

COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

GANADERÍA

**CALIDAD DE CARNE EN CABRAS ADULTAS
ALIMENTADAS CON ÁCIDO LINOLEICO
CONJUGADO PROTEGIDO EN LA DIETA**

MARCO ANTONIO SOTELO TURBAN

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2018

CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALIAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACION

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe MARCO ANTONIO SOTELO TURBAN, Alumno (a) de esta Institución, estoy de acuerdo en ser participe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta institución, bajo la dirección del Profesor Dr. OMAR HERNÁNDEZ MENDO, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis CALIDAD DE CARNE EN CABRAS ADULTAS ALIMENTADAS CON ÁCIDO LINOLEICO CONJUGADO PROTEGIDO EN LA DIETA y de los producto de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre el colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, El Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Montecillo, Mpio. de Texcoco, Edo. de México, a 13 de ABRIL de 2018



Firma del
Alumno (a)



Vo. Bo. del Consejero o Director de Tesis

La presente tesis titulada: **CALIDAD DE CARNE EN CABRAS ADULTAS ALIMENTADAS CON ÁCIDO LINOLEICO CONJUGADO PROTEGIDO EN LA DIETA** realizada por el alumno: Marco Antonio Sotelo Turban bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

GANADERÍA

CONSEJO PARTICULAR

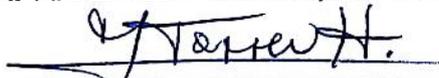
CONSEJERO


DR. OMAR HERNÁNDEZ MENDO

ASESORA


DRA. MARÍA ESTHER ORTEGA CERRILLA

ASESOR


DR. GLAFIRO TORRES HERNÁNDEZ

ASESOR


DR. MAURICIO VELÁZQUEZ MARTÍNEZ

Montecillo, Texcoco, Estado de México, abril de 2018

CALIDAD DE CARNE EN CABRAS ADULTAS ALIMENTADAS CON ÁCIDO LINOLEICO CONJUGADO PROTEGIDO EN LA DIETA

**Sotelo Turban Marco Antonio, MC.
Colegio de Posgraduados, 2018**

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de incluir dos niveles de ácido linoleico conjugado en la dieta de cabras adultas en el comportamiento productivo, características físico-químicas y perfil de ácidos grasos de la carne de cabras. El estudio se dividió en dos etapas. La primera fue evaluar el comportamiento productivo y la segunda evaluar la calidad y perfil de ácidos grasos de la carne. Se utilizaron 15 cabras adultas locales de La Comarca Lagunera, de tercer parto, peso vivo inicial de 33.11 ± 6.7 kg y 11 ± 7 días en leche. Los animales fueron alojados en corrales individuales y distribuidos en tres grupos de cinco animales cada uno. A cada grupo se le asignó un tratamiento al azar: 1) dieta base con 0, 2) 50 y 3) 90 g animal día^{-1} de ácido linoleico conjugado protegido. Se evaluaron consumo diario de materia seca, ganancia diaria de peso, eficiencia alimenticia, conversión alimenticia, grasa dorsal, rendimiento de canal caliente y rendimiento de canal frío. Se utilizó un diseño Completamente al Azar utilizando PROC GLM y la prueba de Tukey para la comparación de medias. La ganancia diaria de peso se analizó con un diseño Completamente al Azar con mediciones repetidas, utilizando Proc Mixed; el modelo contenía los efectos de tratamiento, tiempo (semanas) y la interacción entre ellos; el peso vivo inicial se usó como covariable. Solo hubo diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en el rendimiento de canal frío, que disminuyó cuando se adicionó 90 g d^{-1} de ácido linoleico conjugado, a la dieta de las cabras. En la segunda etapa se utilizaron muestras de carne provenientes de las cabras de la primera etapa. Se evaluaron el pH de canal caliente, pH de canal frío, color (L, a y b), resistencia al corte, capacidad de retención de agua, Aw, proteína, grasa, colágeno, humedad, materia orgánica y el perfil de ácidos grasos de la carne. Los datos fueron analizados con un diseño

Completamente al Azar, utilizando el Proc GLM y la prueba de Tukey para la comparación de las medias de tratamientos (SAS, 2008). Solo hubo diferencias ($P=0.0001$) en la fracción L de color y en el isómero *Cis* 9, *trans* 11 de ALC, disminuyendo y aumentando, respectivamente, con el tratamiento de 90 g d^{-1} de ALCp. Se concluye que el adicionar ácido linoleico conjugado protegido en la dieta de cabras adultas, solo modifica el rendimiento de canal frío, la fracción L de color y, el isómero *cis* 9, *trans* 11 de ALC.

Palabras clave: grasa dorsal, perfil de ácidos grasos y comportamiento productivo.

QUALITY OF MEAT IN ADULT GOATS FED CONJUGATED LINOLEIC ACID PROTECTED IN THE DIET

**Sotelo Turban Marco Antonio, MC.
Colegio de Posgraduados, 2018**

ABSTRACT

The objective of the present study was to evaluate the effect of including two different levels of conjugated linoleic acid in the diet of adult goats on animal performance and meat, physical-chemical characteristics and fatty acid profile. The study was divided into two phase. The first one was to evaluate the animal performance of adult goats and the second one to evaluate the quality and profile of fatty acids of the meat. 15 local adult goats were used from La Comarca Lagunera, third calving, initial live weight of 33.11 ± 6.7 kg and 11 ± 7 days in milk. The animals were housed in individual pens and distributed in three groups of five animals each. Each group was assigned a randomized treatment: 1) base diet with 0, 2) 50 and 3) 90 g animal dia^{-1} of conjugated linoleic acid protected. Daily dry matter intake, daily weight gain, feed efficiency, feed conversion, dorsal fat, hot carcass yield and cold carcass yield were evaluated. A Completely Randomized design was used using PROC GLM and the Tukey test for the comparison of means. The daily weight gain was analyzed with a Completely Randomized design with repeated measurements, using Proc Mixed; the model contained the effects of the treatment, time (weeks) and the interaction between them; the initial live weight was used as a covariate. There were only significant differences ($P \leq 0.05$) in the cold carcass yield, which decreased when 90 g d^{-1} of conjugated linoleic acid was added to the diet of the goats. In the second phase, meat samples from the goats used the phase first. The hot carcass pH, cold carcass pH, color (L, a and b), cut resistance, water retention capacity, Aw, protein, fat, collagen, moisture, organic matter and the fatty acid of meat profile were evaluated. The data were analyzed with a Completely Randomized design, using the Proc GLM and the Tukey test

for the comparison of treatment means (SAS, 2008). There were only differences ($P = 0.0001$) in the color fraction L and in the *Cis 9, trans 11* isomer of conjugated linoleic acid, decreasing and increasing, respectively, with the treatment of 90 g d⁻¹ of conjugated linoleic acid protected. It is concluded that the addition of protected conjugated linoleic acid in the diet of adult goats only modifies the cold carcass yield, the color fraction L, and the *cis 9, trans 11* isomer of conjugated linoleic acid.

Key words: dorsal fat, fatty acid profile and animal performance.

AGRADECIMIENTOS

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT)**, por la beca otorgada para la realización de mis estudios de maestría.

Al **Colegio de Posgraduados**, por brindarme la oportunidad de realizar los estudios de Maestría en Ciencias.

Al Dr. **Hernández Mendo Omar**, por la oportunidad otorgada para realizar esta investigación bajo su dirección, el empeño, el apoyo inagotable durante la realización de esta tesis y en todo el transcurso de la Maestría.

A los profesores **Dra. María Esther Ortega Cerrilla, Dr. Glafiro Torres Hernández y al Dr. Mauricio Velázquez Martínez** por formar parte de mi Consejo Particular y por sus acertadas críticas que contribuyeron a mejorar esta investigación.

A la **Dra. María Magdalena Crosby Galván** y a la **Ing. Elsa Margarita Crosby Galván** por su apoyo en la fase de laboratorio.

A mis padres, **Maritza Fabiola Turban Prieto y Sabino Jesús Sotelo Bastida** por su apoyo y comprensión en los momentos difíciles, gracias totales.

A la **Ing. María Alejandra Alvarez Vallejo**, por acompañarme en los momentos difíciles que se presentaron en el transcurso de la Maestría, gracias totales.

A todos mis compañeros y amigos que estuvieron en este periodo que comprendió la maestría. Gracias.

