la interacción tratamiento por muestreo y  $e_{ijk}$  el error residual. Cada cabra se consideró como unidad de muestreo y los tríos de cabras como unidades experimentales. Las medias fueron separadas y comparadas utilizando LSMEANS de SAS® con la opción PDIFF. Se consideraron diferencias estadísticas cuando  $P < 0,05$  y tendencias cuando  $0,05 < P < 0,10$ .

## 7. RESULTADOS

En Tabla 4 se observa que la producción de leche individual de los dos ordeños de las cabras alimentados con dieta suplementada con aceite de girasol (DSG) fue mayor ( $p = 0,024$ ), mientras que las alimentados con dieta control (DC) y dieta suplementada con aceite de soja (DSS) no presentaron diferencias. El resto de los valores medios de composición (materia grasa, proteína y lactosa) no presentaron diferencias significativas entre las distintas dietas.

Tabla 4. Composición y producción de la leche en los diferentes grupos por día

Variable (medias)	DC	DSG	DSS	EEM	P-valor		
					Trat	Día	Trat x Día
Producción individual(L/d)	3,15 <sup>b</sup>	3,34 <sup>a</sup>	2,98 <sup>b</sup>	0,090	0,024	<0,001	0,952
Proteína (%)	3,10	2,94	2,98	0,106	0,514	0,053	0,327
Sales (%)	0,74	0,72	0,74	0,014	0,505	0,008	0,415
Lactosa (%)	4,53	4,28	4,34	0,158	0,519	0,054	0,319
Grasa (%)	3,90	3,99	3,85	0,083	0,391	0,398	0,838

\*DC dieta control \*DSG dieta suplementada con aceite de girasol \*DSS dieta suplementada con aceite de soja \*EEM error estándar de las medias \*Dentro de la fila letras distintas se consideró diferencias significativas a  $p < 0,05$ .

En la Tabla 5 se indica el perfil lipídico de la grasa láctea. Se observaron interacciones entre el tratamiento y el día de muestreo en las concentraciones de los ácidos butírico (C4:0), caproico (C6:0), TVA (C18:1 t11), CLA y la  $\Sigma$ 18:2 trans.

La concentración de ácido cáprico (C10:0) fue mayor ( $p = 0,038$ ) en la grasa láctea de los animales alimentados con DC que en la de los alimentados con DSG, mientras que la obtenida de animales alimentados con DSS no presentó diferencias con ninguna de las otras dos.

Se observó también, que las proporciones de ácido láurico (C12:0), ácido mirístico (C14:0) y ácido margárico (C17:0) fueron mayores ( $p < 0,001$ ) en la grasa láctea de los animales alimentados con DC, sin diferencias entre los animales alimentados con dietas suplementadas con aceites.

El ácido palmítico (C16:0) presenta un contenido mayor en la grasa láctea de los animales alimentados con DC (25,6%), seguido por el obtenido en los alimentados con DSS (24,8%) y finalmente el observado en la grasa de los animales alimentados con DSG (23,5%) ( $p < 0,001$ ).

Se puede apreciar que la proporción de ácido esteárico (C18:0) y la suma de los ácidos poliinsaturados cis fueron mayores en la grasa láctea de las cabras alimentadas con dietas suplementadas con los aceites ( $p < 0,001$ ).

En el ácido linoleico (C18:2 c9, c12) se observó un contenido mayor ( $p 0,011$ ) en los animales alimentados con DSS que los alimentados con DC. Mientras que los que consumieron DSG no presentan diferencia significativa con ninguna de las dos dietas. Respecto a la suma total de los ácidos saturados

presentaron mayor contenido ( $p < 0,001$ ), en la grasa de las cabras alimentadas con DC que las alimentadas con DSG y DSS.

El índice aterogénico (IA) de la grasa láctea obtenida con el consumo de DSG fue menor, seguido por el de las alimentadas con DSS y finalmente las alimentadas con la DC ( $p < 0,001$ ).

Tabla 5. Perfil lipídico en 100 gramos de grasa de leche fluida

Variable	DC	DSG	DSS	EEM	P-valor		
					Trat	Día	Trat x Día
C4:0	1,64	2,22	1,84	0,054	<0,001	<0,001	<0,001
C6:0	2,30	2,64	2,29	0,074	<0,001	<0,001	<0,001
C8:0	2,97	3,05	2,92	0,121	0,257	<0,001	0,205
C10:0	10,9 <sup>a</sup>	10,2 <sup>b</sup>	10,4 <sup>ab</sup>	0,385	0,038	0,091	0,339
C11:0	0,21	0,31	0,20	0,067	0,399	0,379	0,502
C12:0	4,23 <sup>a</sup>	3,71 <sup>b</sup>	3,88 <sup>b</sup>	0,149	<0,001	0,013	0,520
C14:0	10,7 <sup>a</sup>	9,67 <sup>b</sup>	9,87 <sup>b</sup>	0,163	<0,001	0,012	0,457
C15:0	0,90	0,86	0,86	0,041	0,505	0,050	0,520
C16:0	25,6 <sup>a</sup>	23,5 <sup>c</sup>	24,8 <sup>b</sup>	0,186	<0,001	<0,001	0,212
C16:1c9	0,33	0,33	0,32	0,014	0,707	0,002	0,811
C17:0	0,69 <sup>a</sup>	0,63 <sup>b</sup>	0,66 <sup>b</sup>	0,023	0,002	<0,001	0,390
C18:0	11,5 <sup>b</sup>	12,9 <sup>a</sup>	12,6 <sup>a</sup>	0,196	<0,001	<0,001	0,600
C18:1 c9	18,0	18,7	17,7	0,542	0,061	0,037	0,942
C18:1t9	0,40	0,42	0,42	0,020	0,416	<0,001	0,159
C18:1 t11 (TVA)	1,77	2,61	2,70	0,073	<0,001	<0,001	<0,001
C18:2 c9, c12	2,10 <sup>b</sup>	2,22 <sup>ab</sup>	2,36 <sup>a</sup>	0,060	0,011	0,014	0,174
∑ 18:2 trans	0,81	0,78	0,93	0,094	0,051	<0,001	0,047
CLA	0,67	0,81	0,81	0,029	<0,001	0,014	0,035
C18:3 c9, c12, c15	0,81	0,87	0,86	0,071	0,629	<0,001	0,231
Saturados	71,9 <sup>a</sup>	69,9 <sup>b</sup>	70,52 <sup>b</sup>	0,851	<0,001	0,049	0,330
Monoinsaturados CIS	18,3	19,0	18,0	0,542	0,068	0,037	0,944
Poliinsaturados CIS	2,90 <sup>b</sup>	3,10 <sup>a</sup>	3,22 <sup>a</sup>	0,058	<0,001	<0,001	0,286
C18:1 t9+∑ 18:2 trans	1,20	1,21	1,35	0,109	0,071	<0,001	0,049
Grasa	3,90	3,99	3,85	0,083	0,391	0,398	0,838
Índice Aterogénico	2,94 <sup>a</sup>	2,47 <sup>c</sup>	2,64 <sup>b</sup>	0,105	<0,001	0,006	0,452

\*DC dieta control \*DSG dieta suplementada con aceite de girasol \*DSS dieta suplementada con aceite de soja \*EEM error estándar de las medias \*Dentro de la fila letras distintas se consideró diferencias significativas a  $p < 0,05$ .

