



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA**  
**COORDINACIÓN DE POSGRADO**  
**MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA**



**INCLUSION DE ACEITES VEGETALES EN LA ALIMENTACION DE  
CABRAS CRIOLLAS PARA LA PRODUCCION DE LECHE Y CABRITO**

**Por:**

**Israel Lerma Reyes**

**Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de  
Maestría en Producción Agropecuaria**

**Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P.**

**18 de Diciembre de 2013**



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA**  
**COORDINACIÓN DE POSGRADO**  
**MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA**



**INCLUSION DE ACEITES VEGETALES EN LA ALIMENTACION DE  
CABRAS CRIOLLAS PARA LA PRODUCCION DE LECHE Y CABRITO**

**Por:**

**Israel Lerma Reyes**

**Asesor Principal:**

**Dr. Marco Antonio Rivas Jacobo**

**Asesores:**

**Dr. Héctor Aarón Lee Rangel**

**Dra. Camelia Alejandra Herrera Corredor**

**Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de  
Maestría en Producción Agropecuaria**

El trabajo titulado **“Inclusión de aceites vegetales en la alimentación de cabras criollas para la producción de leche y cabrito”** fue realizado por: Israel Lerma Reyes como requisito parcial para obtener el título de **Maestro en Producción Agropecuaria** en el Área de **“Producción de Pequeños Rumiantes”** y fue revisado y aprobado por el suscrito Comité de Tesis.

Dr. Marco Antonio Rivas Jacobo  
Asesor Principal

---

Dr. Héctor Aarón Lee Rangel  
Asesor

---

Dra. Camelia Alejandra Herrera Corredor  
Asesora

---

Ejido Palma de la Cruz, Municipio de Soledad de Graciano Sánchez, S. L. P. a los 18 días del mes de Diciembre de 2013.

## **DEDICATORIA**

A mis Padres

Por darme una vida llena de felicidad, protección, cariño y por toda la orientación que siempre me han otorgado, parte de lo que soy hoy es gracias a ustedes y porque hoy veo llegar a su fin una etapa más en mi vida, como una muestra de cariño y agradecimiento, Irma Reyes Delgado y Álvaro Lerma Hernández.

A mi Esposa

Por ser quien me impulso, alentó, apoyo y ayudo a realizar este posgrado, le dedico de manera muy especial y sincera este logro, gracias por estar en los buenos y en los malos momentos ya que siempre he recibido tu cariño y tu apoyo, solo te puedo decir que eres especial para mí, que te amo y muchas gracias por estar en mi vida y hacerme muy feliz Jessica Areley Mata Tobías.

A mis Hermanos

Por ser parte fundamental en mi vida, al darme su cariño, comprensión y su apoyo durante toda mi etapa de estudio, Iván, Francisca Jazmín, Hilda Guadalupe, Álvaro Isaac y Álvaro Omar.

## **AGRADECIMIENTOS**

Primero que nada a la familia Guerrero Tapia de la localidad de San Pedro de los Hernández, Cerritos, S.L.P., por su ayuda al haberme abierto las puertas de su casa y de su ganado para la realización de este trabajo.

A la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, por darme la oportunidad de continuar con mis estudios y concluir mi posgrado.

A mis asesores

Dr. Marco Antonio Rivas Jacobo, Dr. Héctor Aarón Lee Rangel y Dra. Camelia Alejandra Herrera Corredor, por su apoyo y ayuda brindada durante la realización de este proyecto.

A mis profesores

Por todo lo que me dieron aprendizaje, consejos y orientación en cada una de sus clases, con el único objetivo de terminar mejor preparado para así poder defenderme y enfrentar la vida profesional y laboral.

A mis amigos y compañeros

Luis Antonio Gómez Sánchez, Rafael Zavala Sandoval, Hugo Suarez Miramontes, Rosa Elena Herrera Medina, Alejandra Guerrero Tapia y Argelia Cortez y todos los demás amigos y compañeros de la generación 2011-2013 y de la Facultad. Por su amistad y apoyo sea poco o mucho, siempre me tendieron la mano en diferentes ocasiones, por la confianza y por los momentos vividos y que todo lo que hagan logren cumplirlo satisfactoriamente.

## CONTENIDO

	pág
<b>DEDICATORIAS</b> .....	iii
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	iv
<b>CONTENIDO</b> .....	v
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	vii
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	vii
<b>RESUMEN</b> .....	viii
<b>SUMMARY</b> .....	x
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
Objetivo general.....	2
Objetivos particulares.....	2
Hipótesis.....	2
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	3
<b>Producción de Caprinos</b> .....	3
Sistemas de producción.....	4
Lípidos en la alimentación de rumiantes.....	5
<b>Alimentos Lipídicos Fuentes de Ácidos Grasos de Cadena Larga</b> .....	5
Semillas oleaginosas.....	6
Aceites de animales marinos.....	7
Lípidos protegidos.....	7
Sebos.....	8
Isómeros de ácido linoleico conjugado.....	8
Aceites vegetales.....	9
<b>Utilización de Lípidos en Rumiantes</b> .....	10
Producción de leche.....	11
Grasa de la leche.....	11
Perfil de ácidos grasos de la leche.....	12
<b>Ácidos Grasos en la Leche de Rumiantes</b> .....	13
Clasificación.....	13

El ácido linoleico conjugado.....	13
<b>Biosíntesis de los Ácidos Grasos de Cadena Larga</b> .....	14
Bio-hidrogenación del ácido linoleico conjugado en el rumen.....	14
Síntesis del ácido linoleico conjugado en la glándula mamaria.....	15
<b>Factores que Afectan el Nivel de Ácidos Grasos de Cadena Larga en Leche....</b>	15
Factores fisiológicos.....	15
Alimentación.....	16
<b>Beneficios del Consumo del Ácido Linoleico Conjugado.....</b>	16
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	18
Descripción del Área Experimental.....	18
Animales Utilizados y su Distribución en los Tratamientos.....	18
Alimentación de los Animales.....	18
Manejo General.....	19
Variables a Evaluar.....	20
Diseño Experimental.....	21
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	22
<b>CONCLUSIONES</b> .....	28
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	29

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Listado de la vegetación presente en el lugar de pastoreo de las cabras de acuerdo a COTECOCA, 1974.....	19
2	Comparación de medias (kg) de la IDPC y RC de cabritos de cabras criollas suplementadas con aceite de soya y canola, San Pedro de los Hernández, Cerritos, S.L.P.....	23
3	Comparación de medias (l) de la PL de cabras criollas en condiciones de pastoreo suplementadas con aceite de soya y canola, San Pedro de los Hernández, Cerritos, S.L.P.....	24
4	Concentración (%) de CLA de leche de cabras criollas en pastoreo suplementadas con aceite de soya y canola, San Pedro de los Hernández, Cerritos, S.L.P.....	26

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Curva de lactación en 35 días de cabras criollas en condiciones de pastoreo suplementadas con aceite de soya y canola, San Pedro de los Hernández, Cerritos, S.L.P.....	25

## RESUMEN

La inclusión de aceites vegetales puede mejorar la concentración energética de la dieta, reducir riesgo de acidosis ruminal y modifica tipo y cantidad de ácidos grasos que pueden ser absorbidos y estar presentes en los productos de rumiantes (Martínez *et al.*, 2010). El objetivo del estudio fue evaluar el comportamiento productivo de cabras y cabritos suplementadas con aceite de canola y soya como fuente de ácido linoleico. El experimento incluyó 39 cabras criollas de segundo parto con sus crías, con un peso promedio de 42.8 kg encastadas de la raza Nubia, en condiciones de pastoreo extensivo (Bosque Caducifolio Espinoso) en la zona media del estado de S.L.P., a 22° 23' LN y 100° 12' LO, con una altura de 1137 msnm y una precipitación de 492 mm. Los tratamientos fueron: T1) 15 cabras sin suplementación, T2) 12 cabras suplementadas con aceite de soya, T3) 12 cabras suplementadas con aceite de canola; los cabritos nacidos fueron asignados a los mismos tratamientos y consumieron solo leche de sus madres hasta los 35 días de edad. Se suministraron 20 ml de aceite a las 7 a.m. antes del pastoreo con una jeringa a cada cabra un mes antes del parto y durante los primeros 35 días de lactación. A partir del parto y semanalmente se registró el incremento de peso de cabritos (IDPC), se evaluó la producción de leche (PL) y se evaluó la el perfil de ácidos grasos de cadena larga (AGCL), y a los 35 días se evaluó el rendimiento en canal de cabritos (RC). El diseño experimental utilizado para IDPC fue un completamente al azar con diferente número de repeticiones, se realizó un análisis de varianza con un procedimiento MIXED, para la comparación de medias se utilizó la prueba de Duncan. Para el RC se analizó por medio de un diseño completamente al azar con igual número de repeticiones, se realizó un análisis de varianza con un procedimiento GLM, para las pruebas de comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey. Para la PL fue por medio de un completamente al azar con diferente número de repeticiones, se realizó un análisis de varianza con un procedimiento GLM, para la comparación de medias se utilizó la prueba de Duncan, se usó el paquete estadístico SAS, 2004, el AGCL solo se compara de manera descriptiva. El mayor IDPC ( $p < 0.05$ ) en el día 7 fue para el T2 (1.63 kg) y en el día 35 fue para el T3 (1.25 Kg). El RC ( $p > 0.05$ ) presento el valor más alto T3 (4.92 Kg). La PL ( $p < 0.05$ ) presentaron los valores más altos el T2 (1.08 L) y T3

(1.03 L). El mayor porcentaje de AGCL lo presentó el T3 (1.05 %). El estudio permite recomendar el uso de aceite de canola y soya para mantener la producción de leche, obtener mejores pesos de cabritos a una edad de 35 días y una leche benéfica hacia el consumidor al contener más porcentaje de CLA.