ATENTAMENTE

Ing. Marco Antonio Sotelo Turban

CONTENIDO

RESUMEN	iv
ABSTRACT	vi
LISTA DE CUADROS	xi
LISTA DE FIGURAS	xii
INTRODUCCIÓN GENERAL	1
CAPÍTULO I. CALIDAD NUTRICIONAL DE CARNE CAPRINA COMO ALIMENTO FUNCIONAL	5
1.1. RESUMEN	5
1.2. ABSTRACT	6
1.3. INTRODUCCIÓN	7
1.3.1 Producción y consumo de la carne de caprinos.....	8
1.3.2 Calidad de la carne de caprinos	10
1.3.3 Ácidos grasos: ácido linoleico conjugado	12
1.3.4 Alimentos funcionales y los beneficios en la salud.....	14
1.3.5 Ácido linoleico conjugado y estrategias para modificar su concentración en la carne	16
1.4. CONCLUSIONES	18
1.5. LITERATURA CITADA	19
CAPÍTULO II. ADICION DE ÁCIDO LINOLEICO CONJUGADO PROTEGIDO EN LA DIETA DE CABRAS ADULTAS EN LA ZONA DESÉRTICA DE MÉXICO: RESPUESTA EN COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO	27
2.1. RESUMEN	27
2.2. ABSTRACT	28
2.3. INTRODUCCIÓN	29
2.4. MATERIALES Y MÉTODOS	30
2.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
2.5.1 Consumo diario de materia seca y ganancia diaria de peso	32
2.5.2 Eficiencia y conversión alimenticia	35
2.5.3 Grasa dorsal	35
2.5.4 Rendimiento de canal caliente y frío.....	36
2.6. CONCLUSIONES	38
2.7. LITERATURA CITADA	39

CAPITULO III. ADICIÓN DE ÁCIDO LINOLEICO CONJUGADO PROTEGIDO EN LA DIETA DE CABRAS ADULTAS EN LA ZONA DESÉRTICA DE MÉXICO: RESPUESTA EN CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS.....44

3.1. RESUMEN	44
3.2. ABSTRACT	45
3.3. INTRODUCCIÓN.....	46
3.4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	47
3.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
3.5.1 pH de canal caliente y frio.....	50
3.5.2 Color (L, a y b).....	51
3.5.3 Resistencia al corte.....	52
3.5.4 Capacidad de retención de agua y Aw	53
3.5.5 Composición química.....	53
3.5.6 Perfil de ácidos grasos.....	55
3.6. CONCLUSIONES	58
3.7. LITERATURA CITADA	59

LISTA DE CUADROS

CAPÍTULO I

Cuadro 1. Composición química en carne de caprinos.....	10
--	----

CAPÍTULO II

Cuadro 1. Composición alimenticia y química de la dieta base, en base seca.	31
---	----

Cuadro 2. Comportamiento productivo de cabras adultas complementadas con diferentes niveles de ácido linoleico conjugado protegido en la dieta.....	32
--	----

CAPÍTULO III

Cuadro 1. Composición alimenticia y química de la dieta base, en base seca.	47
---	----

Cuadro 2. pH en canal caliente y frío, y características físico-químicas de la carne de cabras adultas complementadas con diferentes niveles de ácido linoleico conjugado protegido en la dieta.....	50
---	----

Cuadro 3. Análisis bromatológico de carne de cabras adultas complementadas con diferentes niveles de ácido linoleico conjugado protegido en la dieta.....	54
--	----

Cuadro 4. Perfil de ácidos grasos ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ del total de AG) de carne de cabras adultas complementadas con diferentes niveles de ácido linoleico conjugado protegido en la dieta.....	56
---	----

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

- Figura 1.** Producción mundial de carne de diferentes especies.....8
- Figura 2.** Diferencias estructurales entre ácido graso saturado e insaturado.....12
- Figura 3.** Estructura química del ácido linoleico, del isómero 10 *trans*, 12 *cis* y del isómero 9 *cis*, 11 *trans* del ácido linoleico conjugado.....13

CAPÍTULO II

- Figura 1.** Peso vivo de cabras adultas a través del tiempo, alimentadas con 0, 50 y 90 g/animal/día de ácido linoleico conjugado protegido en la dieta.....33

INTRODUCCIÓN GENERAL

La producción de carne de cabra en México no es suficiente para satisfacer la demanda de la población. En el caso particular de México se producen 5,615 miles de toneladas de carne para cubrir el mercado interno, de las cuales solo el 0.08 % pertenece a los caprinos (SIAP, 2010). La producción de carne de caprinos tiene una tasa de crecimiento de 1.4 % (SIAP, 2010) y debido a la escasa investigación al respecto, no se visualiza la importancia de su producción y consumo (Morales *et al.*, 2015). De la escasa información reportada, se encuentra ganancia diaria de peso de 0.08 a 0.23 kg en cabritos encastados con las razas Sannen, Alpina y Toggenburg, en condiciones de pastoreo complementado con concentrado comercial (Castillo-Rodríguez *et al.*, 2013) y un consumo de materia seca de 0.49 kg animal⁻¹ día⁻¹ en cabras raza Saanen alimentadas con forraje picado verde de maíz (Elizondo-Salazar, 2015). En tanto que, Domingo *et al.* (2008) reportaron 1.54 mm de grasa dorsal en canales de cabritos Criollos enteros del Neuquén.

Actualmente se relaciona el consumo de carne con enfermedades crónicas-degenerativas hipertensión, diabetes mellitus, enfermedades del corazón y cáncer (Keys, 1995), debido a su composición de ácidos grasos saturados. Por tal motivo, es recomendable reducir el consumo de grasas, por lo anterior, más que reducir su consumo, se recomienda cambiarlo por ácidos grasos insaturados (Forouhi *et al.*, 2014), en específico ALC. Esto debido, que el ALC es uno de los ácidos grasos insaturados más importante en la salud humana, por sus efectos anticancerígenos, reduce el colesterol y triglicéridos en la sangre y mejora la condición de personas con Diabetes mellitus previniendo la obesidad (León-Sánchez *et al.*, 2014; Belury, 2002). Dhiman *et al.* (2005) mencionan que los responsables de tales efectos son en particular, los isómeros *cis* 9, *trans* 11 y *trans* 10, *cis* 12 de ALC. Estos isómeros están presentes en pequeñas porciones en la grasa de carne de rumiantes, en consecuencia, en la carne de caprinos y se pueden modificar adicionando alimentos que contienen ácidos grasos insaturados (Wood *et al.*, (2008;

Bauman *et al.*, 2003), como lo mencionaron Wynn *et al.* (2006) que al incluir ALC en la dieta de corderos incrementa los isómeros *cis*-9, *trans*-11 y *trans*-10, *cis*-12 en su carne. Por lo anterior, hipotetizamos que el complementar cabras adultas con ácido linoleico conjugado protegido (ALCp), mejoraría el perfil de ácidos grasos y la calidad de la carne del presente estudio. Por tanto, el objetivo de la presente investigación es evaluar los efectos de incluir dos niveles de ácido linoleico conjugado protegido en la dieta de cabras adultas en el comportamiento productivo, calidad y el perfil de ácidos grasos de la carne.

LITERATURA CITADA

- Bauman, D. E., Corl, B. A., and Peterson, D. G. 2003. The biology of conjugated linoleic acids in ruminants. *Adv. Conjugated Linoleic Acid Res.* (2): 146-173.
- Belury, M. A. 2002. Dietary conjugated linoleic acid in health: physiological effects and mechanisms of Action. *Rev. Nutr.* 22:505-31.
- Castillo-Rodríguez, S., Rivera-Sandoval, J., González-Reyna, A., y Martínez-González, J. 2013. Comportamiento predestete de cabritos cruzados en Guanajuato, México. *Rev. MVZ Córdoba.* 18:3607-3611.
- Dhiman, T. R., Nam, S. H., and Ure, A. L. 2005. Factors affecting conjugated linoleic acid content in milk and meat. *Critical Rev. Food Sci. Nut.* 45(6): 463-482.
- Domingo, E., Abad, M., Lanari, M. R., y Bidinost, F. 2008. Características de las canales del caprino Criollo del Neuquén. *Arch. Zootec.* 57 (219): 361-364.
- Elizondo-Salazar, J. A. 2015. Calidad nutricional y consumo de forraje de maíz (*Zea mays*) y forraje de estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) con o sin alimento balanceado en cabras. *Nutri. Anim. Trop.* 9(2): 11-26.
- Forouhi, N. G., Koulman, A., Sharp, S. J., Imamura, F., Kröger, J., Schulze, M. B., Francesca L. C., and Wareham, N. J. 2014. Differences in the prospective association between individual plasma phospholipid saturated fatty acids and incident type 2 diabetes: the EPIC-InterAct case-cohort study. *The Lancet Diab. Endoc.* 2(10): 810-818.
- Keys, A. 1995. Mediterranean diet and public health: personal reflections. *Am. J. Clin. Nutr.* 61: 1321S-1323.
- León-Sánchez, J. R., Salgado-Cruz, M D., Sánchez-Mundo, M. D., y Cortés-Sánchez, A. D. 2014. *Rev. Cub. Quím.* Vol. 26(3). 235-258.
- Morales, M. V., Godoy, M. S., López, C. A. M., y Alonso, E. G. L. 2015. Enfoque integral de la importancia de la dieta en las condiciones actuales de salud de la población mexicana. *Rev. Cienc. Bio. Salud.* 28(1), 22.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2010. Citado el 1 de marzo de 2018. <https://www.gob.mx/siap>.

Wood, J. D., Enser, M., Fisher, A. V., Nute, G. R., Sheard, P. R., Richardson, R. I., Hughes S. I., and Whittington, F. M. 2008. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality. *Meat Sci.* 78(4): 343-358.

Wynn, R. J., Daniel, Z. C. T. R., Flux, C. L., Craigon, J., Salter, A. M., and Buttery, P. J. 2006. Effect of feeding rumen-protected conjugated linoleic acid on carcass characteristics and fatty acid composition of sheep tissues. *J. Anim. Sci.* 84(12): 3440-3450.

CAPÍTULO I. CALIDAD NUTRICIONAL DE CARNE CAPRINA COMO ALIMENTO FUNCIONAL

1.1.RESUMEN

En la actualidad se producen alimentos que además de aportar nutrientes, contengan compuestos específicos para la salud humana, confiriendo la característica de alimentos funcionales. La carne como tal es un alimento que aporta nutrientes esenciales para el organismo humano. Aunque, también se le relaciona con diversas enfermedades asociadas a su contenido de grasa, básicamente aquellas saturadas. En el caso de la carne de cabra, que ha sido poco estudiada, contiene los isómeros *cis*-9, *trans*-11 y *trans*-10, *cis*-12 de ácido linoleico conjugado, a los cuales se les atribuyen efectos anticancerígenos, lipolíticos y antiaterogénicos, por lo que incrementar su contenido sería trascendental. Los estudios al respecto se han desarrollado en animales en su mayoría, cuyos efectos benéficos son la inhibición de formación de tumores, anti-inflamatorios, mejoras en la sensibilidad de insulina en diabéticos y mejoras en los problemas cardiovasculares. Por tanto, el objetivo de esta revisión es analizar y discutir la información actual y relevante de la producción de carne de caprinos y uso del ácido linoleico conjugado en su alimentación.