En la figura 1 se presenta la evolución del ácido butírico (C4:0) durante el período estudiado, con diferencias significativas en los días 25 y 46 del muestreo. En el día 25, las concentraciones de ácido butírico de los 3 tratamientos difirieron entre sí, las cabras alimentadas con DSG produjeron mayores concentraciones de este ácido, las alimentadas con DC produjeron la menor concentración y las que consumieron DSS produjeron una concentración intermedia ( $p < 0,001$ ). En el día 46, no se evidenciaron diferencias entre la DC y DSS, produciendo las cabras alimentadas con DSG mayor concentración de ácido butírico ( $p < 0,001$ ).

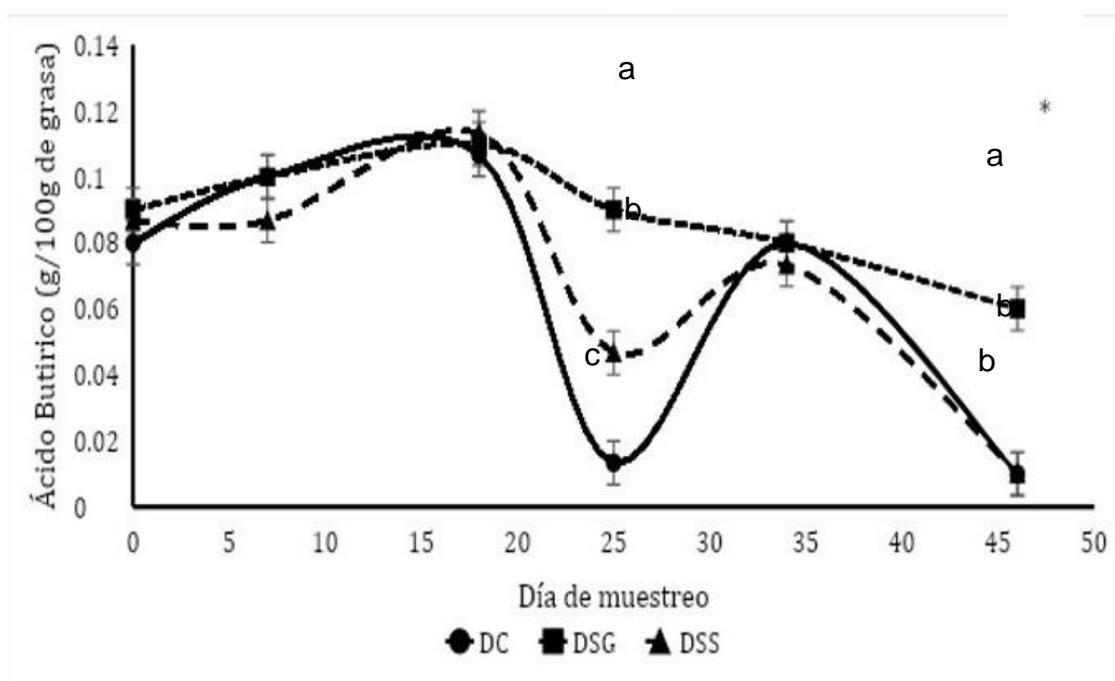


Figura n°1: Evolución del ácido butírico (C4:0) en 100 gramos de grasa de leche fluida de las diferentes dietas durante el periodo de muestreo.

\*DC dieta control \*DSG dieta suplementada con aceite de girasol \*DSS dieta suplementada con aceite de soja \*Dentro de una misma fecha letras distintas son diferentes significativamente a  $p < 0,05$ .

En la figura 2 se muestra la evolución de la concentración del ácido caproico (C6:0) en la grasa láctea de cada dieta en función de los días de muestreo. Se aprecia que la DSG provocó mayor concentración de ácido caproico que la dieta sin suplementar DC e incluso que la DSS los días 25 y 46 ( $p < 0,001$ ). Los días 25 y 46 no difirieron las suplementadas con DSS de la DC. La concentración del ácido caproico (C6:0) de la grasa láctea de los animales suplementados y de los no suplementados no difirió en el resto de los días del experimento. Siendo su evolución muy similar a la observada en el ácido butírico (C4:0).

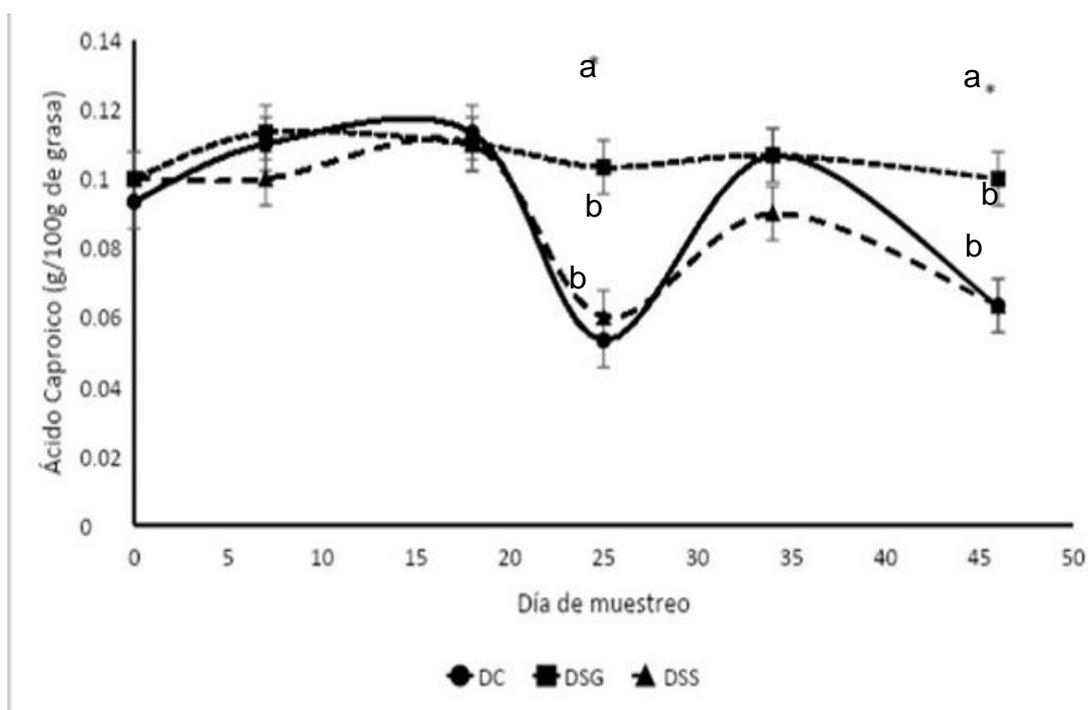


Figura n°2: Evolución del ácido caproico (C6:0) en 100 gramos de grasa de leche fluida de las diferentes dietas durante el periodo de muestreo.