## SUMMARY

The inclusion of vegetable oils can enhance the energy concentration of the diet, reducing risk of ruminal acidosis and modifies type and amount of fatty acids that can be absorbed and be present in ruminant products (Martinez *et al.*, 2010). The objective of the study was to evaluate the productive performance of goats and goats kids supplemented with canola and soybean oil as a source of linoleic acid. The experiment included 39 native goats of second parity with their young, with an average weight of 42.8 kg crossbreed of Nubian breed in range conditions (Deciduous Forest Spiny) in the middle of the state of S.L.P, at 22 ° 23 'LN and 100 ° 12 'LO, with a height of 1137 m and a rainfall of 492 mm. The treatments were: T1) 15 goats without supplementation, T2) 12 goats supplemented with soybean oil, T3) 12 goats supplemented with canola oil; born goat kids were assigned to the same treatments and consumed only milk from their mothers until 35 days old. Were fed 20 ml of oil at 7 a.m. before grazing with a syringe to each goat a month before birth and during the first 35 days of lactation. From recorded delivery and weekly weight gain of goat kids (IDPC), was evaluated milk production (PL) and assessed the profile of long-chain fatty acids (AGCL), and 35 days were evaluated goat Kids channel performance (RC). The experimental design used to IDPC was completely randomized with different repetitions, we conducted an analysis of variance with the MIXED procedure for comparison of means test was used Duncan. For the RC was analyzed using a completely randomized design with equal number of repetitions, we conducted an analysis of variance with GLM procedure, for comparison of means tests used Tukey test. For the PL was by a completely random with different number of repetitions, we conducted an analysis of variance with GLM procedure for comparison of means was used Duncan test, we used the SAS statistical package, 2004, AGCL only compared descriptively. The IDPC greater ( $p < 0.05$ ) at day 7 was for T2 (1.63 kg) and at day 35 was for T3 (1.25 kg). The RC ( $p > 0.05$ ) presented the highest value T3 (4.92 kg). The PL ( $p < 0.05$ ) had the highest values of T2 (1.08 L) and T3 (1.03 L). The highest percentage of AGCL was shown by T3 (1.05%). The study permitted to recommend use of canola and soybean oil to maintain milk production, better weights

kids at an age of 35 days and milk beneficial to the consumer to contain more percentage of CLA.

## INTRODUCCIÓN

La producción de cabras en México se ha incrementado gradualmente, de manera que en la actualidad ocupa el primer lugar en inventario de caprinos entre los países latinoamericanos (FAO, 2004), el 64% de las cabras están concentradas en sistemas de producción característicos de las zonas áridas y semiáridas y el 36% restante en la región templada del país (Cantú *et al.*, 1989), el estado de San Luis Potosí en 2010 tuvo un inventario de 616 379 cabezas de ganado y ocupó el 6° lugar a nivel nacional por una producción de carne en canal de 2 782 toneladas (SIAP, 2010), esta producción se destina al abasto de carne principalmente de cabrito o animales adultos de desecho (Buntinx *et al.*, 1990).

Las cabras ofrecen múltiples ventajas frente a otras especies como gran adaptabilidad a condiciones ambientales variables, a diferentes regímenes nutricionales, alto potencial reproductor y menor susceptibilidad a enfermedades (Lastra, 1996). Aunado a esto hoy en día, la leche de cabra y la carne de los cabritos son considerados alimentos de alta calidad debido a su composición específica en comparación con la de otras especies de rumiantes (Haenlein, 1992).

Los nutrientes que los rumiantes necesitan para su mantenimiento, producción y reproducción pueden ser obtenidos a partir de forrajes o alimentos que el hombre les proporciona (Zavaleta, 2011), de modo que la cantidad y composición de la dieta traen cambios importantes en la producción y composición de la leche (Moranh-Fehr *et al.*, 2005), de igual manera la calidad de la canal en cabritos depende de la composición y cantidad de leche que estos consumen (Kuhne *et al.*, 1986).

La modificación en la composición de ácidos grasos de cadena larga (AGCL) sobre productos de los rumiantes es de interés por la relevancia que han adquirido los beneficios de su consumo, esto se puede realizar con productos sintéticos, más sin embargo, de forma natural la utilización y beneficios de los CLA (ácido linoleico conjugado) son mucho mayor cuando son naturales (Gagliostro *et al.*, 2006) y esto se puede lograr con el suministro de diferentes aceites vegetales a las dietas del ganado para obtener subproductos con estos beneficios.

## **Objetivo General**

Evaluar el comportamiento productivo de cabras y cabritos suplementadas con aceite de canola y soya como fuente de ácido linoleico.

## **Objetivos particulares**

Medir la producción de leche y su calidad en base al perfil de ácidos grasos de cadena larga de cabras tratadas con aceite de soya y canola como fuente de ácido linoleico durante el primer mes de lactación.

Evaluar el incremento de peso y rendimiento en canal de cabritos de hembras tratadas con aceite de soya y canola hasta los 35 días de edad.

## **Hipótesis**

H<sub>1</sub>= Las cabras tratadas con aceite de soya tendrán mejor producción de leche y se mejorará el perfil de ácidos grasos de cadena larga (CLA) en la leche.

H<sub>2</sub>= Los cabritos que consuman la leche de cabras tratadas con aceite de soya tendrán mejores incrementos de pesos y mejores rendimientos en canal durante y al final de los 35 días de edad.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Producción de Caprinos

A nivel mundial, la producción de caprinos se encuentra en desventaja respecto a los sistemas con otros rumiantes. A pesar de la larga historia de producción y aprovechamiento de los productos caprinos, ya sea carne, leche, fibra o pelo, por diversas culturas, en la actualidad su utilización se ve restringida a las regiones con mayor pobreza económica del mundo, donde la leche caprina se destina primero para alimentar los cabritos, y luego, la que sobra, para el autoconsumo y comercialización (Dubeauf *et al.*, 2004).

Pero en México se ha incrementado gradualmente esta producción, de manera que en la actualidad ocupa el primer lugar en inventario de caprinos entre los países latinoamericanos (FAO, 2004), y en el territorio nacional las zonas áridas y semiáridas abarcan cerca de 80 millones de hectáreas que representan 40 a 45% del territorio, siendo aquí donde se aloja el 64% del total de la población caprina y el 36% restante en la región templada del país (Cantú *et al.*, 1989), y se reconocen tres principales zonas de producción caprina:

- Norte, que comprende parte de los estados de Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Durango, Zacatecas y San Luis Potosí.
- Centro, localizada entre los estados de Guanajuato, Querétaro y Michoacán.
- Sur, implicando parte del territorio de Oaxaca, Guerrero y Puebla (Mayen, 1989).

El estado de San Luis Potosí en 2010 mostró un inventario de 616 379 cabezas de ganado y ocupó el 6° lugar a nivel nacional por una producción de carne en canal de 2782 toneladas (SIAP, 2010), esta producción se destina al abasto de carne principalmente de cabrito o animales adultos de desecho (Buntinx *et al.*, 1990). El altiplano de San Luis Potosí es la zona donde se concentra la mayor parte del ganado caprino, principalmente en los municipios de Matehuala, Catorce, Vanegas, Venado, Villa de Guadalupe y Villa Hidalgo (SIAP, 2010).

## Sistemas de producción

Los sistemas extensivos requieren de grandes extensiones de terreno, ya que las cabras se alimentan del forraje proveniente de pastizales compuestos por gramíneas, leguminosas y arbustivas en diferentes proporciones, en forma semi-nómada o sedentaria, las cabras pueden recorrer hasta 9.6 km/día, dedican el 12% del tiempo de pastoreo en trasladarse y el resto en comer o descansar, se han observado tiempos de pastoreo con duración de 9.8 a 10.8 h durante el verano. Las cabras se guían por los sentidos del tacto, gusto y olfato para elegir las plantas que consumen, prefiriendo primero leguminosas, luego gramíneas y por último las epífitas, por ello, la composición de su alimento varía con las estaciones del año (Aréchiga *et al.*, 2008). Presenta la ventaja de abaratar costos en alimentación e instalaciones pero generalmente sus rendimientos productivos son menores, generalmente se establecen en zonas marginales, accidentadas y con una capacidad de carga cercana a 1.5 o 2 cabras/ha (Daza *et al.*, 2004), donde el animal está expuesto a los rigores del clima, enfermedades parasitarias y mala calidad de los forrajes; es usual que algunos machos nacidos en el rebaño permanezca en el para ser usados como sementales (Catán *et al.*, 1999), mientras que el 90% restante es vendido para sacrificio a los dos meses de edad con un peso aproximado de 7 a 10 kg, aunque si hubo escasez de alimentos, su peso puede ser de 4 a 6 kg como máximo, a la vez, la mortalidad neonatal y perinatal puede ser hasta de 15% (Pérez, 1998).

El sistema estabulado requiere de instalaciones para su producción, y la provisión de concentrados alimenticios de gran valor proteico y energético. Presenta la desventaja de requerir mayores costos, pero facilita el manejo de los animales y se obtienen mejores índices productivos en producción de carne y leche (Aréchiga *et al.*, 2008).

Existe también el sistema semiestabulado que representa una combinación de los dos anteriores, donde los animales pastorean y ramonean y en la tarde-noche los animales se estabulan y se les proporciona un suplemento alimenticio; requiere la inversión en instalaciones y alimentos concentrados, generalmente, y presenta mejores rendimientos productivos y reproductivos que en el sistema extensivo (Aréchiga *et al.*, 2008).

## Lípidos en la alimentación de rumiantes

En los tejidos vegetales y animales hay diferentes clases de lípidos: los triglicéridos, fosfolípidos, glucolípidos y los ésteres de colesterol que se ingieren en forma de alimentos, tienen propiedades como ser insolubles en agua y solubles en solventes no polares. Desde un punto de vista alimentario, los componentes lipídicos cualitativamente y cuantitativamente más importantes y característicos son los triglicéridos o triacilglicerol, tienen un gran contenido energético y forman parte de todos los aceites y grasas que se conocen (Murray *et al.*, 2001).

Los objetivos que se persiguen cuando se incrementa el contenido lipídico de la dieta de los rumiantes pueden ser: 1) aumentar la concentración energética para mejorar la cobertura de las necesidades en situaciones de elevada producción, 2) reducir el riesgo de acidosis ruminal y el descenso de la grasa láctea en las dietas pobres en forraje, o 3) modificar el tipo y cantidad de ácidos grasos que pueden ser absorbidos (Chilliard y Ollier, 1994).

Una de las razones de mayor relevancia para la inclusión de fuentes de grasa en las dietas de los rumiantes es el efecto que tienen sobre el contenido de ácidos grasos de sus productos, debido al interés que han adquirido los beneficios o perjuicios derivados del consumo de alimentos en función de los nutrientes que contienen (Arihara, 2006).