Palabras clave: lipolítico, caprinos, ácido linoleico conjugado.

NUTRITIONAL QUALITY OF GOAT MEAT AS A FUNCTIONAL FOOD

1.2.ABSTRACT

At present foods are produced that in addition to providing nutrients, contain specific compounds for human health, conferring the characteristic of functional foods. Meat as such is a food that provides essential nutrients for the human organism. Although, it is also related to various diseases associated with their fat content, basically those saturated. In the case of goat meat, which has been little studied, it contains the isomers cis-9, trans-11 and trans-10, cis-12 of conjugated linoleic acid, to which are attributed anticancer, lipolytic and antiatherogenic effects, so increase its content would be transcendental. Studies in this regard have been developed in animals mostly, whose beneficial effects are the inhibition of tumor formation, anti-inflammatories, improvements in insulin sensitivity in diabetics and improvements in cardiovascular problems. Therefore, the objective of this review is to analyze and discuss the current and relevant information on the production of goat meat and the use of conjugated linoleic acid in its diet.

Key words: lipolytic, goats, conjugated linoleic acid.

1.3.INTRODUCCIÓN

El consumo de alimentos en humanos ha cambiado a productos que además de nutrir, tengan componentes con funciones específicas en beneficio del consumidor, los llamados alimentos funcionales (Sedó, 2002). Estos alimentos son de especial importancia en la salud humana, ya que su consumo previene enfermedades cardiovasculares, hipertensión, diabetes e hipercolesteremia, muy posiblemente porque algunos componentes evitan factores de riesgo como el colesterol elevado, la homocisteína y los triglicéridos elevados (Carrero *et al.*, 2005). Forouhi *et al.* (2014) atribuyeron dichas enfermedades al consumo de alimentos que provienen de origen animal y en especial a los ácidos grasos saturados que contienen (Mozaffarian *et al.*, 2006). La carne y en particular de los rumiantes, a pesar de ser una fuente importante de proteínas y vitaminas está contemplada como un alimento que se debe sustituir o bajar su consumo según la (OMS, 2015) por la cantidad de ácidos grasos saturados en su perfil, argumento que puede contrarrestarse ingiriéndolos con moderación, e ingiriendo en mayor proporción aquellos cuyo contenido de ácidos grasos poliinsaturados sea mayor (Tolman *et al.*, 2007). Para ello, una alternativa viable es modificar el perfil de ácidos grasos de la carne, por medio de la alimentación animal. Por ejemplo, el adicionar ácidos grasos poliinsaturados en la dieta de los animales, es de suma importancia debido que los subproductos obtenidos, leche y carne principalmente, tendrán omega 6 que tiene como principales y más importantes el ácido linoleico y el ácido araquidónico, que son esenciales para el consumo humano, ya que forman parte de los tejidos y se pueden sintetizar de *novo* uno respecto al otro (Carrero *et al.*, 2005). Al respecto, adicionar ácido linoleico conjugado (ALC) en la dieta de rumiantes, en específico de cabras puede usarse como medio mejorador de las características nutricionales de la carne para que pueda considerarse un alimento funcional. Los efectos benéficos del ALC como capacidad anticancerígena (Chin *et al.*, 1992; Moon, 2014), disminución del tejido graso, disminución de los procesos inflamatorios y aumento en la producción de anticuerpos e

interferones a través de la regulación de varios procesos fisiológicos (O’Shea *et al.*, 2004; Changhua *et al.*, 2005; Bhattacharya *et al.*, 2006), son atribuidos principalmente a los isómeros *cis*-9, *trans*-11 y *trans*-10, *cis*-12, los cuales no se encuentran en cantidades adecuadas en la ingesta diaria del ser humano (Soto-Rodríguez *et al.*, 2011).

El interés acentuado sobre el estudio en la carne de cabras, se deriva de la forma de su producción, que en México es principalmente en pequeñas unidades familiares de traspatio, por su rusticidad y adaptabilidad al medio (Ponce *et al.*, 2012), por sus bajos costos en la producción y el potencial nutricional de su carne, la cual se utiliza en diferentes platillos regionales (Rebollar-Rebollar *et al.*, 2007). Por tal motivo, el objetivo de esta revisión es analizar y discutir la información actual y relevante de la producción caprina y la función del ácido linoleico conjugado en la carne de cabras como componente funcional.

1.3.1 Producción y consumo de la carne de caprinos

A nivel mundial la mayor producción caprina se localiza en Asia y África, con un aporte del 61% y 31% del inventario mundial, principalmente en China, India, Pakistán Bangladesh y Nigeria (INIFAP, 2013), y el 8 % restante se lleva a cabo en los trópicos y subtrópicos de América (FAO, 2011). La producción de caprinos para carne es la cuarta más importante a nivel mundial (Figura 1), aportando el 4.6 % junto con los ovinos, dificultando el análisis individual de la producción caprina, debido a la escasez confiable de información por la falta de inventarios de producción (FAO, 2012).

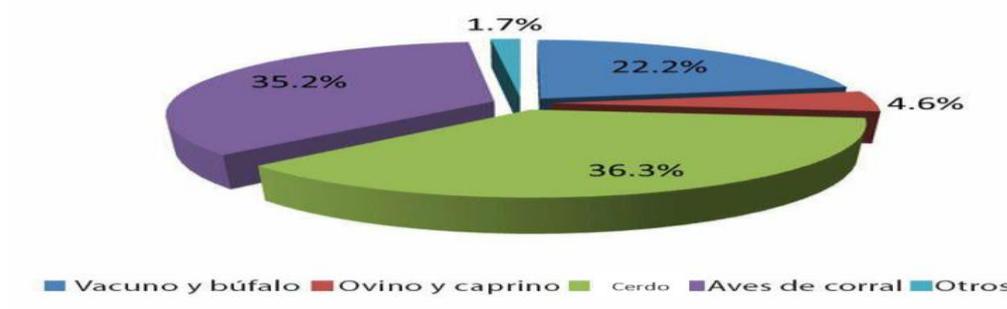


Figura 1. Producción mundial de carne de diferentes especies (Adaptado de FAO, 2012).

En el continente Americano, Brasil y México destacan como los más importantes productores de caprinos, aportando el 25% y 24% de animales, en ese orden (FAO, 2011). En México se tiene documentada una población de 8, 687,814 de caprinos (SIAP, 2014), que se distribuyen en cuatro zonas principales: Árida y Semiárida 39.7%, Centro Bajío 21.4%, Región Mixteca 26.4% y Zona Tropical 12.4% (SAGARPA, 2010). Anualmente se producen 39, 390 Ton. de carne de cabra, que representa el 6 % de la producción de carnes en el país (SIAP, 2015). En México los sistemas de producción de carne de cabra han sido tradicionalmente una manera de utilizar los recursos naturales de baja productividad, como son los agostaderos de las regiones áridas y semiáridas, más de trescientas mil familias tienen en la caprinocultura una de sus principales actividades (Guerrero, 2010). La carne de cabra tiene diferentes destinos desde el cabrito con animales jóvenes, birria donde se utilizan animales adultos o de desecho de la producción lechera, hasta el mole de cadera que tiene una forma de elaboración especial (INIFAP, 2013). Para la elaboración de estos platillos tradicionales se utilizan caprinos en diferente etapa productiva. Por ejemplo, para el cabrito asado se requieren animales de un mes a dos meses de edad, se utiliza la canal completa abierta que se expone sobre las brasas y se va girando hasta que quede completamente cocido, y se consume principalmente en la región de Monterrey, Nuevo León (INIFAP, 2013). La birria requiere de canales de animales con más de seis meses de edad, particularmente cabras adultas o de desecho de la producción lechera, se prepara un guiso caldoso y se consume en tacos, principalmente en los estados de Zacatecas, Jalisco, San Luis Potosí y Michoacán (Rebollar-Rebollar *et al.*, 2007). El mole de cadera es un platillo autóctono con un valor comercial elevado, se elabora en los municipios de Huajuapán de León, Oaxaca y en Tehuacán, Puebla. Para ello se utilizan cabras las cuales se les limita el consumo de agua y un alto consumo de sal. Se cocinan los espinazos y la cadera en caldo con chiles de la región, obteniendo un platillo de un sabor excepcional (INIFAP, 2013). Por tal motivo se requiere abastecer distintos canales de caprinos, desde cabritos

jóvenes hasta cabras adultas de desecho, el conocer la forma de producción, conformación de canales y la calidad de carne de los caprinos facilita la comercialización de los mismos.

1.3.2 Calidad de la carne de caprinos

La carne es un alimento muy importante para el consumo humano, el código de prácticas de higiene para la carne (FAO, 2015) la define como todas las partes de un animal que han sido dictaminadas como inocuas y aptas para el consumo humano. La carne contiene diferentes biomoléculas necesarias en la alimentación humana tales como el agua, proteínas que contienen aminoácidos esenciales, vitaminas del complejo B y minerales como hierro y zinc (Hui *et al.*, 2006; Saadoun y Cabrera, 2012). La composición bromatológica de la carne promedio es 73.5 % humedad, 19 % proteína, 6 % grasa y 1.2 de cenizas (Andújar *et al.*, 2003), en el caso de la carne de cabra, los estudios son escasos, pero los datos están dentro del rango reportado (Cuadro 1).