\*DC dieta control \*DSG dieta suplementada con aceite de girasol \*DSS dieta suplementada con aceite de soja \*Dentro de una misma fecha letras distintas son diferentes significativamente a  $p < 0,05$ .

En la figura 3 se presenta la evolución de la concentración del TVA (C18:1 t11) en la grasa de la leche producida por animales según la dieta administrada en función de los días de muestreo. Desde el comienzo de la administración de las dietas experimentales hasta el final del experimento, la grasa de la leche de los animales que consumieron las DSG o DSS presentaron concentraciones de C18:1 t11 mayores que el de los animales que ingirieron la DC ( $p < 0,001$ ).

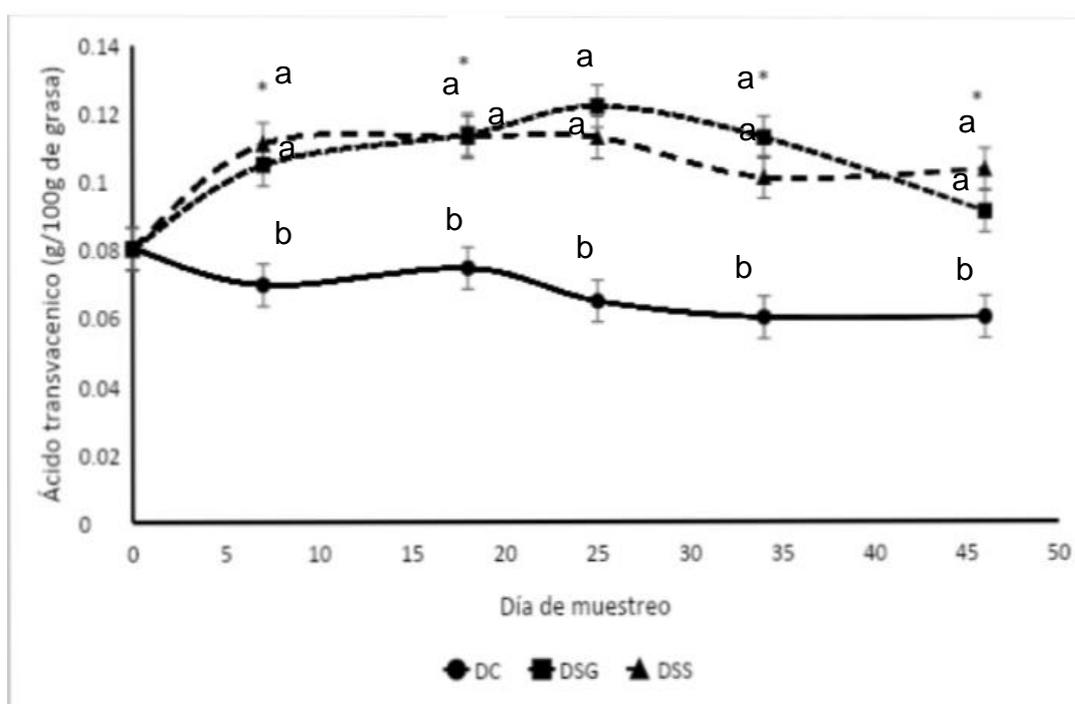


Figura n°3: Evolución del ácido transvaccénico (C18:1 t11) en 100 gramos de grasa de leche fluida de las diferentes dietas durante el periodo de muestreo.

\*DC dieta control \*DSG dieta suplementada con aceite de girasol \*DSS dieta suplementada con aceite de soja \*Dentro de una misma fecha letras distintas son diferentes significativamente a  $p < 0,05$ .

En la figura 4 se muestra la evolución de la concentración del CLA en la grasa láctea de cada dieta en función de los días de muestreo. Se evidencia que la DSS y DSG provocó mayores concentraciones de CLA que la dieta sin suplementar DC durante todo el período de mediciones ( $p < 0,033$ ). La concentración del CLA de la grasa láctea de los animales suplementados con aceite de girasol no difirió de la de los animales suplementados con aceite de soja en todo el experimento. Los días 18 y 25 la concentración de CLA no difirió entre las alimentadas con DSG y DSS de las alimentadas con DC.

Si comparamos el TVA (C18:1 t11) con el CLA podemos observar que su evolución fue muy parecida en todo el período de muestreo, lo cual es esperable dado que el TVA es precursor del CLA, encontrándose ambos ácidos grasos en menores niveles en los animales alimentados con DC.

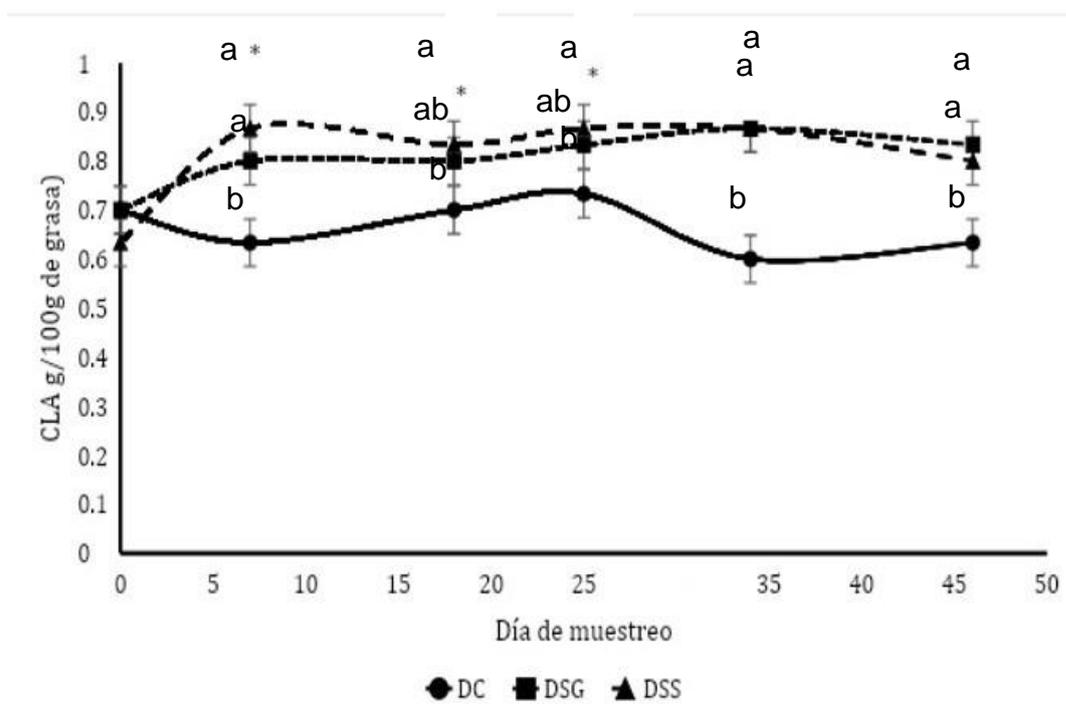


Figura n°4: Evolución del ácido linoleico conjugado CLA en 100 gramos de grasa de leche fluida de las diferentes dietas durante el periodo de muestreo.