En general, gran parte de los estudios sobre el uso de lípidos en la nutrición de rumiantes lecheros se han llevado a cabo en ganado vacuno, siendo más escaso los realizados en ovino y caprino. Se puede decir, en términos generales, que el aporte de grasa incrementa la producción lechera en la vaca y casi no la afecta en ovejas, en las que es más frecuente el aumento del contenido graso de la leche. La cabra, por su parte, estaría en una situación intermedia (Bouattour, 2007).

### **Alimentos Lipídicos Fuentes de Ácidos Grasos de Cadena Larga**

Los lípidos también llamados grasas, están presentes en la mayoría de los alimentos en forma de ácidos grasos de cadena corta, media o larga (AGCL). Esta clasificación está dada por presentar una mayor concentración de alguno de los ácidos grasos sin carecer de los otros, pero si presentarlos en menor cantidad. Se consideran fuente de AGCL algunos alimentos como, aceite de oliva, aceite de canola, aceites de pescado,

carne y aceite de pescado, semillas de girasol, aceite de soya, semillas de lino, etc. (Murray *et al.*, 2001)

Las dietas de los rumiantes suelen contener entre un 2 y un 5% de grasa, aproximadamente la mitad de esta son ácidos grasos. Desde hace tiempo la tendencia ha sido incrementar la concentración energética de la dieta suplementándola con grasa que se incorpora a la dieta en forma de semillas ricas en lípidos, o directamente como grasa vegetal o animal (Baldi *et al.*, 1992).

### Semillas oleaginosas

Son el fruto o semilla de plantas oleaginosas las cuales se caracterizan por su elevada concentración de aceite, dentro de las propiedades que aportan esta la energía, proteína y vitaminas, pero es por su alta concentración de grasas saludables por lo cual se procesan para la obtención de aceite para consumo humano ya que dentro de estas grasas se encuentran el omega-6, omega-3 y el CLA (Bernard *et al.*, 2005).

Con respecto a las semillas enteras, Lawless *et al.* (1998) concluyeron que las semillas enteras de colza habían sido más eficientes (+43%) que las de soya (+28%) para incrementar la concentración de AGCL específicamente el CLA en leche de vacas, respecto al control que consistía en una alimentación a base de pastoreo.

Mir *et al.* (2000) observaron un incremento de la concentración de varios isómeros del CLA en la grasa corporal tras alimentar corderos con raciones enriquecidas con semillas enteras de cártamo de tipo linoleico.

Nudda *et al.* (2006) suplementaron cabras lecheras con una dosis moderada (5%) o alta (10%) de semillas de lino extrusionadas y observaron incrementos de las concentraciones de TVA (ácido vaccénico) (+75% y 98%, respectivamente) y de RA (ácido ruménico) (+52% y +67%, respectivamente) en los lotes suplementados. Por su parte, Bernard *et al.* (2005) alimentaron cabras de raza Alpina con un 11.2% de semillas de lino tratadas con formaldehído y observaron un aumento (+42%) del RA.

### Aceites de animales marinos

Los aceites de pescado o más correctamente llamados aceites marinos (aceite de pescado, de mamíferos marinos, de plankton y algas), ricos en (ácidos grasos polinsaturados) PUFA, añadidos a una dosis de 200-300 gramos diarios por vaca y día incrementaron la concentración de CLA en leche desde un 0.2-0.6% en los animales del grupo control a un 1.5-2.7% en los que recibieron el suplemento. Además, los aceites de pescado parecen ser más eficientes que los aceites vegetales para incrementar la concentración de CLA en leche (Chilliard *et al.*, 2001). En cambio, Kitessa *et al.* (2001), respectivamente en ovejas y cabras lecheras, observaron una depresión de la ingestión de alimentos cuando los animales recibieron un 3% aceite de atún no protegido, mientras que el consumo no fue afectado en caso de recibir la misma dosis del mismo aceite protegido.

### Lípidos protegidos

Consiste en proteger los lípidos por medio de una encapsulación de la biohidrogenación del rumen rodeándolos de una matriz de caseína tratada con formaldehidos o calcio, el objetivo es mejorar la transferencia de lípidos polinsaturados de la ración a la leche o carne del animal logrando con esto productos bajos en ácidos grasos saturados (Chilliard *et al.* 2001).

Se conocen dos tipos, 1) los jabones cálcicos de AGCL son lípidos cuya protección se basa en el efecto benéfico de la adición de calcio, que forma con los AG una unión estable en el rumen (pH=6). Estos jabones se disocian luego en el abomaso (pH=2-3), liberándose así los AG que pueden ser posteriormente absorbidos en el intestino, 2) la encapsulación consiste en proteger los lípidos de la biohidrogenación del rumen rodeándolos de una matriz de caseína tratada con formaldehídos, el objetivo es intentar mejorar la transferencia de PUFA de la ración a la leche y obtener leche con un bajo contenido en AG saturados (Scott *et al.*, 1971).

Casals *et al.* (2006) indican que la adición de jabones cálcicos de aceite de palma (monoinsaturado) a raciones ricas en forrajes (60%) no afecta el nivel de CLA en leche y el uso de lípidos protegidos encapsulados fue realizado por Wilkinson *et al.* (2000) con semillas oleaginosas que incrementó la concentración de isómeros del C18:1 *trans* de la

leche de cabra. Por otra parte, la protección de una mezcla de isómeros del CLA mediante la misma técnica (Gulati *et al.*, 2000) permitió en ovejas y cabras que la concentración de isómeros del CLA a nivel de la salida del abomaso y disponibles para ser absorbidos en el intestino delgado fuera un 3.5-4% más alta.

### Sebos

En base a su origen, las grasas se clasifican en animales, vegetales y mezclas. Las grasas animales incluyen la mantequilla, manteca, grasa de pollo, aceite de pescado y el sebo, este último proviene principalmente del ganado vacuno caracterizándose por tener un contenido de 2-4% de ácido linoleico siendo el que presenta la menor concentración de este ingrediente comparado con otras grasas de origen animal (Chilliard *et al.* 2001).

La adición de sebo a la ración de vacas lecheras incrementó la concentración de trans-11 C18:1 y este efecto fue más alto cuando las vacas recibieron ensilado de maíz. Siendo el trans-11 C18:1 precursor del cis-9, trans-11 CLA en la leche, la concentración de este isómero del CLA se vio también incrementada. Sin embargo, debido a los problemas derivados de la encefalopatía espongioforme bovina (ESB), el uso de este tipo de grasa animal en la alimentación de rumiantes es cuestionable con la reglamentación en vigor, que tiene como objetivo la seguridad del animal y del consumidor (Chilliard *et al.* 2001).

### Isómeros de ácido linoleico conjugado

CLA es un nombre genérico referido a la mezcla de isómeros del ácido linoléico, ácido graso poliinsaturado de la familia omega-6. Isómero se refiere a que tiene una misma fórmula química que el ácido linoléico, pero una diferente estructura molecular, y con ello diferentes propiedades; se le llama conjugado por el hecho de proceder de éste pero diferir de él en sus cualidades. Existen varios isómeros de CLA cuyos enlaces dobles, conjugados (separados por un enlace sencillo que le posibilita cambiar de posición) pueden estar en diferentes posiciones y tener una configuración cis o trans. Los más comunes y predominantes de forma natural en los tejidos animales son el (cis-9, trans-11), el (trans-10, cis-12) y (cis 11, trans-13) (Chin *et al.*, 1992)

Moore *et al.* (2004) incluyeron 78.9 g/d de una mezcla de isómeros de CLA (3.0% trans-8, cis-10; 3.4% cis-9, trans-11; 4.5% trans-10, cis-12 y 4.8% cis 11, trans-13) en la ración de cada vaca observando un incremento de la concentración de CLA (9.3 vs 4.9 mg de CLA por g de grasa total).

En cabras lecheras, una mezcla de isómeros del CLA (cis-9, trans-11 C18:2 y trans-10, cis-12 C18:2) protegida mediante encapsulación por una matriz proteica, ofreciendo una protección del orden de 70%, fue administrada a razón de 40 g/d y varió la concentración de RA en la leche desde un 0.58 a un 2.17% del total de AG (Gulati *et al.*, 2000).

### Aceites vegetales

El aceite vegetal es un compuesto orgánico obtenido a partir de semillas u otras partes de las plantas, algunos son aptos para consumo humano por ser preferibles a las grasas animales. Esto se debe a que son ricos como fuente de energía y en ácidos grasos mono o poliinsaturados entre los que presentan las mejores concentraciones de estos ácidos los provenientes de plantas oleaginosas (soya, colza, girasol, cártamo, canola, etc.), una cualidad muy importante para la transformación de grasa en el organismo humano. Pero la mayor parte de los aceites vegetales se usan para alimentar el ganado (Chin *et al.*, 1992).

De manera general, la incorporación de aceites vegetales como los de girasol, soya, maíz, colza, lino, cártamo y cacahuete suele producir incrementos importantes en la concentración de CLA. Varios autores observaron efectos positivos de la suplementación con aceite de soya sobre la concentración de CLA en leche de vaca (Chounard *et al.*, 2001). Por ejemplo Dhiman *et al.* (2000) suplementaron vacas con aceite de soya (3,6%) o con aceite de lino a una dosis moderada (2.2%) o bien alta (4.4%), observando, respectivamente, concentraciones de CLA de 2.10, 1.63 y 1.58 frente a 0.39% del grupo control. Mientras Kelly *et al.* (1998), suplementaron vacas lecheras con un 5.3% de aceite de cacahuete (rico en ácido oleico), aceite de girasol (rico en ácido linoleico) y aceite de lino (rico en ácido linolénico) y no observaron ninguna diferencia entre los niveles de CLA obtenidos con aceite de cacahuete (1.33% de la grasa total) y aceite de lino (1.67%), mientras que el aceite de girasol dio una

concentración de CLA más alta (2.44%) que los otros dos tratamientos. Por otro lado Bauman *et al.* (1999) concluyeron que los aceites ricos en linoleico son más eficientes para incrementar el CLA en leche que los ricos en oleico y linolénico. Un alto nivel de linoleico (C18:2 cis-9, cis-12) puede llegar a saturar las bacterias responsables de la biohidrogenación en el rumen y por consiguiente inhibir la biohidrogenación del ácido trans-11 vaccénico. De esta forma, este se acumula en el rumen y constituye, por lo tanto, una fuente posteriormente disponible que servirá para la biosíntesis del cis-9, trans-11 CLA en la glándula mamaria.