Cuadro 1. Composición química en carne de caprinos

Autores	Proteína (%)	Grasa (%)	Humedad (%)	Cenizas (%)
Dhanda <i>et al.</i> (1999)	18.7	3.5	74.50	1.10
Urieta <i>et al.</i> (2001)	18.8	1.9	74.31	1.07
Madruga <i>et al.</i> (2006)	20.8	16	76.50	0.90

La calidad de la carne tiene distintas definiciones, en esta revisión la más convincente es la de FAO (2014) que la define en función de su composición magro-graso y de factores como olor, color, textura y sabor. La calidad nutricional es objetiva mientras que la calidad sensorial es subjetiva, debido que depende de los gustos del consumidor. Por tal motivo, las proteínas y grasas de la carne son parte de los factores que definen la calidad de la misma, porque predisponen el sabor de la carne debido a la proporción de aminoácidos y ácidos grasos que presentan, se relaciona a los índices de oxidación de los lípidos en carne con mayor tiempo de

maduración, aumentando su valor comercial el cual está ligado con el factor nutricional, funcional y la importancia en la alimentación del consumidor (Lawrie, 1998; Beltrán *et al.*, 2001; Saadoun y Cabrera, 2012). Mientras que la composición nutritiva es importante, existen otras variables que determinan la calidad de la carne que son jugosidad, terneza, higiene, inocuidad, color, marmoleo, conformación de la canal, porcentaje de colágeno, rango de peso de los cortes y pH (Andújar *et al.*, 2003; Bianchi *et al.*, 2006; Dan *et al.*, 2010). Madruga *et al.* (2006) mencionan que, la carne proveniente de las cabras contiene bajos porcentajes de grasas, las cuales contienen isómeros de ALC. Esto se contrapone con la idea de que la grasa de los rumiantes en especial la de ovinos y caprinos es alta en ácidos grasos saturados y su consumo causa problemas en la salud (Sinclair *et al.*, 2005). Al respecto, tomando en cuenta las variables mencionadas en esta revisión que definen la calidad de la carne, Cartaxo *et al.* (2014) encontraron en cabras de razas locales, Anglo Nubiana y Boer valores promedios de marmoleo 2.8 %, índice de músculo en la pierna 0.38 e índice de compacidad de la canal 0.20 kg cm⁻¹ estos factores determinan la calidad cuando, la producción está enfocada en cortes finos. Otros factores que determinan la calidad de la carne son capacidad de retención de agua que está ligada con la jugosidad de la carne, color, terneza y pH los cuales se priorizan a las características de la canal, ya que al final la carne es lo que llega al consumidor (Bianchi *et al.*, 2006). Lee *et al.* (2017) reportaron en carne de cabras alimentadas con zacate Bermuda y complementadas con taninos, valores promedios en el color de 36 (L), 12 (a) y 11 (b), resistencia al corte de 3.85 kg/cm³ y pérdida por cocción de 21 % y pH de 5.65. En estas variables la terneza es esencial en la calidad de la carne, debido que en los diferentes umbrales de la terneza se pueden observar otras cualidades cualitativas que inciden directamente en los costos de esta (Gallo y Tadich, 2008). Las variables antes mencionadas se relacionan entre sí. Por ejemplo, el color y la capacidad de retención de agua tienen una fuerte relación con la variación de pH en el proceso de maduración *post mortem* de la carne, condicionando la

calidad final de la carne, ya que estas variables son responsables de la condición de la carne pálida, suave y exudativa y dura, firme y oscura, que afectan negativamente la calidad de la misma (Vergara y Gallego, 2000; María *et al.*, 2003).

1.3.3 Ácidos grasos: ácido linoleico conjugado

Los ácidos grasos son las micromoléculas que forman la mayoría de lípidos, que junto con las proteínas y carbohidratos son necesarios para el buen funcionamiento del organismo humano (Barceló-Coblijn y Murphy, 2009). Estos se dividen en saturados e insaturados (Figura 2) por su estructura los insaturados presentan un doble enlace en los átomos de carbono. En los insaturados, existen los poliinsaturados en los cuales se encuentran el ácido linoleico y linolénico, los cuales son considerados como esenciales para el organismo humano debido que no se pueden sintetizar y es necesaria su ingesta (Savoini *et al.*, 2010). En la carne de cabra los ácidos grasos saturados son los predominantes. Por ejemplo, Madruga *et al.* (2006) encontraron en el perfil de ácidos grasos de carne de cabra seis ácidos grasos saturados, cinco ácidos grasos insaturados y tres ácidos grasos poliinsaturados. Así mismo, Kesava Rao *et al.* (2002) reportaron que el ácido oleico es el de mayor concentración en cabras criadas en estabulación y que en cabras en pastoreo el de mayor proporción es el ácido mirístico (Rhee *et al.*, 2000).

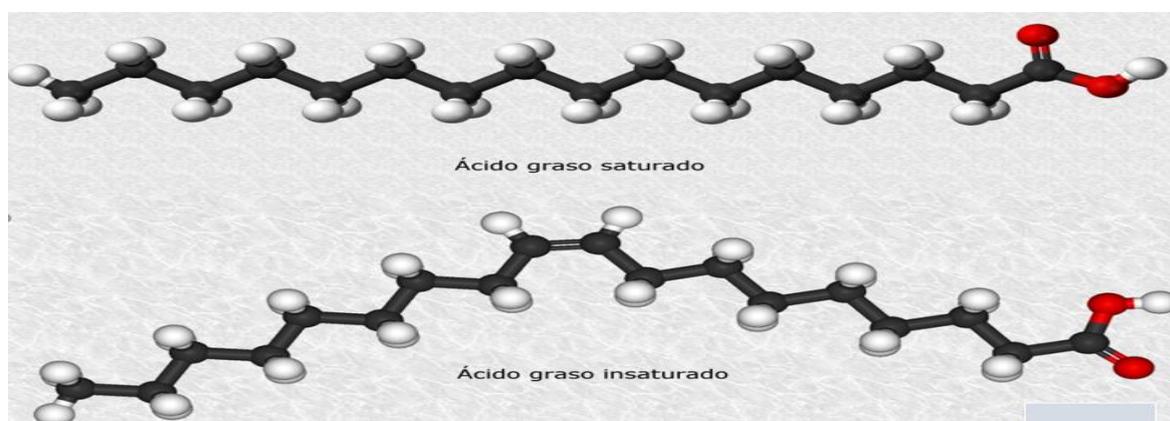


Figura 2. Diferencias estructurales entre ácido graso saturado e insaturado (Watkins, 2013).

El ácido linoleico es poliinsaturado por contener dobles enlaces, los cuales estarán separados por un carbono intermedio conocido como metílico el cual no participa en la estructura de la insaturación, esta estructura la presentan la mayoría de los ácidos grasos naturales y se les denomina no conjugados (Sanhueza *et al.*, 2002). Belury (2002) refiere que el ALC se forma de un grupo de ácidos grasos poliinsaturados, que se encuentran como isómeros posicionales y estereoisómeros de ácido linoleico. El isómero de ALC que predomina en los alimentos de origen animal es *cis*-9, *trans*-11 (Ma *et al.*, 1999) el cual se le conoce también como ácido rumenico, seguido por el isómero *trans*-10, *cis*-12 (Sanhueza *et al.* 2002). El ALC se encuentra en aceites de semillas de oleaginosas en cantidades importantes (Escalera y Caba, 2015), aunque en granos y forrajes que son la fuente de alimento de los rumiantes está presente en pequeñas cantidades, concluyendo que los rumiantes de alguna manera transforman el ácido linoleico en isómeros de ALC (Sanhueza *et al.* 2002). La biohidrogenación de ácido linoleico a ácidos grasos saturados se lleva a cabo en el rumen por la biota existente dentro de él, en especial por la bacteria *Butyrivibrio fibrisolvens* y generando como intermediarios de este proceso los diversos isómeros del ALC (Figura 3) (Chin *et al.*, 1994; Kim *et al.*, 2000). En este contexto, la carne de cabra contiene ALC como lo reportaron Adeyemi *et al.* (2015) que al aumentar la ingesta de diversos isómeros de ALC, aumentaba el isómero *cis*-1, *trans*-9 en la carne de las cabras. En contraste Karami *et al.* (2013) no reportaron aumento en los isómeros de ALC en la carne de cabras que fueron alimentadas con aceite de canola.



Figura 3. Estructura química del ácido linoleico, del isómero 10 *trans*, 12 *cis* y del isómero 9 *cis*, 11 *trans* del ácido linoleico conjugado (Sanhueza *et al.*, 2002).

Otro proceso que se lleva a cabo en los animales incluyendo no rumiantes, que explica las cantidades existentes del ALC en tejidos de origen animal tiene lugar en el hígado, debido que en la biohidrogenación ruminal el ácido linoleico se convierte en ácido vaccénico. Esto es posible por las desaturasas intestinales y hepáticas que desaturan el carbono nueve convirtiendo el ácido vaccénico en isómero *cis*-9, *trans*-11 de ALC (Mahfouz *et al.*, 1980; Yurawecz *et al.*, 1998). Por tal motivo, en no rumiantes el complementar con ALC, aumenta la cantidad del mismo en los tejidos, como lo reportaron (Lee *et al.*, 1994) en conejos, (Cook *et al.*, 1997) en cerdos y (Basu *et al.*, 2000) en humanos.