\*DC dieta control \*DSG dieta suplementada con aceite de girasol \*DSS dieta suplementada con aceite de soja \*Dentro de una misma fecha letras distintas son diferentes significativamente a  $p < 0,05$ .

En la figura 5 se puede observar la evolución de la sumatoria de isómeros trans del linoleico ( $\Sigma 18:2$  trans) en función de los días de muestreo y del tipo de tratamiento. Se observó como resultado que los animales alimentados con DSS el día 7, presentan una diferencia significativa mayor que los no suplementados DC e incluso que los alimentados con DSG, ( $p < 0,007$ ). También, se apreció esta diferencia el día 25 pero con un ( $p < 0,04$ ) en los alimentados con DSS, no habiendo diferencias entre las alimentadas con DSG y DC.

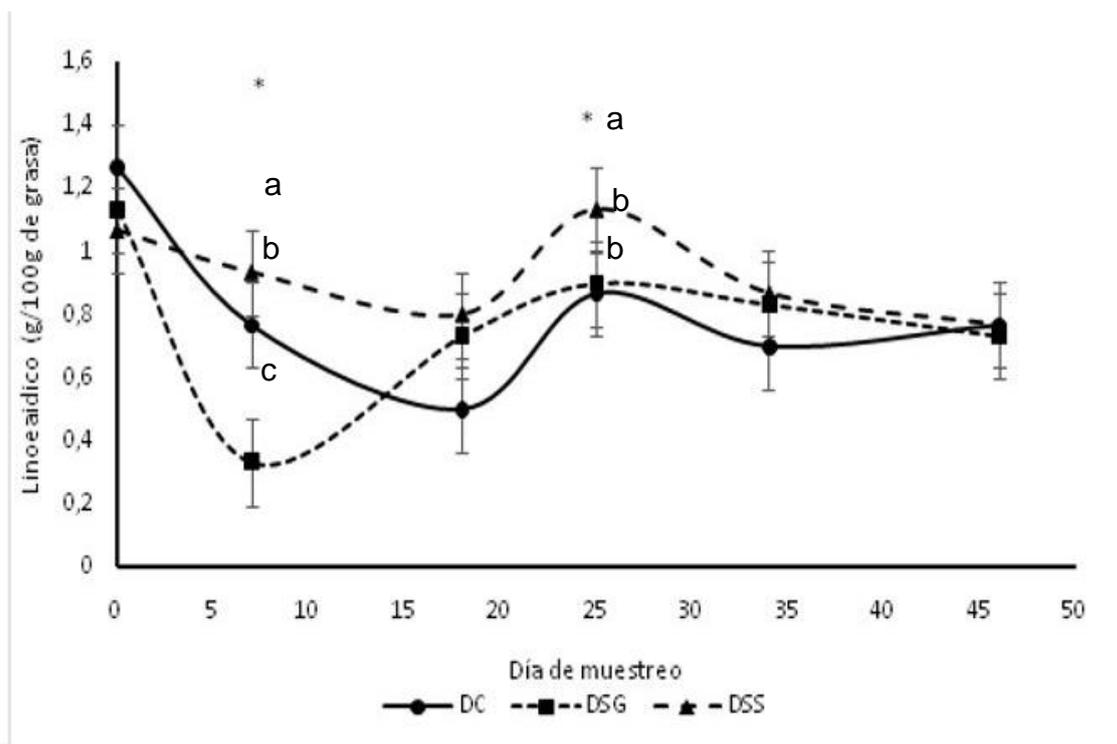


Figura n°5: Evolución de la sumatoria de isómeros trans del linoleico ( $\Sigma 18:2$  trans) en 100 gramos de grasa de leche fluida de las diferentes dietas durante el período de muestreo.

\*DC dieta control \*DSG dieta suplementada con aceite de girasol \*DSS dieta suplementada con aceite de soja \*Dentro de una misma fecha letras distintas son diferentes significativamente a  $p < 0,05$ .

En la figura 6 se observa la evolución del ácido eláidico más sumatoria de isómeros trans de linoleico (C18:1 t9 +  $\sum$  C18:2 trans) en función de los días de muestreo y tipo de tratamiento. Se evidenció que la DSS provocó mayores concentraciones de estos ácidos grasos trans en los tres primeros muestreos ( $p < 0,033$ ). También, se observó que el día 18 las cabras alimentadas con DSS y DSG no tuvieron diferencias significativas. El día 25 no presentaron diferencias significativas las suplementadas con DSG de las suplementadas con DC.

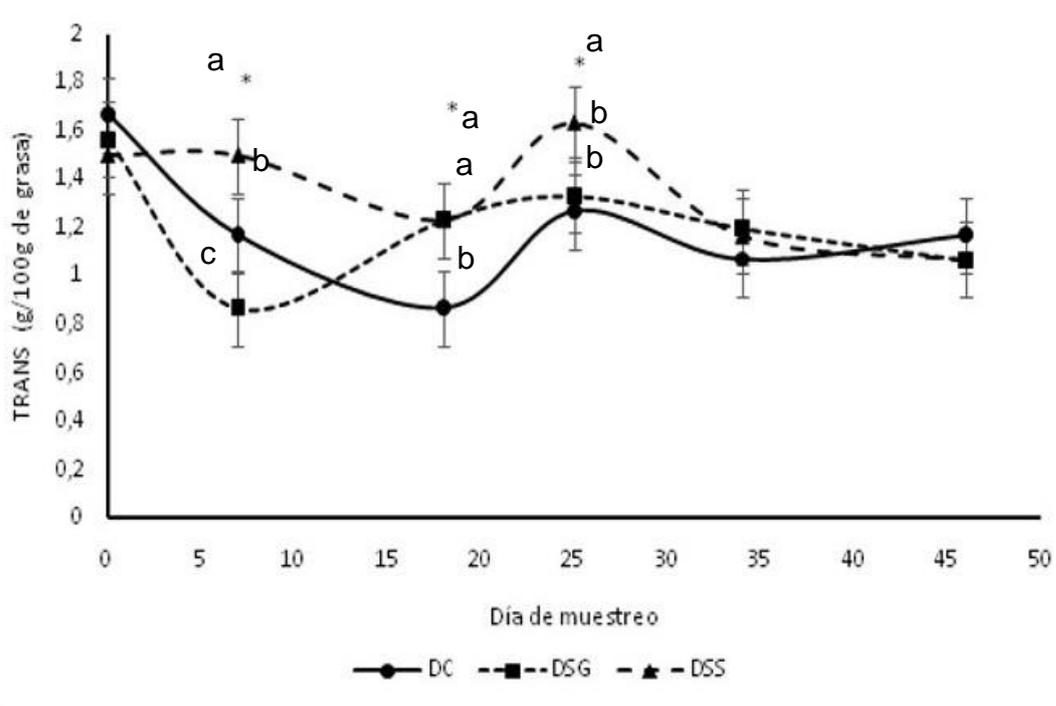


Figura n°6: Evolución del ácido eláidico más sumatoria de isómeros trans de linoleico (C18:1 t9 +  $\sum$  C18:2 trans) la en 100 gramos de grasa de leche fluida de las diferentes dietas durante el periodo de muestreo.