En cabras lecheras de raza Alpina, Bernard *et al.* (2005) observaron un aumento (17%) del nivel de CLA tras suplementar con un 3.6% de aceite de girasol oleico. Este incremento fue menor que el observado (54%) en el mismo estudio cuando se suplementó con semillas de lino tratadas con formaldehído y ello fue atribuido por los autores a una biohidrogenación parcial de los AG poliinsaturados de las semillas de lino. Sin embargo, el incremento obtenido con las semillas es menor que el obtenido con aceite de lino. Chilliard *et al.* (2003), utilizando un 3,4% de aceite de lino, observaron un aumento del 133% en el nivel de CLA, al variar su concentración desde 0.6% (control) a 1.4% (aceite).

La adición de aceites vegetales ricos en ácidos grasos insaturados (AGI) a la dieta tiene efectos diferentes sobre la producción y composición de la leche según se trate de vacas, ovejas y cabras (Chilliard *et al.*, 2003). Mientras que Sanz *et al.* (2007) 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 *et al.* (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.

### **Utilización de Lípidos en Rumiantes**

En general, gran parte de los estudios sobre el uso de lípidos en la nutrición de rumiantes lecheros se han llevado a cabo en ganado vacuno, siendo más escaso los realizados en ovino y caprino (Bouattour, 2007).

## Producción de leche

En lo que respecta a ovino de leche, la mayoría de datos provienen de trabajos realizados con jabones cálcicos (Osuna *et al.*, 2000) y con semillas enteras de oleaginosas (Pol, 2003). En los estudios de Casals *et al.* (1999) no se vio ningún efecto de la suplementación con jabones cálcicos sobre la producción de leche, incluso con dosis crecientes del 5 al 20% en el pienso ofrecido. De igual forma, Osuna *et al.* (2000), utilizando respectivamente jabones cálcicos (3.8% de la MS total), semillas enteras de algodón (14.2%) y de girasol (5.6%), y Pol *et al.* (2001), incorporando un 8% de semillas enteras de lino a la ración total, no observaron ninguna variación de la producción de leche.

De forma similar a lo que suele suceder con las ovejas, la utilización de suplementos lipídicos en cabras tampoco modifica la producción de leche (Chilliard *et al.*, 2004), al contrario de lo que suele ocurrir en vacas lecheras (Chilliard *et al.*, 2001).

## Grasa de la leche

La respuesta al uso de jabones cálcicos de aceite de palma es muy significativa en pequeños rumiantes (Schmidely y Sauvant, 2001), y en especial en ovejas (Bocquier y Caja, 2001). Estos resultados están de acuerdo con los obtenidos con ovejas de raza Manchega (Casals *et al.*, 2006), tanto en cría como en ordeño, en que la suplementación con jabones cálcicos dio lugar a incrementos significativos de la grasa de la leche, especialmente durante la primera mitad de la lactación. En cuanto a la incorporación de otras fuentes de grasa como semillas o aceites, las respuestas son muy variables: se observaron incrementos de 1.13 y de 0.80 puntos de porcentaje de grasa, respectivamente; con la administración de 60 g/d de aceite de soya supuso una caída de 1.30 puntos de porcentaje de grasa (Zervas *et al.*, 1998).

En el caso de las cabras lecheras, los resultados del aporte de lípidos suele resultar en un incremento de la grasa de la leche con varios tipos de fuentes de grasa, aunque las variaciones son de menor magnitud que en las ovejas (Schmidely y Sauvant, 2001). Sobre esto Mir *et al.* (1999) observaron incrementos de 0.40 a 1.10 puntos de porcentaje de grasa en la leche, usando dosis crecientes de aceite de colza (40-80 g/d). Mientras que Schmidely y Sauvant (2001) administraron semillas de soya extrusionada a cabras

lecheras, a dos dosis diferentes (2 y 4 puntos de diferencia de EE respecto al control, receptivamente), y observaron unos incrementos de 0.40 y 0.68 puntos de porcentaje de grasa de la leche.

#### Perfil de ácidos grasos de la leche

Wilkinson *et al.* (2000), suplementando con semillas de lino a ovejas y asociaron el incremento numérico del C18:1 trans con la reducción de la actividad de la -9 desaturasa. Los efectos de las semillas vegetales no protegidas sobre las concentraciones de C18:2 y C18:3 varían según el tipo de semilla, dependiendo de su perfil de AG.

Bouattour (2007) suministro aceite de soya a cabras en condiciones estabuladas donde la producción de leche no se vio afectada pero el perfil de ácidos grasos específicamente CLA se incrementó con una concentración de 2.5 %. Mientras que en cabras lecheras de raza Alpina Bernard *et al.* (2005) observaron un aumento (17%) del nivel de CLA tras suplementar con un 3.6% de aceite de girasol oleico, este incremento fue menor que el observado (54%) en el mismo estudio cuando se suplementó con semillas de lino tratadas con formaldehído y ello fue atribuido por los autores a una biohidrogenación parcial de los AG poliinsaturados de las semillas de lino. Sin embargo, el incremento obtenido con las semillas es menor que el obtenido con aceite de lino. Chilliard *et al.* (2003) utilizando un 3.4% de aceite de lino, observaron un aumento del 133% en el nivel de CLA, al variar su concentración desde 0.6% (control) a 1.4% (aceite). Los autores concluyeron que los aceites ricos en linoleico son más eficientes para incrementar el CLA en leche que los ricos en oleico y linolénico. Mientras que Bauman *et al.* (2001) mencionan que un alto nivel de linoleico (C18:2 cis-9, cis-12) puede llegar a saturar las bacterias responsables de la biohidrogenación en el rumen y por consiguiente inhibir la biohidrogenación del ácido trans-11 vaccénico. De esta forma, este se acumula en el rumen y constituye, por lo tanto, una fuente posteriormente disponible que servirá para la biosíntesis del cis-9, trans-11 CLA en la glándula mamaria

## Ácidos Grasos en la Leche de Rumiantes

La complejidad de la grasa de la leche se debe al hecho de que contiene más de 400 AG diferentes. Este número sería aún más alto, pudiendo llegar hasta 500, de los cuales solo de 15 a 20 han sido estudiados. En los primeros estudios, se habló de 11 AG que poseían cierta importancia tanto en animales como en humanos (Bauman *et al.*, 2001).

### Clasificación

De manera general, los AG se pueden clasificar en diversas categorías atendiendo a diferentes criterios como la longitud de cadena, su origen o bien el grado saturación. La clasificación según la longitud de cadena o número de átomos de carbono fue establecida por Bloor (1943) en tres categorías:

- AG de cadena corta (AGCC o SCFA), de 4 a 6 carbonos.
- AG de cadena media (AGCM o MCFA), de 8 a 14 carbonos.
- AG de cadena larga (AGCL o LCFA), de 16 a 24 carbonos.

Otra clasificación es la que tienen que ver con el grado de saturación de los AG, clasificándose como saturados, si no tienen dobles enlaces, o insaturados, si los tienen. Los AG insaturados pueden ser mono-insaturados (AGMI o MUFA) o poli-insaturados (AGPI o PUFA), dependiendo del número de dobles enlaces que hay en la cadena de carbonos (Bouattour, 2007).

### El ácido linoleico conjugado

La leche de rumiantes contiene un 4-5% del total de AG en forma de PUFA, siendo los más importantes el ácido linoleico (C18:2) (ácido octadecadienoico) y el ácido linolénico (C18:3). El término CLA (ácido linoleico conjugado o conjugados del ácido linoleico) hace referencia a un conjunto de isómeros del ácido linoleico cuya estructura química varía según la configuración de los dobles enlaces (cis y trans) y su posición en la cadena carbonada. El término conjugado se refiere a que solo un enlace simple separa los dos dobles enlaces. A este grupo del CLA pertenecen unos 28 isómeros, aunque en la práctica los más importantes, al menos en leche de vaca, son el cis-9, trans-11 y el trans-10, cis-12 (Bouattour, 2007).

La presencia de AG conjugados fue observada por primera vez en la grasa de leche de vacas en pastoreo durante la primavera. El isómero más destacado del CLA, tanto desde el punto de vista cuantitativo como de efectos sobre la salud humana, es el cis-9, trans-11 C18:2 (Booth *et al.*, 1935). Este isómero es el más abundante de los del grupo CLA en la leche de rumiantes, y se conoce también como ácido ruménico (RA). El RA fue el primero en ser descubierto y representa entre el 75 al 85% de los CLA totales en la grasa de la leche de vaca, entre el 78 y el 89% en la leche de oveja, y un 64% en leche de cabra (Nudda *et al.*, 2006).

### **Biosíntesis de los Ácidos Grasos Cadena Larga**

La biosíntesis de los diferentes isómeros del CLA puede tener lugar durante dos procesos diferentes. El primero tiene lugar en el rumen y ocurre durante la biohidrogenación de los AG poliinsaturados y el segundo tiene lugar en la glándula mamaria (Bouattour, 2007).

#### **Bio-hidrogenación del ácido linoleico conjugado en el rumen**

La hidrogenación del ácido linoleico en el rumen se lleva a cabo por efecto de la microflora ruminal. Algunos autores describen la bacteria *Butyrivibrio fibrisolvens* como la única capaz de realizar la biohidrogenación de dicho ácido graso (Bell y Kenelly 2003). Según Martin y Jenkins (2002) las bacterias son más activas que los protozoos o los hongos, siendo las bacterias celulolíticas las más involucradas en el proceso de biohidrogenación de los ácidos grasos.

El proceso de biohidrogenación se desarrolla en dos etapas. La primera etapa es la hidrogenación del ácido linolenico y del ácido linoléico hasta llegar a ácido trans-11 vaccénico (trans-11 C18:1) pasando por diferentes intermediarios dependiendo del AG de origen. La segunda es la hidrogenación del ácido trans vacénico para transformarlo en ácido esteárico (C18:0) (Bouattour, 2007).

## Síntesis del ácido linoleico conjugado en la glándula mamaria

En efecto, el cis-9, trans-11 CLA puede originarse en la glándula mamaria gracias a la acción de la Stearoyl CoA Desaturasa ( $\Delta^9$ -Desaturasa), una enzima que actúa sobre el C18:1 trans-11, introduciendo un doble enlace cis en la posición del carbono 9. La desaturasa es todo un complejo de enzimas que incluye el citocromo NADU b5-reductasa, el citocromo b5, la Acil Co A-sintetasa y el Stearoyl Co A-desaturasa, este mismo sistema enzimático no solo participa en la formación de otros isómeros del ácido octadecadienoico cis-9, trans-n, como es el caso del trans-7, cis-9 o bien del cis-9, trans-13 (Chilliard *et al.* 2001).