1.3.4 Alimentos funcionales y los beneficios en la salud

El concepto de alimento funcional no tiene una definición única, pero surge de una necesidad nutricional, enfocada a modificar los aspectos genéticos, prevención de enfermedades, aparte de cubrir las necesidades nutricionales de los humanos (Silveira-Rodríguez *et al.*, 2003). Estos alimentos en la actualidad son principalmente de origen vegetal y de origen lácteo (Bastida, 2005), los alimentos de origen cárnico no están incluidos, debido que el consumo de carnes rojas está relacionado a la obesidad, enfermedades como la diabetes, cardiovasculares y cáncer (Kontogianni *et al.*, 2008). Pero, la carne se pudiera incluir en este grupo de alimentos, debido a su contenido de metabolitos como el ALC que tienen beneficios directos en la salud humana (Carrero *et al.*, 2005). En humanos los estudios del efecto del ALC son escasos, pero en animales se tiene registro científico de sus efectos. Por ejemplo, Tsuboyama-Kasaoka *et al.* (2000) y Sisk *et al.* (2001), reportaron que el adicionar 1.0 g de ALC a mediano y largo plazo, en ratones, tuvo efecto en la reducción de adipocitos, independientemente de la alimentación ofrecida y regula el consumo de alimento al sentir saciedad en menor tiempo. Zambell *et al.* (2000) encontraron que en humanos el adicionar hasta 3 g/d de ALC, no tuvo efecto lipolítico en los tejidos. Sin embargo, Blankson *et al.* (2000) reportaron que en humanos obesos el complementar de 3 a 6 g/d de ALC durante 12 semanas redujo la masa grasa, en contraste con

los humanos obesos que se complementaron con 9 g de aceite de oliva, aunque, no identificaron los isómeros responsables de la reducción de la masa grasa. Los autores explicaron que esta reducción de tejido graso puede ser posible, debido a procesos bioquímicos y fisiológicos, entre los que destacan cambios en las vías de regulación de energía, aumento de las hormonas adrenalina y noradrenalina, mayor oxigenación y en consecuencia un metabolismo acelerado aumentando la oxidación de las grasas (Ohnuki *et al.*, 2001). Por otra parte, en una revisión de literatura destacan el efecto de los isómeros del ALC en retrasar y mejorar la salud de personas con diabetes mellitus tipo 2 (Belury, 2002). Esto se debe según lo reportado a la acción que ejerce el ALC en bajar la concentración de insulina en ayunas Stangl *et al.* (1999) en cerdos, y en humanos cuando se suplementaron con 6.0 g de ALC durante 8 semanas al limitar la cantidad de grelina reduciendo el consumo de glucosa (Medina, 2000). Esto es debido según Trout *et al.* (2007), a que el índice de sensibilidad a insulina, es consecuencia de que se estimula la captación de glucosa por el tejido muscular y adiposo, donde el *trans*-10, *cis*-12 es el isómero biológicamente activo que retarda la aparición de diabetes tipo 2. Los autores concluyen que no está claro como intervienen los isómeros de ALC y se necesita investigación para la medición directa de los factores benéficos para los diabéticos. Esto se sustenta por lo que reportaron Eyjolfson *et al.* (2004), cuando se complementó 4 g/d de ALC donde estaban presentes los isómeros *cis*-9, *trans*-11 y *trans*-10, *cis*-12, en jóvenes sedentarios, donde se mejoró el índice de sensibilidad a insulina. En el caso de las enfermedades cardiovasculares y cáncer, se tienen registros científicos de las mejoras al complementar con ALC. HA *et al.* (1990) reportaron que en ratones complementados por ALC, se inhibieron la formación de tumores en el estómago y cabeza de los mismos. En estudios donde se redujeron las células cancerígenas de mama y próstata introducidas en ratones alimentados con 1.0 g de ALC, concluyendo que el ALC es un potente inhibidor de las células malignas (Visonneau *et al.*, 1997; Cesano *et al.*, 1998). Belury (2002) reporta en

una revisión de literatura que el ALC también tiene efecto sobre el sistema inmunológico, regulando la síntesis de citocinas y la inflamación muscular, siendo esto posible por los eicosanoides derivados del araquidónato, estos a su vez provienen de las vías ciclooxigenasa y lipoxigenasa. Estos resultados obtenidos de diferentes investigaciones son la base para estudios futuros en humanos, donde el ALC es un importante metabolito presente en la carne como alimento funcional.

1.3.5 Ácido linoleico conjugado y estrategias para modificar su concentración en la carne

En una revisión de literatura, León-Sánchez *et al.* (2014) indicaron que el ALC naturalmente proviene de productos de origen animal, entre ellos se encuentran los cárnicos. Las concentraciones de ALC en carne de cerdo, pollo y caballo son menores a 1mg de ALC g⁻¹ y en carne de bovinos y ovinos el rango es de 2.0 a 19 y 4.0 a 10 mg g⁻¹, respectivamente, (Chin *et al.*, 1992; Schmid *et al.*, 2006). En el caso específico de carne de caprinos los estudios enfocados en el perfil de ácidos grasos y en especial del ALC son escasos. Por ejemplo, Lee *et al.* (2017) reportaron una disminución de ALC en la carne de cabras, cuando fueron alimentadas con taninos en la dieta. Adeyemi *et al.* (2016) reportaron un aumento del isómero *cis*-9, *trans*-11 de ALC, en la carne de cabras alimentadas con aceites de oleaginosas. Estos aumentos en la concentración de ALC en la carne se da por diversos factores, donde la alimentación es uno de los más importantes, cuando se alimenta con granos se tiene menor proporción de isómeros de ALC en la carne, que cuando se alimentan con forrajes. Por ejemplo, Realini *et al.* (2004) indicaron que el ALC aumenta en la carne de rumiantes alimentados únicamente en pastoreo. Así mismo, Bas y Sauvant (2001) reportaron que en corderos y terneros alimentados exclusivamente con forrajes, se tuvo una mayor deposición de ALC en la grasa intramuscular. Por otro lado, French *et al.* (2000) reportaron en corderos que la proporción de ALC en la grasa intramuscular fue de 0.91 % cuando se finalizó con concentrado, menor a 1.36 % al finalizarlos con forrajes. Aunque el ALC no se puede sintetizar

en los organismos, el consumo de forrajes genera la formación de este en el rumen, debido a la proporción de ácidos grasos poliinsaturados presentes en los forrajes y se sintetiza por reacciones intermedias durante la biohidrogenación generada por la acción de la biota ruminal. Por tal motivo, el alimentar con granos de cereales ejerce el efecto contrario disminuyendo no solo el ALC, también los ácidos grasos poliinsaturados (Raes *et al.*, 2003; Varela *et al.*, 2004). Se ha reportado que el alimentar directamente con ALC o con aceites que contienen ALC, pueden aumentar los niveles de ALC en la grasa de la carne obtenida de diversas especies (Lawson *et al.*, 2001; Hur *et al.*, 2007). El adicionar aceite de soya y cártamo, los cuales presentan ALC en su perfil de ácidos grasos poliinsaturados, se presentan aumentos en los niveles de los isómeros de ALC, debido que se utilizan como precursores y sintetizadores de ALC en el rumen (Bauman y Griinari, 2003; Sun *et al.*, 2017). Investigaciones en ovinos, indican que cuando se les ofreció aceites de cártamo (Kott *et al.*, 2003; Boles *et al.*, 2005; Zhang *et al.*, 2010) y girasol (Ivan *et al.*, 2001), reportaron un aumento desde 100 a 400 % de los isómeros *cis*-9, *trans*-11 y *trans*-10, *cis*-12 en diferentes tejidos musculares y grasos. Estos cambios en la proporción de los isómeros de ALC son debidos, a que una proporción aproximadamente del 15 % de ácidos grasos poliinsaturados escapa de la biohidrogenación ruminal y llega al intestino y se deposita directamente en los tejidos musculares, al alimentar con mayor proporción de estos puede absorberse más cantidad (Givens *et al.*, 2006). Estos métodos para cambiar el perfil de ácidos grasos son los responsables de que se generen alimentos con mayor beneficio al ser humano.

1.4.CONCLUSIONES

Los alimentos funcionales no solo son de origen vegetal, también pueden ser de origen animal en este caso la carne de cabra. El ácido linoleico conjugado es un ingrediente presente en la carne de la mayoría de rumiantes, siendo los isómeros *cis*-9, *trans*-11 y *trans*-10, *cis*-12 los que tienen efectos benéficos para la salud, como efecto lipolítico, regulación de la glucosa en pacientes diabéticos, anticancerígenos y prevención de enfermedades cardio vasculares. El ácido linoleico conjugado está presente en la carne con diferentes proporciones modificándose principalmente por el tipo de alimentación.

1.5.LITERATURA CITADA

- Adeyemi, K. D., Azili, A. Q., Ebrahimi, M., Samsudin, A. A., Alimon, A. R., and Karim R. 2015. Effects of blend of canola oil and palm oil on nutrient intake and digestibility, growth performance, rumen fermentation and fatty acids in goats. *Animal Sci. J.* doi:10.1111/asj.12549
- Adeyemi, K. D., Sabow, A. B., Abubakar, A., Samsudin, A. A., and Sazili, A. Q. 2016. Effects of dietary oil blend on fatty acid composition, oxidative stability and physicochemical properties of Longissimus thoracis et lumborum muscle in goats. *Animal Sci. J.* 87(11), 1421-1432.
- Andújar, G., Pérez, D., y Venegas, O. 2003. Química y bioquímica de la carne y los productos cárnicos. Ed. Universitaria. Habana, Cuba. 125p.
- Barceló-Coblijn, G., and Murphy, E. 2009. Alpha-linolenic acid and its conversion to longer chain n-3 fatty acids: Benefits for human health and a role in maintaining tissue n-3 fatty acids levels. *Prog. Lipid. Res.* 48; 355-74.
- Bas, P., y Sauvant, D. 2001. Variation de la composition des dépôts lipidiques chez les bovins. *INRA Prod. Anim.*, 14: 311-322.
- Bastida, C. S. 2005. Dieta equilibrada. Viejos conceptos, nuevas ideas. Fundación española de nutrición (FEN). Cap. 1. 9p.
- Basu, S., Smedman, A., and Vessby, B. 2000. Conjugated linoleic acid induces lipid peroxidation in humans. *FEBS Lett.* 468:33-36.
- Bauman, D. E., and Griinari, J. M. 2003. Nutritional regulation of milk fat synthesis. *Annu. Rev. Nutr.* 23, 203-227.
- Belury, M. A. 2002. Dietary conjugated linoleic acid in health: physiological effects and mechanisms of Action. *Rev. Nutr.* 22:505-31.
- Bhattacharya, A., Banu, J., Rahman, M., Causey, J., and Fernandes, G. 2006 Biological effects of conjugated linoleic acids in health and disease. *J. Nutr. Biochem.* 17: 789-810.
- Bianchi, G., Garibotto, G., Feed, O., Bentancur, O., y Franco, J. 2006. Efecto del peso al sacrificio sobre la calidad de la canal y de la carne de corderos Corriedale puros y cruza. *Arch. Med. Vet.* 38. N° 2. 5p.