\*DC dieta control \*DSG dieta suplementada con aceite de girasol \*DSS dieta suplementada con aceite de soja \*Dentro de una misma fecha letras distintas son diferentes significativamente a  $p < 0,05$ .

## 8. DISCUSIÓN:

Es notorio que, en cuanto a producción de leche y proporción de grasa láctea, la inclusión de lípidos ricos en ácidos grasos insaturados en la dieta de cabras lecheras provoca respuestas diferentes a las que se obtienen en vacas lecheras (Shingfield y col., 2010; Fougère y col., 2018). En ese sentido, Bouattour y col. (2008) alimentando cabras lactantes Murciano-Granadinas con una dieta adicionada con aceite de soja en concentraciones similares a las de nuestro experimento observaron que el contenido de la grasa de la leche (4,57 vs. 5,24%) y el rendimiento de grasa láctea aumentaron con respecto a una dieta control sin aceite agregado, mientras que la producción de leche no fue afectada. Asimismo, Martínez y col. (2015), a partir de un metanálisis que involucró 18 experimentos en cabras lecheras, concluyeron que la inclusión de aceites y semillas ricos en ácidos grasos insaturados aumenta la proporción de grasa en la leche, pero no afecta el volumen de leche producido. Inesperadamente, en nuestro experimento se observó que la suplementación con aceite de girasol o de soja en niveles de 10% del concentrado no provocó cambios en la composición de la leche (proteínas, materia grasa, lactosa y sales) pero el aceite de girasol aumentó levemente la producción de leche (6% con respecto a la dieta sin aceite suplementario).

Como ya se mencionó, una de las principales razones para incluir fuentes de grasa en la dieta de los rumiantes, en particular de las cabras, es la posibilidad de modificar el perfil de ácidos grasos de la grasa láctea, debido al interés creciente de los consumidores en el efecto que la grasa consumida tiene sobre la salud y la prevención de ciertas enfermedades. La inclusión de fuentes de grasa ricas en AGI en la dieta de cabras lecheras, ha demostrado ser una estrategia efectiva para modificar el contenido de ciertos ácidos grasos de la grasa láctea (Chilliard y col., 2007). En nuestro experimento, la inclusión de aceite de girasol o de soja en la dieta disminuyó las concentraciones de ácidos grasos saturados y aumentó las de ácidos grasos poliinsaturados. Coincidiendo con trabajos como el de (Martinez y col., 2013) donde suplementaron a cabras lecheras con aceite de girasol alto oleico, aceite de girasol normal o aceite de lino, y en todos los casos redujeron el contenido de ácidos grasos saturados de cadena media de la grasa láctea. Así, se provocó además la disminución del índice aterogénico de la grasa láctea; efecto que fue más evidente con la inclusión de aceite de girasol. Este resultado se ha podido ver también en otros trabajos como el realizado por (Gagliostro y col., 2006) donde concluyeron que el aporte simultáneo de aceite de pescado y de girasol a cabras lecheras, permitió obtener una leche de muy alta concentración en CLA y en trans C18:1, disminuyendo significativamente el IA del producto. El índice aterogénico mide el riesgo de formación de placa ateromatosa en las paredes de las arterias, y sus valores se relacionan concluyentemente con la probabilidad de presentación de enfermedad cardiovascular a futuro. Existen varios estudios que sustentan que, a mayores concentraciones de colesterol total, triglicéridos y lipoproteínas de baja densidad (c-LDL) hay un riesgo cardiovascular superior y el índice aterogénico se correlaciona mejor con el número de factores de riesgo, que cada variable del perfil lipídico por separado (De la Torre, y col. 2019). Estos cambios pueden ser considerados favorables desde el punto de vista de la salud humana como la reducción del contenido de AGS de cadena media, la disminución de la relación entre los AGPI de las series n-6 y n-3,

representadas mayoritariamente por el ácido linoleico y el ácido linolénico, y el incremento de los ácidos TVA y CLA.

Considerando a los ácidos grasos individualmente, en nuestro experimento se obtuvieron mayores concentraciones de ácido grasos de cadena corta (C4:0 y C6:0), sumatoria de isómeros trans del linoleico ( $\Sigma 18:2$  trans), TVA (C18:1 t11) y CLA con las dietas adicionadas con aceites. Mientras, se observaron disminuciones de la mayoría de los ácidos grasos saturados (C10:0, C12:0, C14:0, C16:0, C17:0 y C18:0).

La inclusión de aceites y semillas oleaginosas en la dieta produce respuestas en el mismo sentido sobre el contenido de los distintos grupos de ácidos grasos de la grasa láctea en vacas, ovejas y cabras. Algunos de los efectos observados en la grasa láctea son comunes a todos los aceites y semillas: el contenido de ácido butírico no suele afectarse negativamente, se reduce el de los AGS de cadena media y aumenta el de los ácidos grasos de 18 átomos de carbono, especialmente los ácidos grasos monoinsaturados (Martínez y col., 2013). Estos autores indican también, que numerosos trabajos de investigación realizados con rumiantes lecheros muestran que el aumento de AGI en la dieta disminuye el contenido de los AGS de cadena corta y media en la grasa láctea. De acuerdo con Chilliard y Ferlay (2004), dicha respuesta puede tener un doble origen. Por un lado, la disminución de la producción de ácidos grasos volátiles en el rumen por efecto de los AGI sobre la fermentación microbiana de las paredes vegetales, que reduciría la cantidad de sustrato (acetato) disponible para la síntesis *de novo* de AGS de cadena corta y media en las células mamarias. Por otra parte, la actividad de las enzimas responsables de la síntesis *de novo* podría inhibirse por el aumento de la disponibilidad de ácidos grasos de cadena larga para la ubre debido a su mayor absorción en el intestino.

Recientemente Santos e Silva y col., (2020) afirman que la reducción progresiva en la concentración de ácido caprílico (C8:0) y ácido cáprico (C10:0) sería una consecuencia de los efectos negativos de la inclusión de aceite de soja en la síntesis *de novo*, ya que los AG de cadena corta se sintetizan en la glándula mamaria. La reducción de la síntesis endógena resulta de la inhibición de la Acetil-CoA por el aumento de grasas preformadas, el flujo de ácido graso y la presencia de isómeros de biohidrogenación, especialmente C18:2 t10 c12 en la glándula mamaria. La reducción expresiva en la concentración de C8:0 y C10:0 es de interés para la industria láctea, ya que estos AG confieren olor y sabor a la leche de cabra que comúnmente no son apreciados por los consumidores. Esto se encuentra en relación con los resultados obtenidos en el presente estudio ya que a los grupos de cabras alimentadas con DSG y DSS, los niveles de ácido caprílico (C8:0) se mantuvieron sin diferencias frente a la alimentación con DSC, mientras que el ácido cáprico (C10:0) si demostró valores menores en las cabras alimentadas con DSG y DSS, por lo que sería otro punto positivo en lo que respecta a la alimentación con suplementación de aceites.