Sin embargo, el isómero cis-9, trans-11 C18:2 (RA), el más frecuente entre todos los isómeros del CLA en la leche, es parcialmente absorbido a través de la pared intestinal tras la isomerización del C18:2 cis-9, cis-12 que tiene lugar en el rumen (aunque parte del C18:2 escapa de lo biohidrogenación en el rumen), y posteriormente llega a la glándula mamaria para ser secretado en la leche. Aún y así, parece que la mayor parte (75%) del ácido ruménico presente en la leche proviene de la desaturación del ácido trans-11 vaccénico en la glándula mamaria. La concentración de RA en leche así como de otros isómeros del CLA es muy variable y depende de varios factores (Mir *et al.* 2000).

## **Factores que Afectan el Nivel de Ácidos Grasos de Cadena Larga en Leche**

Si bien la alimentación suele tener la mayor influencia sobre la variación observada en la concentración del CLA en leche, otros factores de tipo fisiológico como la especie, la raza y el estado de lactación, entre otros, también pueden afectarla (Bouattour, 2007).

### Factores fisiológicos

En lo que respecta a las diferencias entre razas, en el estudio de (Kelsey *et al.* 2003) se observó una concentración más alta de CLA en la raza Frisona (0.44%) que en la raza Parda Alpina (0.41%), habiendo consumido los animales la misma ración.

Auldist *et al.* (1998) observaron que el nivel de CLA en la leche de vaca subió de un 0.78 a un 0.97% del total de AG entre el principio y el final de lactación, tratándose de

una media de todas las estaciones de CLA y de trans-11 C18:1 fueron incrementándose a medida que avanzaba la lactación. Ellos mismos observaron el efecto de la estación en Nueva Zelada y con vacas Frisonas, la primavera es la estación con mayores concentraciones de CLA en leche (media de 1.11%) seguida del otoño (0.93%), el invierno (0.80%) y finalmente el verano (0.72%).

### Alimentación

El CLA en leche de vaca aumenta con la disponibilidad de forrajes verdes, siendo más alto en animales alimentados con forraje tierno que en animales alimentados con forraje más maduro, así como en animales consumiendo forrajes de primer corte que de segundo. Los estudios llevados a cabo con ovejas lecheras o cabras indican tendencias similares (Chilliard *et al.*, 2006).

French *et al.* (2000), en un estudio llevado a cabo con ternero de engorda, concluyeron que los animales alimentados en pastoreo presentaron concentraciones de CLA en carne más altas que con ensilado de la misma planta. En cuanto al tipo de ensilado, el de maíz es más rico en ácido linoleico ( $0.39 \pm 0.07$  g) que el ensilado de hierba ( $0.15 \pm 0.07$ g); de hecho, el C18:2 representa hacia el 60% del total de AG del grano de maíz. Sin embargo, no existe una gran diferencia entre la concentración de PUFA en la leche de animales recibiendo ensilado de hierba o de maíz.

En general, un nivel alto de concentrado en la ración incrementa tanto la producción a nivel del rumen como la concentración en leche de los AG C18:1 trans, siendo el isómero trans-10 el predominante. Sin embargo, el incremento del trans-10 C18:1 suele ir acompañado de un aumento del isómero trans-10, cis-12 del CLA leche y de un descenso del contenido de cis-9, trans-11 CLA, resultando además globalmente en una caída en la concentración de CLA en la grasa de la leche (Schimidely y Sauvant, 2001).

### **Beneficios del Consumo del Ácido Linoleico Conjugado**

En la última década se han publicado varios trabajos sobre las propiedades fisiológicas del CLA, revisados principalmente por Whigham *et al.* (2000), estudiando los efectos de (los diferentes isómeros del CLA sobre la carcinogénesis y la composición

corporal, y concluyendo que el CLA también tiene un papel en el control del sistema inmunitario y en la prevención de diabetes mellitus.

La carne, leche y queso de rumiantes son la principal fuente de CLA en la cadena alimenticia. Debido a sus efectos fisiológicos beneficiosos para la salud, los isómeros del CLA han sido objeto de un número creciente de trabajos de investigación en los últimos años. El CLA se comercializa como un aditivo nutricional para humanos con el fin de responder a la demanda de reducción de las grasas corporales, al culturismo y a la demanda de productos anticatabólicos (Bouattour, 2007).

El descubrimiento de la inhibición de la carcinogénesis por el CLA se debe sobre todo al trabajo del equipo del Dr. Michael Pariza de la Universidad de Wisconsin. Este equipo de investigación descubrió, estudiando la formación de mutágenos en muestras de carne bovina picada y frita, un inhibidor de la mutagénesis.

Proveniente del griego, *athero* (pasta) y *skleros* (duro/piedra), la aterosclerosis es un tipo de arteriosclerosis, un término que se refiere al endurecimiento de las paredes arteriales (arterio de arteria y esclerosis de endurecimiento). Se han realizado estudios en animales de laboratorio que indicaron que el CLA podría tener efectos beneficiosos para reducir el proceso de aterosclerosis (Lee *et al.*, 1994).

Cuando los suplementos de CLA se administraron a ratones, estos desarrollaron una ligera resistencia a la insulina (De Lany *et al.*, 1999), lo cual puede estar relacionado con un cambio hacia un uso mejorado de AG como fuente de energía. Por el contrario, en ratas obesas y sufriendo diabetes, el CLA aportado en la dieta restableció la sensibilidad a la insulina. Este hecho llevó los autores a proponer que el CLA podría ser útil para tratar la diabetes tipo-2 (Belury *et al.*, 1999).

La mayoría de trabajos que han investigado el efecto del CLA sobre el sistema inmunitario se han realizado en modelos animales, a excepción de un único y reciente estudio llevado a cabo en humanos (Song *et al.*, 2005) observaron incrementos en la concentración de inmunoglobulinas A y M y en la de las citocinas anti-inflamatorias, así como una reducción de las citocinas pro-inflamatorias. Este estudio representó la primera evidencia del efecto positivo del CLA sobre el sistema inmunitario en humanos.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Descripción del Área Experimental**

El estudio se realizó en un rebaño de cabras ubicado en la zona media del estado, en la comunidad de San Pedro De Los Hernández, Cerritos, S.L.P. Se localiza en las coordenadas geográficas a 22° 23' 24" de Latitud Norte y 100° 12' 23" Longitud Oeste del meridiano de Greenweich, con una altura de 1137 msnm (INEGI, 2010), cuenta con un clima seco semicálido, con una temperatura media anual de 20 °C y una precipitación media anual de 492 mm, las lluvias se presentan en los meses de mayo a septiembre (García, 1973) y la vegetación presente en el lugar es de Bosque Caducifolio Espinoso (COTECOCA, 1974).

### **Animales Utilizados y su Distribución en los Tratamientos**

Se utilizaron 39 cabras criollas de segundo parto con un peso promedio de 42.8 kg encastadas de raza Nubia junto con sus crías. Las madres fueron asignadas al azar en tres tratamientos (T) con diferente número de repeticiones (r) y quedaron agrupadas de la siguiente manera de acuerdo al aceite vegetal que se les suministro: T1) Tratamiento testigo sin ninguna suplementación de aceite con 15 r, T2) Tratamiento con suplementación de aceite de soya (20 ml) con 12 r y T3) Tratamiento con suplementación de aceite de canola (20 ml) con 12 r. Los cabritos nacidos fueron asignados a los mismos tratamientos que las madres.

### **Alimentación de los Animales**

La dieta para las madres estuvo a cargo exclusivamente de pastoreo (Cuadro 1) (COTECOCA, 1974) y de acuerdo a los tratamientos el T1 se le suministro aceite de soya y el T2 se le suministro aceite de canola. Los cabritos nacidos solo consumieron leche de sus madres.

Cuadro 1.- Listado de la vegetación presente en el lugar de pastoreo de las cabras de acuerdo a COTECOCA, 1974.

<b>Nombre Común</b>	<b>Nombre Científico</b>
Mezquite	<i>Prosopis laevigata</i>
Granjeno	<i>Celtis pallida</i>
Crucetos	<i>Condalia lycioides y mexicana</i>
Chaparro amargoso	<i>Castella texana</i>
Huizache, espino blanco	<i>Acacia farnesiana</i>
Uña de gato	<i>Acacia greggii</i>
Zacate banderilla	<i>Bouteloua curtipendula</i>
Navajita morada	<i>Bouteloua radicata</i>
Zacate bufalo	<i>Bouchloe dactyloides</i>
Pajitas	<i>Setarias spp</i>
Zacate buffel	<i>Cenchrus ciliaris L.</i>

### **Manejo General**

Las cabras fueron empadradas de forma natural durante el mes de junio, este mismo mes fueron marcadas sin asignarse en ningún tratamiento, una vez hecho esto el manejo fue el normal en el rebaño saliendo a pastorear de las 9:00 a.m. a las 6:00 p.m., el agua fue suministrada en un estanque cercano a las instalaciones a la hora de salir y una vez que regresaron del pastoreo, fueron desparasitadas (Ivermectina 1 ml/30 Kg) y vitaminadas (A y D 3 ml) realizándose en el mes de junio. Este manejo no cambio hasta el primero de noviembre donde se pesaron todos los animales nuevamente y se asignaran al azar en los tratamientos correspondientes, también se les empezó a dar el aceite vegetal suministrando 20 ml con una jeringa antes de salir al pastoreo a cada cabra y esto fue así hasta 35 días después del parto. Se realizaron recorridos desde el mes de junio cuando se empadraron hasta el inicio de partos en el mes de diciembre, observándose durante estos periodos las siguientes plantas, el mezquite que durante los meses de junio y julio sirvió de muy buena fuente de alimentación por ser la época de fruto y los siguientes meses solo consumieron los retoños de las hojas de esta planta, el granjeno, chaparro amargoso, huizache, uña de gato y zacate buffel fueron las especies

presentes durante todo el periodo de observación y recorrido del pastizal siendo la principal fuente de alimento, durante el mes de septiembre y octubre cuando se presentan las mayores precipitaciones la vegetación fue más abundante con el crecimiento de algunas hierbas y malezas pero que el ganado caprino no consume por traerles problemas de timpanismo.