- Blankson, H., Stakkstad, J., Fagertun, H., Thorn, E., Wadstein, J., and Gudmundson, O. 2000. Conjugated linoleic acid reduces body fat mass in overweight and obese humans. *J. Nutr.* 130:2943–48.
- Boles, J. A., Kott, R. W., Hatfield, P. G., Bergman, J. W., and Flynn, C.R. 2005. Supplemental safflower oil affects the fatty acid profile including conjugated linoleic acid of lamb. *Animal Sci. J.* 83, 2175–2181.
- Carrero, J. J., Martín-Bautista, E., Baró, L., Fonollá, J., Jiménez, J., Boza J., y López-Huertas, E. 2005. Efectos cardiovasculares de los ácidos grasos omega-3 y alternativas para incrementar su ingesta. *Nutr. Hosp.* 20 (1). 63-69.
- Cartaxo, F. Q., Sousa, W. H., Leite, M. L. D. M. V., Cezar, M. F., Cunha, M. D. G. G., Viana, J. A., y Cabral, H. B. 2014. Características de carcaça de cabritos de diferentes genótipos terminados em confinamento. *Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.* 15(1). 120-130.
- Cesano, A., Visonneau, S., Scimeca, J. A., Kritchevsky, D., and Santoli, D. 1998. Opposite effects of linolenic acid and conjugated linoleic acid on human prostatic cancer in SCID mice. *Anticancer Res.* 18:833–38.
- Changhua, L., Jindong, Y., Defa, L., Lidan, Z., Shiyan, Q., and Jianjun, X. 2005 Conjugated linoleic acid attenuates the production and gene expression of proinflammatory cytokines in weaned pigs challenged with lipopolysaccharide. *J. Nutr.* 135: 239-244.
- Chin, S. F., Liu, W., Storkson, J. M., Ha, Y. L., and Pariza, M. W. 1992. Dietary sources of conjugated dienoic isomers of linoleic acid, a newly recognized class of anticarcinogens. *J. Food Compos. Anal.* 5(3): 185-197.
- Chin, S. F., Storkson, J. M., Karan, W. L., Albright, J., and Pariza, M. W. 1994. Conjugated linoleic acid (9-11 and 10,12-octadecadienoic acid) is produced in conventional but not germ-free rats fed linoleic acid. *J. Nutr.* 124: 694-710.
- Cook, M. E., Jerome, D. L., Buege, D. R., Russell, R. L., Crenshaw, T. C., Storkson, J., and Scimeca, J. A. 1997. Conjugated linoleic acid (CLA) reduces backfat thickness, increases percent lean and improves feed efficiency in pigs. Food Research Institute, *Univ. Wisconsin, 1997 Annual Mtg.* (poster abstr.).
- Dan S. H., Kyla, G., López, A., and Jeff, W. S. 2010. La calidad de la carne bovina y grados de rendimiento. *Ed. AgríLife de Texas A&M.* College Station, TX. 35p.

- Dhanda, J. S., Taylor, D. G., Murray, P. J., and McCosker, J. E. 1999. The influence of goat genotype on the production of Capretto and Chevon carcasses, Chemical composition of muscle and fatty acid profiles of adipose tissue. *Meat Sci.* 52:375-379.
- Eyjolfson, V., Spriet, L. L., and Dyck, D. J. 2004. Conjugated linoleic acid improves insulin sensitivity in young, sedentary humans. *Medicine Sci. Sports Exerc.* 36(5): 814-820.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2011. FAOSTAT. Estadística en línea. Consultado el 9 de enero de 2018. www.fao.org/docrep/012/i0680s/i0680s02.pdf
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2012. FAOSTAT. Estadística en línea. Consultado el 9 de enero de 2018. www.fao.org/docrep/012/i0680s/i0680s02.pdf
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2014. FAOSTAT. Estadística en línea. Consultado el 10 de enero de 2018. <http://www.fao.org/assets/infographics/FAO-Infographic-milk-facts-es.pdf>
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2015. Código de prácticas de higiene para la carne. Consultado el 9 de enero de 2018. www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/backgr_composition.html
- Forouhi, N. G., Koulman, A., Sharp, S. J., Imamura, F., Kröger, J., Schulze, M. B., Francesca L. C., Wareham, N. J. 2014. Differences in the prospective association between individual plasma phospholipid saturated fatty acids and incident type 2 diabetes: the EPIC-InterAct case-cohort study. *The Lancet Diab. Endoc.* 2(10): 810-818.
- French, P., Stanton, C., Lawless, F., O'Riordan, E. G. Monahan, F. J., Caffrey, P. J., and 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. *Animal. Sci. J.* 78: 2849-2855.
- Gallo, C., y Tadich, B. N. 2008. Bienestar animal y calidad de carne durante los manejos previos al faenamiento en bovinos. *REDVET.* 2008. Vol. 9(10). 18p.
- Givens, D. I., Kliem, K. E., and Gibbs, R. A. 2006. The role of meat as a source of n3 polyunsaturated fatty acids in the human diet. *Meat Sci.* 74(1): 209-218.

- Guerrero, C. M. M. 2010. La caprinocultura en México, una estrategia de desarrollo. *RUDICS* vol. 1. Núm. 1. Unam, D.F. México. 8p.
- Hui, H. Y., Guerrero, I., y Rosmini, M.R., 2006. Ciencia y Tecnología de Carnes. Ed. Limusa Noriega Editores. México, 643 p.
- Hur, S. J., Park, G. B., and Joo, S. T. 2007. Biological activities of conjugated linoleic acid (CLA) and effects of CLA on animal products. *Livest. Sci.* 110, 221–229.
- INIFAP (Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2013. Guía práctica para la Evaluación de la Canal Caprina. No. 4. Colon, Querétaro. México. 110p.
- Ivan, M., Mir, P. S., Koenig, K. M., Rode, L. M., Neill, L., Entz, T., and Mir, Z. 2001. Effects of dietary sunflower seed oil on rumen protozoa population and tissue concentration of conjugated linoleic acid in sheep. *Small Rumin. Res.* 41, 215–227.
- Karami, M., Ponnampalam, E., and Hopkins, D. 2013. The effect of palm oil or canola oil on feedlot performance, plasma and tissue fatty acid profile and meat quality in goats. *Meat Sci.* 94, 165–169.
- Kesava Rao, V., Kowale, B. N., and Verma, A. K. 2002. Effect of feeding water washed neem (*Azadirachta indica*) seed kernel cake on the quality, lipid profile and fatty acid composition of goat meat. *Small Rumin. Res.* 22,1-7.
- Kim, Y. J., Liu, R. H., Bond, D. R., and Russell, J. B. 2000. Effect of linoleic acid concentration on conjugated linoleic acid production by *Butyrivibrio fibrisolvens* A38. *Appl. Environ. Microbiol.* 12: 5226-5230.
- Kontogianni, M. D., Panagiotakos, D. B., Pitsavos, C., Chrysohoou, C., and Stefanadis, C. 2008. Relationship between meat intake and the development of acute coronary syndromes: The CARDIO2000 case–control study. *European J. Clin. Nut.* 62(2): 171-177.
- Kott, R. W., Hatfield, P. G., Bergman, J. W., Flynn, C. R., Van Wagoner, H., and Boles, J. 2003. Feedlot performance, carcass composition, and muscle and fat CLA concentrations of lambs fed diets supplemented with safflower seeds. *Small Rumin. Res.* 49, 11–17.