A nivel de la salud humana, cada uno de los ácidos grasos saturados afecta de manera diferente a las concentraciones de colesterol en las diferentes fracciones de las lipoproteínas plasmáticas. Por ejemplo, los ácidos láurico

(C12:0), mirístico (C14:0) y palmítico (C16:0) incrementan el colesterol de las LDL mientras que el ácido esteárico (C18:0) no tiene este efecto y presenta un efecto neutro. Hay evidencia suficiente de que sustituir los AGS (C12:0-C16:0) por ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) disminuye la concentración del colesterol de las LDL y la relación colesterol total/ colesterol HDL. Al sustituir los AGS por ácidos grasos monoinsaturados se consigue un efecto relativamente similar; sustituir las fuentes dietéticas de AGS (C12:0-C16:0) por hidratos de carbono disminuye tanto el colesterol de las LDL como el colesterol de las HDL pero no altera la relación colesterol total/ colesterol HDL. La sustitución de los AGS (C12:0-C16:0) por ácidos grasos trans disminuye el colesterol de las HDL e incrementa la relación colesterol total/colesterol HDL (FAO, 2012).

Por otro lado, los ácidos grasos de cadena corta que contienen entre 6 y 12 carbonos, son digeridos, absorbidos y metabolizados de manera distinta que los ácidos grasos de cadena larga (AGCL). Por ello, se utilizan en nutrición enteral y parenteral debido a la buena absorción que presentan; y en fórmulas lácteas en niños prematuros para mejorar la absorción de calcio. Al ser más hidrosolubles, no se incorporan a los quilomicrones y se acepta que no participan directamente en la lipogénesis (Sáyago-Ayerdi y col., 2008).

Como ya se ha mencionado varios autores afirman los efectos positivos de la leche de cabra en el organismo humano. La leche de cabra tiene un alto contenido de CLA cuyas propiedades anticancerígenas han sido reportadas contra el cáncer de mama y colon en modelos animales, así como en modelos *in vitro* de melanoma humano, cáncer de colon y de mama. Éstos indican que el mecanismo por el cual el CLA inhibe el desarrollo tumoral no se entiende completamente. (Yadav y col., 2016).

La variación del contenido de CLA en la leche se puede atribuir a una serie de factores endógenos y exógenos. La dieta es el factor más significativo que afecta el nivel de CLA en la grasa de la leche. En trabajos previos realizados en cabras, por ejemplo, se estudió una dieta suplementada con aceite de lino y aceite de girasol, y se observó que el contenido de CLA aumentó de 0.46 a 1.18%. Además, el contenido de TVA, aumentó de 1,38 a 4,05% en la leche, después de 3 meses de suplementación (Luna y col, 2008). Más recientemente, varios autores han demostrado *in vitro* que el ácido oleico también forma varios trans-C18:1, incluyendo TVA, durante su biohidrogenación. Finalmente, el TVA de la biohidrogenación ruminal puede servir como un precursor para la síntesis endógena de CLA a nivel tisular (Prandini y col., 2011).

Field y col., (2009) indican que son relativamente pocos los estudios que han investigado los efectos de TVA (C18:1) en la salud. La mayoría del TVA en la dieta humana es de grasas de rumiantes; sin embargo, también se forma durante el proceso de hidrogenación. Aunque hay una asociación con ingesta de TVA o concentración sérica y riesgo de cáncer, los pocos estudios en animales que se han realizado sugieren un efecto beneficioso de TVA en la reducción del crecimiento tumoral, estudios epidemiológicos sugieren que la ingesta o los niveles plasmáticos de TVA pueden afectar el riesgo de enfermedad coronaria de manera beneficiosa. Además, el TVA es el único

precursor dietético del CLA y de su principal isómero el ácido ruménico (C18:2 c9, t11) y, en ambos casos, roedores y humanos, la ingesta de TVA contribuye a niveles de este isómero en los tejidos.

Si bien el contenido de CLA y el TVA varía de acuerdo a factores endógenos, se pudo comprobar a través de la evaluación realizada que los niveles del CLA aumentaron significativamente durante todo el experimento en la grasa de la leche de cabra debido a la alimentación con DSG y DSS. Dándose la misma relación con el TVA (C18:1), durante todo el periodo de alimentación. Demostrando de esta manera que la alimentación con DSG y DSS pueden ser una herramienta para aumentar estos ácidos grasos naturales que resultan tan beneficiosos para la salud humana.

## **9. CONCLUSIÓN**

En cabras lecheras la inclusión en el concentrado de 10% de aceites con elevado nivel de ácidos grasos poliinsaturados afecta de forma positiva la producción de leche aumentando levemente, no afectando su composición. El contenido de los ácidos grasos hipercolesterolémicos y el índice aterogénico de grasa de la leche se reduce en forma importante. Además, se incrementan las proporciones de CLA y TVA.

Estos cambios en la composición permiten producir una leche de cabra aún más saludable, ya sea para consumo directo como para la elaboración de productos lácteos derivados, que podría considerarse como un producto diferenciado.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

1. Aguilera, C.; Ramírez, M.; Mesa, M.; Gil, A. (2001). Efectos protectores de los ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados sobre el desarrollo de la enfermedad cardiovascular. *Nutr. Hosp.* 16 (3): 78-91.
2. AOAC (2002). Fat (Total, Saturated and Unsaturated) in food. AOAC Official method 996.06, 17<sup>th</sup> edition, Revision 1, Official Methods of Analysis of AOAC international. Disponible en: [https://www.cfs.gov.hk/english/programme/programme\\_nifl/files/Analysis\\_of\\_Fatty\\_acids.pdf](https://www.cfs.gov.hk/english/programme/programme_nifl/files/Analysis_of_Fatty_acids.pdf) Fecha de consulta: 03 de febrero de 2020.
3. AOCS (1990). Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists's Society. 4<sup>a</sup> Ed.
4. Bauchart, D.; Legacy-Carmier, F.; Doreau, M.; Gaillard, B.; (1990). Lipid metabolism of liquid-associated and solid-adherent bacteria in rumen contents of dairy cows offered lipid supplemented diet. *Br. J.Nutr.* 63:563-578.
5. Bargo F.; Muller L.D.; Kolver E.S.; Delahoy J.E. (2003). Production and digestion of supplemented dairy cows on pasture. *J Dairy Sci* 86:1-42.
6. Bauman, D.; Griinari, J. (2003). Nutritional regulation of milk fat synthesis. *Annu. Rev. Nutr.* 23: 203-227.
7. Bedoya, O., Rosero, R., Posada, S.L. (2012). Composición de la leche de cabra y factores nutricionales que afectan el contenido de sus componentes. Corporación Universitaria Lasallista, p. 93-110. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10567/124> Fecha de consulta: 22 de marzo de 2020.
8. Bidot, A. (2017) Composición, cualidades y beneficios de la leche de cabra: Revisión bibliográfica. *Rev. Prod. Anim.* 2 (29):32-41
9. Bocquier F.; Caja G. (2001). Production et composition du lait de brebis: effets de l'alimentation. *INRA Prod. Anim.* 14: 129-140.
10. Bouattour, Casals, R.; Albanell, E.; Such, X.; Caja, G.; (2008). Feeding Soybean Oil to Dairy Goats Increases Conjugated Linoleic Acid in Milk. *J. Dairy Sci.* 91:2399–2407.
11. Calvo, M.; Castro, M.; García, A.; Rodríguez, L.; Juárez, M.; Fontecha, J. (2014). Grasa láctea: una fuente natural de compuestos bioactivos. *Alim. Nutri. Salud*, 21 (3): 57-63.
12. Casarotto, G.; Britos, A.; Carro, S.; Vieitez, I.; Dauber, C.; Cajarville, C. (2020). Supplementation with sunflower or soybean oil: Ruminant fluid fatty acid profile in a Rusitec system. American Dairy Science Association. Virtual Annual Meeting. Disponible en: <https://virtual2020.adsa.org/poster-sessions/82256> Fecha de consulta: 20 de julio de 2020.
13. Castillo J.; Olivera M.; Carulla J. (2013). Descripción del mecanismo bioquímico de la biohidrogenación en el rumen de ácidos grasos poliinsaturados: una revisión. *Rev. U.D.C.A. Act.Div. Cient.* 16(2): 459-468.
14. Chavarría, J.; Herrera, C.; Lutz, G., (2006). Caracterización y determinación del potencial aterogénico de quesos producidos en Costa Rica. *Cien. Tecnol.*, 24(1): 31-50.
15. Chilliard, Y., Ferlay, A., (2004). Dietary lipids and forages interactions on cow and goat milk fatty acid composition and sensory properties. *Reprod Nutr Dev*, 44(5):467-492.