### **Variables a Evaluadas**

Incremento de peso de cabritos (IDPC, kg).

Los cabritos fueron pesados con una balanza mecánica de plataforma CAMESA con capacidad de 500 Kg al momento del nacimiento y cada 7 días después. Se realizó durante la mañana antes que las hembras salieran al pastoreo.

Rendimiento de la canal (RC, kg).

Se sacrificaron a los 35 días de edad 4 cabritos machos de cada tratamiento para determinar el rendimiento de la canal en caliente registrando el peso de esta después del sacrificio.

Producción de leche (PL, l).

Se midió la producción de leche del total de las cabras cada 7 días después del parto y hasta los 35 días, antes de amamantar a sus crías, se realizó con una probeta de capacidad de un litro.

Perfil de ácidos grasos (AGCL, %).

De 5 cabras de cada tratamiento se colectaron muestras de leche (20 ml) en 2 envases de vidrio con capacidad de 10 ml realizándose cada 7 días después del parto manteniéndose en congelación a  $-10^{\circ}\text{C}$  hasta su análisis mediante cromatografía de gases.

## Diseño Experimental

El diseño experimental para IDPC, fue por medio de un completamente al azar con diferente número de repeticiones, se realizó un análisis de varianza con un procedimiento MIXED, para la comparación de medias se utilizó la prueba de Duncan.

$$Y_{ijk} = \mu + v_i + \psi_{k(i)} + \tau_j + v\tau_{ij} + \psi\tau_{jk(i)}$$

Dónde:

$\mu$  - media general

$v_i$  - efecto del i-ésimo tratamiento sobre la var. resp. ( $Y_{ijk}$ )

$\psi_{k(i)}$  - efecto de la repetición anidada dentro de tratamiento.

Error (a)

$\tau_j$  - efecto del j.ésimo tiempo

$v\tau_{ij}$  - interacción tratamiento x tiempo

$\psi\tau_{jk(i)}$  - interacción repetición x tiempo. Error (b)

Para la PL fue por medio de un completamente al azar con diferente número de repeticiones, se realizó un análisis de varianza con un procedimiento GLM, para la comparación de medias se utilizó la prueba de Duncan.

Para el RC se analizó por medio de un diseño completamente al azar con igual número de repeticiones, se realizó un análisis de varianza con un procedimiento GLM, para las pruebas de comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Dónde:

$Y_{ij}$  = valor de la variable de respuesta

$\mu$  = media general

$T_i$  = efecto del tratamiento (nivel de suplementación)

$E_{ij}$  = error experimental

$i = 0\%, 1\%$  y  $2\%$

Para todos los anteriores diseños se usó el paquete estadístico SAS, 2004.

El análisis de AGCL se hizo de manera descriptiva y específicamente para el CLA (ácido linoleico conjugado).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Incremento de peso de cabritos

El IDPC no mostro diferencias significativas ( $p>0.05$ ) por efecto de los tratamientos (Cuadro 2) para los días 14, 21, 28, como tampoco para la media total por tratamiento, sin embargo, numéricamente en el día 14 el T3 fue mayor respecto a la media (162 kg), el día 21 el T1 y T3 fueron mayores respecto a la media (139 kg), el día 28 el T3 fue mayor respecto a la media (1.05 kg) y en la media por tratamiento el T3 fue mayor respecto a la media (1.32 kg). Los días 7 y 35 mostraron diferencias significativas ( $p<0.05$ ) por efecto del tratamiento (Cuadro 2), donde en el día 7 el T2 (1.63 kg) fue mayor al tratamiento T3 pero igual al T1 y el día 35 el T3 (1.25 kg) fue mayor a los T1 y T2.

Experimentos similares se han hecho con cabras para determinar el efecto de la dieta de la cabra sobre el crecimiento del cabrito en este caso Martin *et al.* (1999) dieron sales cálcicas de ácidos grasos y en 22 cabritos reportaron ganancias de pesos diarias de 148 g y 178 g, respectivamente, e incrementos de pesos de 1.03 y 1.24 kg, respectivamente, estos datos son menores a los reportados en este trabajo. Otros trabajos como los de Yeom *et al.* (2004) han estudiado el efecto del ácido linoleico conjugado en lacto replazantes comparado con leche de cabras sobre el crecimiento de cabritos en las primeras 5 semanas de vida donde no encontraron diferencias significativas entre los tratamientos.

### Rendimiento de la canal

El RC no mostro diferencia significativa ( $p>0.05$ ) por efecto del tratamiento (Cuadro 2), pero es notorio observar que numéricamente el T3 (4.92 kg) presentó el mayor rendimiento en canal respecto al T1 y T3.

Martin *et al.* (1999) quienes ofrecieron sales cálcicas de ácidos grasos y en 22 cabritos quienes no encontraron diferencias significativas entre rendimientos de canales de las crías al ser sacrificadas a los 45 días de edad pero si las encontraron en la composición de la canal, en cambio Yeom *et al.* (2004) observaron valores de

rendimiento en canal de 30% y la calidad de canal mostro valores de 3.4 % para CLA con lacto replazantes.

Cuadro 2.- Comparación de medias (kg) de la IDPC y RC de cabritos de cabras criollas suplementadas con aceite de soya y canola, San Pedro de los Hernández, Cerritos, S.L.P.

<b>DIAS/ TRATAMIENTO</b>	<b>T1 (TESTIGO)</b>	<b>T2 (SOYA)</b>	<b>T3 (CANOLA)</b>	<b>MEDIA</b>	<b>EE</b>
7 DIAS	1.47 ab	1.63 a	1.31 b	1.47	0.09
14 DIAS	1.61 a	1.57 a	1.68 a	1.62	0.09
21 DIAS	1.41 a	1.35 a	1.41 a	1.39	0.09
28 DIAS	1.08 a	.98 a	1.09 a	1.05	0.09
35 DIAS	.91 a	1.01 a	1.25 b	1.05	0.09
Media total	1.30 a	1.31 a	1.35 a	1.32	0.04
RC	4.65 a	4.55 a	4.92 a	4.70	0.25

a,b = Letras distintas en la misma fila indican diferencia estadística ( $p < 0.05$ )

EE = Error estándar

### Producción de leche

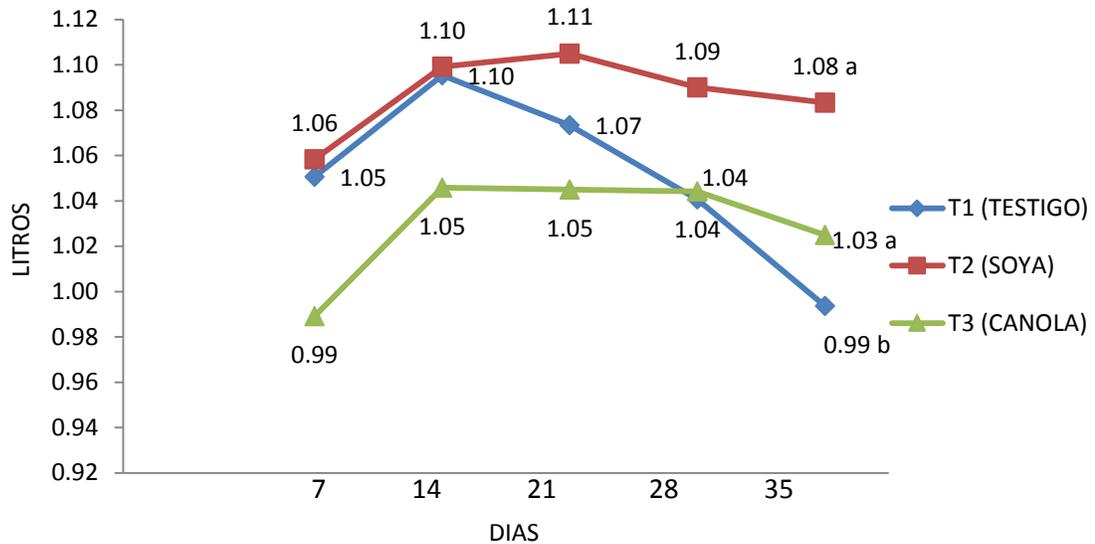
Los resultados sobre la PL no mostraron diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) por efecto del tratamiento (Cuadro 3) para los días 7, 14, 21 y 28, sin embargo, numéricamente en el día 7 el T2 fue mayor respecto a la media (1.03 L), en el día 14 el T1 y T2 fueron mayores respecto a la media (1.08 L), en el día 21 el T2 fue mayor respecto a la media (1.07 Kg), en el día 28 el T2 fue mayor respecto a la media (1.05 L). Mientras que para el día 35 la diferencia por efecto del tratamiento fue estadísticamente diferente ( $p < 0.05$ ) (Cuadro 3), donde el T2 (1.08 L) y T3 (1.03 L) fueron mayores al T1. Si bien la diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos solo se presenta hasta el día 35 y la curva de lactación (Figura 1) tiende a decaer en la primeras semanas, podemos observar que esta caída es más notoria en el T1 que no recibió alguna suplementación y caso contrario en los tratamientos con suplementación de aceites vegetales se puede observar que la caída es menor e incluso por momentos se mantiene tanto así que al final de la toma de datos solo el T1 muestra diferencias significativas frente a los T2 y T3.

De forma similar a lo que suele suceder con las ovejas, la utilización de suplementos lipídicos en cabras tampoco modifica la producción de leche (Chilliard *et al.*, 2003) similar a los resultado en este estudio, esto lo corrobora Schmidely y Sauvant (2001) en un estudio del efecto de los lípidos sobre la producción y composición de leche en pequeños rumiantes donde no indica una alta en la producción, pero sin embargo Sanz *et al.* (2000) suplementaron la dieta de cabras en lactación con aceites de pescado y encontraron un aumento en la producción del 2 %. La mayoría de los datos en pequeños rumiantes provienen en experimentos con jabones de calcio ya que es donde se ha visto algún resultado en el aumento de producción de leche, también se han utilizado semillas oleaginosas, aceites vegetales y otras grasas protegidas donde solo se tiene aumento en porcentaje de grasas de 1%, .8 % y 3%, respectivamente, o concentración de ácidos grasos (Osuna *et al.*, 2000). Se han utilizado respectivamente jabones cálcicos (3.8% de la MS total), semillas enteras de algodón (14.2%) y aceite de girasol (5.6%), incorporando un 8% de semillas enteras de lino a la ración total, y no observaron ninguna variación de la producción de leche (Pol *et al.*, 2001; Osuna *et al.* 2000).