- Lawrie, R. A. 1998. Ciencia de la carne. Tercera edición Ed. Acribia, S. A. Zaragoza, España. 367p.
- Lawson, R. E., Moss, A. R., and Givens, D. I. 2001. The role of dairy products in supplying conjugated linoleic acid to man's diet: a review. *Nutr. Res. Rev.* 14, 153–172.
- Lee, J. H., Min, B. R., and Lemma, B. B. 2017. Quality characteristics of goat meat as influenced by condensed tannins-containing pine bark. *J. Small Rumin. Res.* 146. 28–32.
- Lee, K. N., Kritchevsky, J., and Pariza, M. W. 1994. Conjugated linoleic acid and atherosclerosis in rabbits. *Atherosclerosis.* 108:19-25.
- León-Sánchez, J. R., Salgado-Cruz, M., Sánchez-Mundo, M., y Cortez-Sánchez, A. J. 2014. Ácido linoleico conjugado: de la naturaleza al uso de la biotecnología. *Rev. Cub. Qui* 26(3). 24p.
- Madruga, M. S., Resosemito, F. S., Narain, N., Souza, W. H., Cunha M. G. G., y Ramos, J. L. F. 2006. Efecto de las condiciones de crecimiento de cabras en la calidad físico-química y química de su carne. *Cie. Tecno. Alim.* 5:2, 100-104. DOI: 10.1080/11358120609487678.
- Mahfouz, M. M., Valicenti, A. J., and Holman, R. T. 1980. Desaturation of isomeric trans-octadecenoic acid by rat liver microsomes. *Biochim. Biophys;* 618:1-12.
- María, G. A., Villaroel, M., Suñudo, C., Olleta, J. J., and Gebresenbet, G. 2003. Effect of transport time and ageing on aspects of beef quality. *Meat Science* 65. 1335-1340pp.
- Medina, E. A., Horn, W. F., Keim, N. L., Havel, P. J., and Benito, P. 2000. Conjugated linoleic acid supplementation in humans: effects on circulating leptin concentrations and appetite. *Lipids* 35:783–88.
- Moon, H. S. 2014. Biological effects of conjugated linoleic acid on obesity-related cancers. *Chemico-Biological Inter.* (224):189-195.
- Mozaffarian D, Katan M. B., Ascherio A., Stampfer M. J., and Willett W. C. 2006. *Trans* fatty acids and cardiovascular disease. *New England J. Medi.* 354: 1601-1613.
- O’Shea, M., Bassaganya-Riera, J., and Mohede, I. C. (2004) Immunomodulatory properties of conjugated linoleic acid. *Am. J. Clin. Nutr.* 79: 1199-1206.

- Ohnuki, K., Haramizu, S., Oki, K., Ishihara, K., and Tushiki, T. 2001. A single oral administration of conjugated linoleic acid enhanced energy metabolism in mice. *Lipids* 37:583–87.
- OMS (Organización Mundial de la Salud). 2015. Carcinogenicidad del consumo de carne roja y de la carne procesada. Consultado el 19 de marzo de 2018 en: <http://www.who.int/features/qa/cancer-red-meat/es/>
- Ponce, P. I., La O, M., Rojas, G. N., y Fonseca, N. 2012. Sistemas familiares de producción de pequeños rumiantes. Programa Ramal de Ganado Menor. Instituto “Jorge Dimitrov”. Cuba. 5p.
- Raes, K., De Smet, S., Balcaen, A., Claeys E., and Demeyer, D. 2003. Effect of diets rich in N-3 polyunsaturated fatty acids on muscle lipids and fatty acids in Belgian Blue double muscled young bulls. *Reprod. Nutr. Dev.*, 43: 331.345.
- Realini, C., Duckett, S., Brito, G., Dalla Rizza, M., and De Mattos, D. 2004. Effect of pasture vs. concentrate feeding with or without antioxidants on carcass characteristics, fatty acid composition, and quality of Uruguayan beef. *Meat Sci.* 66:567-577.
- Rebollar-Rebollar, S., Hernández-Martínez, J., García-Salazar, J. A., García-Mata, R., Torres-Hernández, G., Bórquez-Gastélum, J. L., Mejía-Hernández, P. 2007. Canales y márgenes de comercialización de caprinos en Tejupilco y Amatepec, Estado de México. *Agrociencia*, 41:363-370.
- Rhee, K. S., Waldron, D. F., Ziprin, Y. A., and Rhee, K. C. 2000. Fatty acids composition of goats diets versus intramuscular fat. *Meat Sci.* 54, 313-318.
- Saadoun, A., & Cabrera, M. C. (2013). Calidad nutricional de la carne bovina producida en Uruguay. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 21(2), 119p.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, pesca y Alimentación). 2010. Manual de buenas prácticas en producción de leche caprina. http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Publicaciones/Lists/Manuales%20de%20Buenas%20Prcticas/Attachments/3/manual_cabra.pdf
- Sanhueza Julio, C., Susana Nieto, K., y Alfonso Valenzuela, B. 2002. Ácido linoleico conjugado: un ácido graso con isomería *trans* potencialmente beneficioso. *Rev. Chil. Nutr.* 29.(2). 9p.

- Savoini, G., Agazzi, A., Invernizzi, G., Cattaneo, D., Pinotti, L., y Baldi, A. 2010. Polyunsaturated fatty acids and choline in dairy goats nutrition: Production and health benefits. *Small Rumin. Res.* 88. 135–144.
- Schmid, A., Collomb, M., Sieber, R., and Bee, G. 2006. Conjugated linoleic acid in meat and meat products: A review. *Meat Sci.* 73(1): 29-41.
- Sedó, M. P. 2002. El mercado de los alimentos funcionales y los nuevos retos para la educación alimentaria – nutricional. *Rev. costarric. salud pública.* 11(20). 8p.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2014. Población ganadera. Consultado el 7 de enero de 2018. <http://www.siap.gob.mx/poblacion-ganadera/>.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2015. Resumen nacional anual pecuario. Consultado el 7 de enero de 2018. <http://www.siap.gob.mx/resumen-nacional-pecuario/>.
- Silveira-Rodríguez., Manuela-Belén., Monereo-Megías., y Molina-Baena, B. 2003. Functional Foods and Optimum Nutrition: Way or Away. *Rev. Española Salud Púb.* 77(3), 317-331.
- Sinclair, L. A., Cooper, S. L., Chikunya, S., Wilkinson, R. G., Hallett, K. G., Enser, M., and Wood, J. D. 2005. Biohydrogenation of n3 polyunsaturated fatty acids in the rumen and their effects on microbial metabolism and plasma fatty acid concentrations in sheep. *Animal Sci. J.* 81, 239–248.
- Sisk, M., Hausman, D., Martin, R., and Azain, M. 2001. Dietary conjugated linoleic acid reduces adiposity in lean but not obese Zucker rats. *J. Nutr.* 131:1668–74.
- Soto-Rodríguez I, Pulido-Camarillo E, HernándezDiaz G, Alexander-Aguilera A, y Garcia HS (2011) A CLA enriched diet improves organ damage associated with the metabolic syndrome in spontaneous hypertensive rats. *Gras. Acei.* 62: 49-54.
- Stangl, G. I., Muller, H., and Kirchgessner, M. 1999. Conjugated linoleic acid effects on circulating hormones, metabolites and lipoproteins, and its proportion in fasting serum and erythrocyte membranes of swine. *Eur. J. Nutr.* 38:271–77.
- Sun, J. H. Hyeong, S. K. Young, Y. B. and Yeonhwa, P. 2017. Overview of conjugated linoleic acid formation and accumulation in animal products. *Liv. Sci.* 195:105–111.

- Tolman, K. G., Fonseca, V., Dalpiaz, A., and Tan, M. H. 2007. Spectrum of liver disease in type 2 diabetes and management of patients with diabetes and liver disease. *Diabetes Care*. 30(3): 734-743.
- Trout, K. K., Homko, C., and Tkacs, N. C. 2007. Methods of measuring insulin sensitivity. *Biol. Res. Nursing*, 8(4): 305-318.
- Tsuboyama-Kasaoka, N., Takahashi, M., Tanemura, K., Kim, H. J., and Tange, T. 2000. Conjugated linoleic acid supplementation reduces adipose tissue by apoptosis and develops lipodystrophy in mice. *Diabetes* 49:1534–42.
- Varela, A., Oliete, B., Moreno, T., Portela, C., Montserrat, L., Carballo, J. A., and Sánchez, L. 2004. Effect of pasture finishing on the meat characteristics and intramuscular fatty acid profile of steers of the Rubia Gallega breed. *Meat Sci*. 67: 515-522.
- Vergara, H., y Gallego, L. 2000. Effect of electrical stunning on meat quality of Lamb. *Meat Sci*. 56. 345-349.
- Visonneau, S., Cesano, A., Tepper, S. A., Scimeca, J. A., Santoli, D., and Kritchevsky, D. 1997. Conjugated linoleic acid suppresses the growth of human breast adenocarcinoma cells in SCID mice. *Anticancer Res*. 17:969–74.
- Watkins, P. A. 2013. Metabolism. Kennedy Krieger Institute and Johns Hopkins University School of Medicine. Baltimore, MD, USA. 11p.
- Yurawecz, M. P., Roach, J. A., Sehat, N., Mossoba, M. M., Kramer, J. K., Frisvold, J., Steinhart, H., and Ku, K. 1998. A new conjugated linoleic acid isomer, 7 *trans*, 9 *cis*-octadecadienoic acid, in cow milk, cheese, beef and human milk and adipose tissue. *Lipids*. 33: 803-809.
- Zambell, K. L., Keim, N. L., Van Loan, M. D., Gale, B., and Benito, P. 2000. Conjugated linoleic acid supplementation in humans: effects on body composition and energy expenditure. *Lipids* 35:777–82.
- Zhang, W., Xiao, S., Samaraweera, H., Lee, E. J., and Ahn, D. U. 2010. Improving functional value of meat products. *Meat Sci*. 86, 15–31.

CAPÍTULO II. ADICION DE ÁCIDO LINOLEICO CONJUGADO PROTEGIDO EN LA DIETA DE CABRAS ADULTAS EN LA ZONA DESÉRTICA DE MÉXICO: RESPUESTA EN COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO

2.1.RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar la respuesta productiva de cabras adultas alimentadas con diferentes concentraciones de ácido linoleico conjugado protegido en su dieta. Se utilizaron 15 cabras adultas locales de La Comarca Lagunera, de tercer parto, peso vivo inicial de 33.11 ± 6.7 kg y 11 ± 7 días en leche. Los animales fueron alojados en corrales individuales y distribuidos en tres grupos de cinco animales cada uno. A cada grupo se le asignó un tratamiento al azar: 1) dieta base con 0, 2) 50 y 3) 90 g animal d^{-1} de ácido linoleico conjugado protegido. Se evaluaron consumo diario de materia seca, ganancia diaria de peso, eficiencia alimenticia, conversión alimenticia, grasa dorsal, rendimiento de canal caliente y rendimiento de canal frío. Se utilizó un diseño completamente al azar utilizando Proc GLM y la prueba de Tukey para la comparación de medias. La ganancia diaria de peso se analizó con un diseño completamente al azar con mediciones repetidas, utilizando Proc Mixed; el modelo contenía los efectos de tratamiento, tiempo (semanas) y la interacción entre ellos; el peso vivo inicial se usó como covariable. No se observaron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre tratamientos en las variables evaluadas, excepto en rendimiento de canal frío, que disminuyó cuando se adicionó 90 g d^{-1} de ácido linoleico conjugado protegido, a la dieta de las cabras. Complementar con ácido linoleico conjugado protegido en la dieta de cabras lactantes adultas, no ofrece beneficios en el comportamiento productivo.