16. Chilliard Y.;Ferlay A.;Rouel J.;Lamberet G. (2003). A review of nutritional and physiological factors affecting goat milk lipid synthesis and lipolysis. *J. Dairy Sci.* 86: 1751-1770.
17. Chilliard Y.;Glasser F.;Ferlay A.; Bernard L.;Rouel J.;Doreau M. (2007). Diet, rumen biohydrogenation and nutritional quality of cow and goat milk fat. *Eur. J. LipidSci. Technol.* 109:828-855.
18. Ciappesoni, C. (2006). La producción caprina en Uruguay y Latinoamérica. Department of Tropical and Subtropical Animal Production, kamycka 129, Suchdol 165 21, Praga 6, RepúblicaCheca. Disponible en: <http://www.caprahispana.com/mundo/uruguay/uruguay.htm> Fecha de consulta: 14 de enero de 2020.
19. De la Torre K.; Acosta Z.;Aragundi V. (2019). Utilidad clínica de los índices aterogénicos para valoración de riesgo cardiovascular: un enfoque desde el laboratorio clínico. *Dom. Cien.*, 3(5): 57-70.
20. De Souza, G.; Renaldi, J.; Gomes de Faria, C.; Castro, L. (2009). Composição e qualidade higienico-sanitária do leite de rebanhos caprinos. *Produção de Caprinos na Região da Mata Atlântica.* Juiz de Fora, MG. Embrapa, 272 p.
21. Dixon, R.M.; Stockdale C.R. (1999). Associative effects between forages and grains: consequences for feed utilization. *Aust J Agric Res* 50:757-773.
22. Doreau M, Y Chilliard Y. (1997). Digestion and metabolism of dietary fat in farm animals. *Br J Nutr*78:15-S35.
23. Draksler, D.; Núñez, M.; González, S.; Oliver, G. (2002). Leches de pequeños rumiantes: Características generales y su microbiología. En: Barberis, S. *Bromatología de la leche.* San Luis. Hemisferio Sur,p. 121-148.
24. FAO (2012). Resumen de las conclusiones y recomendaciones dietéticas sobre grasa total y ácidos grasos. En: FAO. *Grasas y ácidos grasos en nutrición humana. Consulta de expertos.* Ginebra, FAO, p 9-20.
25. Field, C.; Blewett, H.; Proctor, S.; Vine, D.; (2009). Human health benefits of vaccenic acid. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 34: 979–991.
26. Fougère, H., Delavaud, C., Bernard, L. (2018). Diets supplemented with starch and corn oil, marine algae, or hydrogenated palm oil differentially modulate milk fat secretion and composition in cows and goats: A comparative study. *J. Dairy Science.* 101(9):8429-8445.
27. Gagliostro, G. A.; Rodríguez, A.; Pellegrini, P. A.; Gatti, P.; Muset, G.; Castañeda, R. A.; Colombo, D.; Chillard, Y. (2006). Efectos del suministro de aceite de pescado solo o en combinación con aceite de girasol sobre las concentraciones de ácido linoleico conjugado (CLA) y omega 3 (n-3) en leche de cabra. *Rev. Arg. Prod. Animal.* 26:71-87.
28. Goetsch, A.L.;Zeng, S.;Gipson, T.A. (2011). Factors affecting goat milk production and quality. *Small Ruminant Research.* 101:55-63.
29. Grille, L.; Carro, S.; Escobar, D.;Fros, C.;Bentancor, L.; Borges, A.; Cruz, D.; González, S. (2013a). Evaluation of hygienic sanitary and composition quality of goat milk in a Saanen breed herd. *INNOTEC*, 8:52-59.
30. Grille, L.; Carro, S.; Escobar, D.;Fros, C.;Cousillas, G.;Lazzarini, F.; Borges, A.; González, S. (2013b). Effect of goat milk freezing on oxidative stability, hygienic sanitary and composition quality in a Saanen breed herd. *INNOTEC*, 8:60-66.
31. Harvatine, K. J.;Boisclair Y. R.;Bauman D. E. (2009). Recent advances in the regulation of milk fat synthesis, *Animal* 3(1):40-54.