Cuadro 3.- Comparación de medias (l) de la PL de cabras criollas en condiciones de pastoreo suplementadas con aceite de soya y canola, San Pedro de los Hernández, Cerritos, S.L.P.

<b>DIAS/ TRATAMIENTO</b>	<b>T1 (TESTIGO)</b>	<b>T2 (SOYA)</b>	<b>T3 (CANOLA)</b>	<b>MEDIA</b>	<b>EE</b>
7 DIAS	1.05 a	1.06 a	.99 a	1.03	0.04
14 DIAS	1.10 a	1.10 a	1.05 a	1.08	0.05
21 DIAS	1.07 a	1.11 a	1.05 a	1.07	0.05
28 DIAS	1.04 a	1.09 a	1.04 a	1.05	0.03
35 DIAS	.99 b	1.08 a	1.03 a	1.03	0.03

a,b = Letras distintas en la misma fila indican diferencia estadística (p<0.05)  
EE = Error estándar



a,b = letras diferentes en la columna de los días indica diferencia estadística ( $p < 0.05$ )

Figura 1.- Curva de lactación en 35 días de cabras criollas en condiciones de pastoreo suplementadas con aceite de soya y canola, San Pedro de los Hernández, Cerritos, S.L.P.

#### Perfil de ácidos grasos

Los resultados sobre el AGCL específicamente el CLA (Cuadro 4) indican que los dos tratamientos que recibieron la suplementación con aceites vegetales presentaron la mayor concentración (%) en cuanto a CLA se refiere siendo como a continuación, el T3 con la mayor concentración, siguiéndole el T2 y finalmente el T1 que presentó la menor concentración.

De manera general, la incorporación de aceites vegetales como los de girasol, soya, maíz, colza, lino, cártamo, canola y cacahuate suele producir incrementos importantes en la concentración de CLA (Chouinard *et al.*, 2001). Mientras que Bouattour (2007) suministró aceite soya a cabras en condiciones estabuladas donde la producción de leche no se vio afectada pero el perfil de ácidos grasos CLA se incrementó con una concentración de 2.5 % estos resultados son mayores a los presentados en este trabajo. En cabras lecheras de raza Alpina Bernard *et al.* (2005) observaron un aumento (17%) del nivel de CLA tras suplementar con un 3.6% de aceite de girasol oleico. Este incremento fue menor que el observado (54%) en el mismo estudio cuando se suplementó con semillas de lino tratadas con formaldehído y ello fue atribuido por los

autores a una biohidrogenación parcial de los AG poliinsaturados de las semillas de lino. Sin embargo, el incremento obtenido con las semillas es menor que el obtenido con aceite de lino. También Chilliard *et al.* (2003) utilizando un 3.4% de aceite de lino, observaron un aumento del 133% en el nivel de CLA, al variar su concentración desde 0.6% (control) a 1.4% (aceite). Mientras que Bauman *et al.* (2001) concluyeron que los aceites ricos en linoleico son más eficientes para incrementar el CLA en leche que los ricos en oleico y linolénico. Un alto nivel de linoleico (C18:2 cis-9, cis-12) puede llegar a saturar las bacterias responsables de la biohidrogenación en el rumen y por consiguiente inhibir la biohidrogenación del ácido trans-11 vaccénico. De esta forma, este se acumula en el rumen y constituye, por lo tanto, una fuente posteriormente disponible que servirá para la biosíntesis del cis-9, trans-11 CLA en la glándula mamaria.

Cuadro 4.- Concentración (%) de CLA de leche de cabras criollas en pastoreo suplementadas con aceite de soya y canola, San Pedro de los Hernández, Cerritos, S.L.P.

<b>CALIDAD DE LA LECHE (Ácidos Grasos de Cadena Larga)</b>			
<b>Nombre</b>	<b>Concentración %</b>		
	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
	<b>(TESTIGO)</b>	<b>(SOYA)</b>	<b>(CANOLA)</b>
Butyrico C4	3.14	7.35	4.43
Caproico C6	4.08	6.61	3.86
Caprylico C8	4.20	7.57	5.44
Capirico C10:0	12.09	19.58	14.36
Undecanoic C11:0	0.32	0.91	0.54
Laurico C12:0	5.06	6.02	0.49
Myristico C14:0	10.49	9.85	9.56
Myristoleico C14:1	0.32	0.53	5.01
Pentadecanoico C15:0	1.01	1.08	1.11
Palmitico C16:0	22.61	17.53	18.75
Palmitoleico C16:1	1.16	0.95	1.05
Heptadecanoico C17:0	1.16	0.80	0.95

cis-10-heptadecanoico C17:1	0.55	0.31	0.37
Estearico C18:0	11.04	6.56	10.24
Eladico C18:1n9t	1.87	3.22	4.43
Oleico C18:1n9c	17.55	8.79	15.51
Linoleico C18:2n6c	2.08	1.21	2.10
Linolenico C18:3n3	0.71	0.42	0.67
CLA cis9-trans11	0.47	0.63	1.05

---

## **CONCLUSIONES**

El uso de aceites vegetales mantuvo la producción lechera, mayor incremento de peso de los cabritos a los 35 días y el % de CLA en leche fue mayor también.

Por lo anterior se recomienda el aceite de canola y soya para mantener la producción de leche, obtener mayores pesos de cabritos a una edad de 35 días y obtener leche con beneficios para el consumo humano con mayor porcentaje de CLA.

## LITERATURA CITADA

- Aréchiga, C. F., Aguilera J. I., Rincón R. M., Méndez de Lara S., Bañuelos V. R., Meza-Herrera C. A. 2008. Situación actual y perspectivas de la producción caprina ante el reto de la globalización. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, Vol. 9. No. 1. pp 1-14.
- Arihara, K. 2006. Strategies for designing novel functional meat products. *Meat Sci.* Vol. 74. pp 219-229.
- Auldist, M. J., Walsh B.J., Thomson N.A. 1998. Seasonal and lactation influences on bovine milk composition in New Zeland. *J. Dairy. Res.* Vol. 65. Pp 401-411.
- Baldi, A., Cheli F., Corino C., Dell'Orto., Polidori F. 1992. Effects of feeding calcium salts of long chain fatty acids on milk yield, milk composition and plasma parameters of lactating goats. *Small Ruminant Research.* Vol. 6. pp 303 -310.
- Bauman, D. E., Corl B., Baumgard L., Griinari J. 2001. Conjugated linoleic acid (CLA) and the dairy cow. *Recent advances in animal nutrition*, Nottingham University Press, Nottingham, UK. pp 221-250.
- Belury M. A. y Vanden Heuvel J. P. 1999. Modulation of diabetes by conjugated linoleic acid. Vol. 1. Champaign: AOCS press. pp 404-411.
- Bell J. A. y Kenelly J. J. 2006. Effect of safflower oil, flaxseed oil, monensin, and vitamin E on concentration of conjugate linoleic acid in bovine milk fat. *J. Dairy. Sci.* Vol. 87. pp 733-748.
- Bernard, L., Rouel J., Leroux C., Ferlay A., Faulconnier Y., Legrand P., Chilliard Y. 2005. Mammary lipid metabolism and milk fatty acid secretion in Alpine goats fed vegetable lipids. *J Dairy Sci.* Vol. 88. pp 1478-1489.
- Bocquier F y Caja G. 2001. Production et composition du lait de brebis: effets de l'alimentation. *INRA. Prod. Anim.* Vol. 14. pp 29-140.
- Booth, R. G., Kon S. K., Dann W. J., Moore T. 1935. A study of seasonal variation in butter fat. II. A seasonal spectroscopic variation in the fatty acid fraction. *Biochem. J.* Vol. 29. pp 133-137.
- Bouattour M. A. 2007. Efectos de la utilización de diferentes fuentes de grasa vegetal para incrementar el ácido linoleico conjugado en leche de pequeños rumiantes e interacción con enzimas fibrolíticas. *Universidad Autónoma de Barcelona. Departamento de Ciencia Animal i dels Aliments.* p 214.
- Buntinx, D. S., Cuaron I. J. A., Robledo S. O. 1990. Sistema de crianza de cabrito bajo un esquema de pastoreo restringido. *Tec. Pec. Mex.* Vol. 28. No. 1. p 8.

- Cantú, R. E., Colín N. M., Contreras M., García J. 1989. Estudios sobre la estacionalidad reproductiva de los machos caprinos de las razas Saanen y Alpina. Memorias de la V Reunión Nacional sobre Caprino cultura. Zacatecas, México. p 67.
- Casals, R., Caja G., Pol M.V., Such X., Albanell E., Gargouri A., Casellas J. 2006. Response of lactating dairy ewes to various levels of dietary calcium soaps of fatty acids. *Anim. Feed. Sci. Technol.* Vol. 131. pp 312-332.
- Casals, R., Caja G., Such X., Torre C., Calsamiglia. 1999. Effects of calcium soaps and rumen undegradable protein on the milk production and composition of dairy ewes. *J. Dairy. Res.* Vol. 66. pp 177-191.
- Catán, C. A., Degano C. A. M., Renolfi C., Larcher R., Martiarena R. 1999. Composición botánica y amplitud de la dieta de caprinos que pastorean en un bosque del Chaco semiárido. *Rev. Fac. Agron. (LUZ).* Vol.16. No.4. pp 451-460.
- Chilliard, Y., Ferlay A., Doreau M. 2001. Effect of different types of forages, animal fat or marine oils in cows diet on milk fat secretion and composition, especially conjugated linoleic acid (CLA) and polyunsaturated fatty acids. *Livestock. Prod. Sci.* Vol. 70. pp 31-48.
- Chilliard Y. y Ollier A. 1994. Alimentation lipidique et métabolisme du tissu adipeux chez les ruminants. Comparaison avec le porc et les rongeurs. *INRA Prod. Anim.* Vol.7. pp 293-308.
- 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.* Vol. 86. pp 1751-1770.
- 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.* Vol. 86. pp 1751-1770.
- Chilliard, Y., Rouel J., Ferlay A., Bernard L., Gaborit P., Reynal-Ljutovac K., Lauret A., Leroux C. 2006. Optimising goat milk and cheese fatty acid composition. In: *Improving the fat content of foods.* Woodhead Publishing Limited. Cambridge, UK. pp 281-312.
- Chin, S. F. W., Liu J. M., Storkson Y. L., Ha and M. W Pariza. 1992. Dietary sources of conjugated dienoic isomers of linoleic acid, a newly recognized class of anticarcinogens. *J. Food Compos. Anal.* 5. pp 185-197.
- Chouinard, P. Y., Corneau L., Butler W. R. Chilliard Y., Drackley J. K., Bauman D. E. 2001. Effect of dietary lipid source on conjugated linoleic acid concentrations in milk fat. *J. Dairy. Sci.* Vol. 84. pp 680-690.
- Daza, A. A., Fernández C., Sánchez A. 2004. Ganado caprino. Producción, alimentación y sanidad. *Agrícola Española.* Madrid, España. p 214.