32. Herrera, J.; Shahabudin, A.; Faisal, M.; Ersheng, G.; Wei, J.; Lixia, D.; Gandaho, T.; Lopez, P. (2004). Efectos de la suplementación oral con Calcio y ácido linoléico conjugado en primigrávidas de alto riesgo. *Colombia Médica*. 35(1):1-8.
33. Jitariu, D.; Zamfirescu, S.; (2019) Research on the fatty acid component of goat milk, obtained in different breedings systems. *Scientific Papers. Series D. Animal Science*, 1(11):306-311
34. Kellaway R.; Harrington T. (2004). *Feeding concentrates: supplements for dairy cows*. 2ª ed. Melbourne, CSIRO, p. 1-169
35. Legacy-Carmier, F.; Bauchart, D. (1989). Distribution of bacteria in the rumen contents of dairy cows given a diet supplemented with soya-bean oil. *Br. J. Nutr.* 61:725-740.
36. Lock, A.L. (2010). Update on dietary and management effects on milk fat. *Proc Tri-State Dairy NutrConf* p.15-26. Disponible en: <http://tristatedairy.osu.edu/> Fecha de consulta: 1 de febrero de 2020.
37. Luna, P.; Bach, A.; Juárez, M.; De la Fuente, M. (2008). Effect of a Diet Enriched in Whole Linseed and Sunflower Oil on Goat Milk Fatty Acid Composition and Conjugated Linoleic Acid Isomer Profile. *J. Dairy Sci.* 91:20–28.
38. Martínez Marín, Gómez-Cortés, Pérez Alba, M Juárez, Gómez Castro, Pérez Hernández, de la Fuente, M. (2013). Adición de aceites vegetales a la dieta de cabras lecheras: efecto sobre el contenido de ácidos grasos de la grasa láctea. *Arch.MedVet*45 (3):256-266.
39. Martínez Marín, A.L.; Núñez Sánchez, N.; Garzón Sigler, A.I.; Peña Blanco, F.; Domenech García, V.; Hernández Ruipérez, F. (2015) Metaanálisis del uso de semillas y aceites en la dieta de ovejas y cabras. *Pesq Agropec Bras*, Brasilia, 50(9):821-828.
40. Martínez Marín, A.L.; Pérez Hernández, M.; Pérez Alba, L.M.; Carrión Pardo, D.; Gómez Castro, A.G. (2012) Adición de aceites vegetales a la dieta de cabras lecheras: efecto sobre la digestibilidad y los resultados productivos. *ArchMedVet* 44(1):21-28.
41. Martínez Marín, A.L.; Pérez Hernández, M.; Pérez Alba, L.M.; Carrión Pardo, D.; Gómez Castro, G.; Garzón Sigler, A.I. (2013) Efecto de los aceites y semillas en dietas para rumiantes sobre el perfil de ácidos grasos de la leche. *Revisión. RevMexCiencPecu* 4(3):319-338.
42. Mendoza, A.; Cajarville, C.; Santana, A.; Repetto, J.L. (2011). ¿Hacia una nueva forma de pensar la alimentación de las vacas lecheras? La inserción del confinamiento en los sistemas pastoriles de producción de leche. *37° Jornadas Uruguayas de Buiatría*. Montevideo, Uruguay, p. 82-90.
43. Morand-Fehr, P.; Fedele, V.; Decandia, M.; Les Frileux, Y. (2007). Influence of farming and feeding systems on composition and quality of goat and sheep milk. *Small Rum Res*, 68:20–34.
44. Park, Y.W. (2006). Goat milk. Chemistry and nutrition. In: Park, Y.W., Haenlein, G.F.W. (Eds.), *Handbook of Milk of Non-bovine Mammals*. Oxford, Blackwell Publishing p. 34-58
45. Park, Y. W.; Juárez, M.; Ramos, M.; Haenlein, G. F. W. (2007). Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 68:88-113.

46. Prandini, A.; Sigolo, S.; Piva, G. (2011). A comparative study of fatty acid composition and CLA concentration in commercial cheeses. *J. Food Compos. Analysis*, 24:55-61.
47. Pulina, C.; Nudda, A.; Battacone, G.; Cannas, A. (2006). Effects of nutrition on the contents of fat, protein, somatic cells, aromatic compounds, and undesirable substances in sheep milk. *Anim. Feed Sci Technol* 131:255-291.
48. Quiles, A.; Hevia, M.L. (1988). Propiedades físicas de la leche de cabra. *Revista Ganadería*, p 53-55. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/28284346\\_Propiedades\\_fisicas\\_de\\_la\\_leche\\_de\\_cabra](https://www.researchgate.net/publication/28284346_Propiedades_fisicas_de_la_leche_de_cabra). Fecha de consulta: 25 de marzo de 2020.
49. Rearte, D. (1993). Alimentación y composición de la leche en los sistemas semipastoriles. Secretaría De Agricultura, Ganadería y Pesca. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Centro Regional Buenos Aires Sur. Estación Experimental Regional Agropecuaria Balcarce Argentina. 2a ed. Balcarce: CERBAS, 94 p.
50. Salvador, A.; Martínez, G (2007). Factores que Afectan la Producción y Composición de la Leche de Cabra: Revisión Bibliográfica. *Rev. Fac. Cienc. Vet.* 48 (2). Disponible en: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-65762007000200001](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-65762007000200001). Fecha de consulta 14 de abril de 2020.
51. Sanhueza, J.; Nieto S.; Valenzuela A. (2002). El ácido linoleico conjugado: un ácido graso con isomería trans con efectos beneficiosos para la salud humana. *A&G* 12(2):214-220.
52. Santos e Silva, L.; Fernandes, J.; Rodrigues, A.; Santoro, K.; Dias, G.; Vasconcelos, L.; Barbosa, J.; Cavalcanti, O.; (2020). Soybean oil modulates the fatty acid synthesis in the mammary gland, improving nutritional quality of the goat milk. *Small Ruminant Research*, 183:1-8.
53. Sáyago-Ayerdi, S.; Vaquero, M.; Schultz-Moreira, Bastida, A.; y Sánchez-Muniz, F. (2008). Utilidad y controversias del consumo de ácidos grasos de cadena media sobre el metabolismo lipoproteico y obesidad. *Revisión. Nutr Hosp.*, 23(3):191-202.
54. Shingfield, k.; L. Bernard, L.; Leroux, C.; Chilliard, Y. (2010). Role of trans fatty acids in the nutritional regulation of mammary lipogenesis in ruminants *MTT Agrifood Research, Animal* 4(7):1140–1166.
55. Stanton, C.; Lawless, F.; Kjellmer, G.; Harrington, D.; Devery, R.; Connolly, J.F.; Murphy, J. (1997). Dietary Influences on Bovine Milk cis-9, trans-11-Conjugated Linoleic Acid Content. *J. Food Sci.* 62:1083-1086.
56. Vega, S.; Gutiérrez, R.; Ramirez, A.; Gonzalez, M.; Díaz-González, G.; Salas, J.; Gonzalez, C.; Coronado, M.; Schettino, B.; Alberti, A. (2007). Características físicas y químicas de la leche de cabra de razas Alpino Francesa y Saanen en épocas de lluvia y seca. *Rev Salud Animal.* 29(3):160-166
57. Vieitez, I.; Callejas, N.; Saibene, M.; Cabrera, L.; Irigaray B.; Grompone, M.A. (2012). Composición de la grasa extraída de quesos de leche de vaca, de cabra y de oveja del Uruguay. *Carnes Alim* 13 (40):4-9.
58. Vieitez, I.; Callejas, N.; Saibene, M.; Cabrera, L.; Irigaray B.; Grompone, M.A. (2013). Fatty Acids and Triglycerides Composition in Uruguayan Cow, Sheep and Goat Cheeses. *J. Food Science Eng.* 3: 379-387.

59. Vieitez, I.; Irigaray, B.; Callejas, N.; González, V.; Gimenez, S.; Arechavaleta, A.; Grompone, M.A.; Gámbaro, A. (2014). Composition of fatty acids and triglycerides in goat cheeses and study of the triglyceride composition of goat milk and cow milk blends. *J. Food Compos. Analysis* 48:95–101.
60. Yadav, A.; Singh J.; Kumar, S. (2016). Composition, nutritional and therapeutic values of goat milk: A review. *Asian J. Dairy&Food Res.*, 35 (2): 96-102.