- De Lany, J. P., Nlohm F., Truett A. A, Scimeca J. A. West D. B. 1999. *Am. J. Physiol.* 276:R1172-R1179.
- Dubeauf, J., Morand- Fehr P. P., Rubino R. 2004. Situation, changes and future of goat industry around the world. *Small Rum. Res.* Vol. 51. pp 165–173.
- FAO. 2004. Statistical Databases. [En línea] disponible en: (<http://apps.fao.org/>). (Revisado el 27/09/2011).
- French, P., Stanton C., Lawless F., Riordan E. G., Monahan F. J., Caffrey P. J., Moloney A. P. 2000. Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage, or concentrate-based diets. *J. Anim. Sci.* Vol. 78. pp 2849-2855.
- Gagliostro, G. A., Rodriguez A., Pellegrini P. A., Gatti P., Muset G., Castañeda R. A., Colombo D., Chillaard 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 la leche de cabra. *Revista Argentina de Producción Animal.* No. 26. pp 71-87.
- Gulati, S. K., Kitessa S. M., Ashes J. R., Fleck E., Byers E. B., Byers Y. G., Scott T. W. 2000. Protection of conjugated linolenic acids from ruminal biohydrogenation and their incorporation into milk fat. *Anim. Feed. Sci. Technol.* Vol. 86. pp 139-148.
- Haenlein G. 1992. Goat Management. [En línea] disponible en: (<http://ag.udel.edu>). (Revisado el 26/09/2011).
- Kelsey, J. A., Corl B. A., Collier R. J., Bauman D. E. 2003. The effect of breed, parity and stage of lactation on conjugated linoleic acid (CLA) in milk fat from dairy cows. *J. Dairy. Sci.* Vol. 86. pp 2588-2597.
- Kitessa, S. M., Gulati S. K., Ashes J. R., Fleck E., Scott T. W., Nicholas P. D. 2001. Utilisation of fish oil in ruminants. II. Transfer of fish oil fatty acids into goats' milk. *Anim. Feed. Sci. Technol.* Vol. 89. pp 201-208.
- Kuhne, D., Freudenreich P., Ristic P. 1986. The fatty acid patterns of various animal species. 2. Fats of ruminants, rabbits and chicken. *Fleischwirtschaft* 66. pp 403-406.
- Lastra-Martin I. J. 1996. Programa Nacional de fomento a la caprinocultura dentro del marco de Alianza para el Campo. XI Reunión nacional sobre caprinocultura. Chapingo. México.
- Lawless, F., Murphy J. J., Harrington D., Devery R., Stanton C. 1998. Elevation of conjugated cis-9, trans-11-octadecadienoic acids in bovine milk because of dietary supplementation. *J. Dairy. Sci.* Vol. 81. pp 3259-3267.
- Lee, K. N., Kritchevsky D., Pariza M. W. 1994. Conjugated Linoleic Acid and Atherosclerosis in Rabbits. *Atherosclerosis.* 108. 19-25.

- Martín, L., Rodríguez P., Rota A., Rojas A., Pascual M. R., Parton D., Tovar J. 1999. Effect of protected fat supplementation to lactating goats on growth and fatty acid composition of perinatal fat in goat kids. *Anim Sci.* Vol. 68. pp 195-200.
- Martin S. A. y Jenkins T. C. 2002. Factors affecting conjugated linoleic acid and trans-C18:1 fatty acid production by mixed ruminal bacteria. *J. Anim. Sci.* Vol. 80. pp 3347-3352.
- Mayen M. J. 1989. Explotación caprina. Trillas. D.F. México. 124 p.
- Mir, Z., Rushfeldt M. L., Mir P. S., Paterson L. J., Weselake R. J. 2000. Effect of dietary supplementation with either conjugated linolenic acid (CLA) or linoleic acid rich oil on the CLA content of lamb tissues. *Small Rum Res.* Vol. 36. pp 25-31.
- Moore, C. E., Hafliger H. C., Mendivil O. B., Sanders S. R., Bauman D. E., Baumgard. 2004. Increasing amounts of conjugated linoleic acid (CLA) progressively reduce milk fat synthesis immediately postpartum. *J. Dairy. Sci.* Vol. 87. pp 1886-1895.
- Morand, F. P., Hervieu J., Bas P., Sauvant D. 2005. Feeding of young goats. Proc. 3rd. Int. Conf. on Goat Prod. and Disease. University of Arizona. Tucson. U.S.A. pp 90 – 104.
- Murray, R. K., Mayes P. A., Granner D. K., Rodwell V. W. 2001. *Bioquímica de Harper*. Ed. El Manual Moderno. Santafe de Bogota. p 328.
- Nudda, A., Battacone G., Usai M. G., Fancellu S., Pulina G. 2006. Supplementation whit extruded linseed cake affects concentrations on conjugated linoleic acid and vaccenico acid in goat milk. *J. Dairy S.ci.* Vol. 89. pp 277-282.
- Nudda, A., Battacone G., Usai M. G., Fancellu S., Pulina G. 2006. Supplementation with extruded linseed cake affects concentrations on conjugated linoleic acid and vaccenico acid in goat milk. *J. Dairy. Sci.* Vol. 89. pp 277-282.
- Osuna, D. R., Casals R., Albanell E., Caja G. 2000. Effects of feeding calcium soaps or whole oilseeds on feed intake and lactation performances of dairy ewes. *J Dairy Sci.* Vol. 83. p 278.
- Osuna, D. R., Casals R., Albanell E., Caja G. 2000. Effects of feeding calcium soaps or whole oilseeds on feed intake and lactation performance of dairy ewes. *J. Dairy Sci.* Vol. 83. No.1. p 278.
- Pérez L. 1998. Comportamiento alimentario y actividades de cabras en pastoreo sobre campo natural. [En línea] disponible en: (<http://www.capraispana.com>). (Revisado el 21/08/2013).
- Pol, M. V. 2003. Efecto de la suplmentacion con semilla entera de lino sobre la produccion y composicion de la leche de ovejas de raza Manchega. Tesis Master. Unisersitat Autonoma de Barcelona. p 108.
- Pol, M.V., Casals R., Albanell E., Such X. 2001. Effects of feeding whole linseed onn milk production and composition of dairy ewes. *J. Dairy. Sci.* Vol. 84. p 353.

- Pol, M. V., Casals R., Albanell E., Such X. 2001. Effects of feeding whole linseed on milk production and composition of dairy ewes. *J. Dairy Sci.* Vol. 84. No.1. pp 353.
- Sanz Sampelayo, M. R., Chilliard I., Schmidely P., Boza J. 2007. Influence of type of diet on the fat constituents of goat and sheep milk. *Small Rumin Res.* Vol. 68. pp 42-63.
- Sanz-Sampelayo, M. R., Martín Alonso J. J., Morón D., Boza J. 2000. Production of healthier goat milk. Use of a concentrate supplemented with a “protected” fat rich in PUFA. *Journal of Physiology and Biochemistry.* Vol. 3. pp 231-236.
- Scott, T. W., Cook L. J., Mills S. C. 1971. Protection of dietary polyunsaturated fatty acids against microbial hydrogenation in ruminants. *J. Am. Oil. Chem. Soc.* Vol.48. pp 358-364.
- Schmidely P y Sauvant D. 2001. Taux butyreux et composition de la matière grasse du lait chez les petits ruminants: effets de l'apport de matières grasses ou d'aliment concentré. In French with English abstract. *INRA Prod. Anim.* Vol.14 No.5. pp 337-354.
- Secretaria de Agricultura Ganadería. Desarrollo Rural. Pesca y Alimentación (SAGARPA) – Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2010. Lugar que ocupan los estados por producto, Producción, precio, valor, animales sacrificados y peso de carne en canal y Población ganadera, avícola y apícola. [En línea] disponible en: (<http://www.siap.gob.mx/>). (Revisado el 26/09/2011).
- Song, H., Grant I., Rotondo D., Mohede., Sattar N., Heys S. D., Whale K. W. J. 2005. Effect of CLA supplementation on immune function in young healthy volunteers. *European Journal of Clinical Nutrition.* Vol. 59. pp508-517.
- Weigman, L. D., Cook M. E., Atkinson R. L. 2000. Conjugated linoleic acid implications for human health. *Pharmacol Res.* Vol. 42. pp 503-510.
- Wilkinson, R. G., Fry V. E., Sinclair L. A. 2000. Effect of untreated and formaldehyde treated whole linseed on the performance and fatty acid composition of milk produced by Friesland ewes. *Proc. Br. Soc. Anim. Sci.* Vol. 152.
- Wilkinson, R. G., Fry V. E., Sinclair L. A. 2000. Effect of untreated and formaldehyde treated whole linseed on the performance and fatty acid composition of milk produced by Friesland ewes. *Proc. Br. Soc. Anim. Sci.* p 152.
- Yeom, K. H., Schonewille J. T.H., Van Thierum G., Kappert H. J., Hoveiner R., Lee K. W. 2004. Growth performance and fatty acid status of goat kids fed milk replacers with different contents of linolenic and  $\alpha$  linolenic acid. *Livestock Production Science.*

- Zarvas, G., Fegeros K., Kyotsotolis K., Goulas C., Mantzios A. 1998. Soy hulls as a replacement for maize in lactating dairy ewe diet with or without dietary fat supplements. *Anim. Feed. Sci. Technol.* Vol. 76. pp 65-75.
- Zavaleta, D. L. E. 2011. Los ácidos grasos volátiles, fuente de energía en los rumiantes. Departamento de Nutrición y Bioquímica. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. [En línea] disponible en: (<http://www.fmvz.unam.mx>). (Revisado el 26/09/2011).