Palabras clave: ganancia diaria de peso, cabras locales, rendimiento de canal.

ADDITION OF CONJUGATED LINOLEIC ACID PROTECTED IN THE DIET OF ADULT GOATS IN THE DESERT ZONE OF MEXICO: RESPONSE IN ANIMAL PERFORMANCE

2.2.ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the productive response of adult goats fed with different concentrations of protected conjugated linoleic acid in their diet. We used 15 local adult goats from the Comarca Lagunera, third calving, initial live weight of 33.11 ± 6.7 kg and 11 ± 7 days in milk. The animals were housed in individual pens and distributed in three groups of five animals each. Each group was assigned a randomized treatment: 1) base diet with 0, 2) 50 and 3) 90 g animal day⁻¹ of conjugated linoleic acid. Daily dry matter intake, daily weight gain, feed efficiency, feed conversion, dorsal fat, hot carcass yield and cold carcass yield were evaluated. A completely randomized design was used using Proc GLM and the Tukey test for the comparison of means. The daily weight gain was analyzed with a completely randomized design with repeated measurements, using Proc Mixed; the model contained the effects of treatment, time (weeks) and the interaction between them; the initial live weight was used as a covariate. No significant differences were observed ($P > 0.05$) between treatments in the variables evaluated, except in cold channel yield, which decreased when 90 g d⁻¹ of protected conjugated linoleic acid was added to the diet of the goats. Complementing with protected conjugated linoleic acid in the diet of adult lactating goats does not offer benefits in animal performance.

Key words: daily weight gain, local goats, carcass yield.

2.3.INTRODUCCIÓN

Las cabras tienen ventaja en relación a otras especies domésticas, por su adaptabilidad a condiciones adversas y su alimentación basada en forrajes que otras especies no consumen. En el continente Americano, Brasil y México destacan como los principales productores de caprinos, aportando el 25 y 24 % del total de animales, respectivamente (FAO, 2011). En el caso de México, se tiene documentada una población de 8, 687,814 cabras (SIAP, 2014) distribuidas en la zona Árida y Semiárida 39.7%, Centro Bajío 21.4%, Mixteca 26.4%, y Zona Tropical 12.4% (INIFAP, 2013). Anualmente se producen 39, 390 Ton. de carne de cabra (SIAP, 2016), que representa el 6 % de la producción de carne en el país, cifra que pudiese incrementar si se implementara un sistema de complementación. Galina *et al.* (1995) reportaron que cabras en lactación pastoreando en agostaderos con especies forrajeras nativas, el consumo diario de materia seca incrementó de 1.0 a 1.4 kg, cuando se complementaron con subproductos industriales, agrícolas y concentrado, y bien pudiera significar incremento en las ganancias de peso. Aunque Sánchez *et al.* (2003) encontraron que cabras en postparto en pastoreo no modifican la ganancia diaria de peso cuando son complementados con una mezcla de melaza y minerales, ganando apenas 64 g/d de peso vivo. Este panorama conduce a la búsqueda de otras alternativas que involucran integrar a la dieta ingredientes con alto contenido de ácidos grasos insaturados, como semillas de oleaginosas y aceites vegetales, donde el ácido linoleico conjugado (ALC) cumpliría una función importante en el comportamiento productivo de las cabras (Wiegand *et al.*, 2001). En el caso de cerdos el adicionar ALC en su dieta, mejora el comportamiento productivo (Cook *et al.*, 1997; Corino *et al.*, 2003), lo mismo en becerros (Flores-Díaz *et al.*, 2006), pero no en toretes (Gillis *et al.*, 2004), vacas lecheras en pastoreo (Granados-Rivera *et al.*, 2017) ni en corderos (Wynn *et al.*, 2006).

En cabras, los estudios son nulos, a pesar que la producción caprina contribuye de manera importante a la producción pecuaria, en México, se enfoca básicamente a la producción de leche y cabrito, siendo este último el más importante a nivel socioeconómico (Vargas *et al.* 2016). Adicionalmente, otro producto no menos importante es la cabra adulta, generalmente considerada de desecho, del cual no existe un mercado asentado, solo compradores ocasionales, particularmente en la zona norte del país, que las trasladan a centros de acopio o carnicerías locales a precios bajos, cuyo destino final es la preparación de birria, un platillo local que representa una entrada económica para productores a pequeña escala. Desafortunadamente no existe información reportada al respecto, más allá de caracterizaciones genéticas, consumo *per cápita* de carne y aspectos socioeconómicos (Rebollar-Rebollar *et al.*, 2012). Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar la respuesta productiva de cabras adultas alimentadas con diferentes concentraciones de ácido linoleico conjugado protegido en su dieta en la zona desértica de México.

2.4.MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Unidad Experimental Caprina del INIFAP, Campo Experimental La Laguna, en Matamoros, Coahuila, México (25.5332 LN, -103.2411 LO, 1100 msnm), duró 63 días, de los cuales 14 días fueron de adaptación y 49 días de experimento, el día posterior se llevaron las cabras al rastro municipal de Matamoros, Coahuila y se sacrificaron sin aturdimiento. Se utilizaron 15 cabras adultas locales, de tercer parto, peso vivo inicial de 33.11 ± 6.7 kg y 11 ± 7 días en leche. Los animales se distribuyeron homogéneamente en tres grupos de cinco cabras cada uno, y fueron alojados en corrales individuales con agua fresca *ad libitum*. Cada grupo de animales le fue asignado aleatoriamente uno de los tres tratamientos evaluados, 1) dieta base con 0, 2) 50 y 3) 90 g ALCp animal⁻¹ d⁻¹. Se les ofreció 2.5 kg d⁻¹ de la dieta en base fresco, repartida equitativamente a las 8:00 y 14:00 h. El ALCp (Lutrell[®] Pure BASF,

Alemania) se mezcló con el alimento según correspondía. La dieta base (Cuadro 1) se formuló de acuerdo con los requerimientos para cabras lecheras del NRC (2007).

Cuadro 1. Composición alimenticia y química de la dieta base, en base seca.

Composición alimenticia (%)	
Grano de maíz	17.1
Grano de sorgo	17.1
Salvado de trigo	9.0
Pasta de soya	9.0
Urea	1.2
Melaza	4.8
Rastrojo de maíz	8.0
Heno de alfalfa	32.0
Premezcla de vitaminas y minerales*	1.8
Composición química (% MS)	
Materia seca	90.2
Proteína total	11.4
Fibra detergente neutro	35.4
Fibra detergente ácido	20.5
EMb (Mcal kg MS ⁻¹)	2.6

*Premezcla de vitaminas y minerales: Ca 1.8 %, P 24 %, Mg 3 %, Na 2 %, Cl 8 %, K 12 %, S 0.50 %, antioxidante 0.05 %, lasolacida 2000 ppm, Cr 5 ppm, Mn 4000 ppm, Fe 2000 ppm, Zn 5000 ppm, I 100 ppm, Se 30 ppm, Co 60 ppm, vitamina A 500 000 UI, vitamina D 150 000 UI y vitamina E 1000 UI. Nota: En el alimento se determinaron en laboratorio las variables de materia seca, proteína total, extracto etéreo con la técnica de AOAC (2000), fibra detergente neutro y fibra detergente ácido con el método de Van Soest *et al.* (1991).

Se evaluó consumo diario de materia seca, ganancia diaria de peso, eficiencia alimenticia, conversión alimenticia, grasa dorsal, rendimiento de canal caliente y rendimiento de canal frío.

El consumo diario de materia seca se calculó pesando el alimento ofrecido, menos el alimento residual diario. La ganancia diaria de peso se calculó con la diferencia entre el peso vivo inicial y el peso vivo final entre 49 días transcurridos al sacrificio, las cabras se pesaron una vez por semana durante el periodo experimental con una báscula portátil (Torrey®, capacidad 200 kg \pm 10 g). La eficiencia alimenticia se calculó dividiendo la ganancia diaria de peso entre el consumo de materia seca, y la conversión alimenticia dividiendo el consumo de materia seca entre la ganancia de peso. La grasa dorsal se midió en la parte superior del músculo *Longissimus dorsi* usando un vernier digital (Somet Inox: 6 pulg/150 mm). El rendimiento de

canal caliente se obtuvo dividiendo el peso de la canal después del sacrificio entre el peso vivo final antes del sacrificio multiplicado por 100. El rendimiento de canal frío se calculó dividiendo el peso de la canal 24 horas después del sacrificio entre el peso vivo final antes del sacrificio multiplicado por 100.

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar, y los datos fueron analizados utilizando el Proc GLM (SAS, 2008). La prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) se usó para la comparación de medias. La ganancia diaria de peso se analizó con un diseño Completamente al Azar con mediciones repetidas, utilizando Proc Mixed. El modelo contenía los efectos de tratamiento, tiempo (semanas) y la interacción entre ellos. El peso vivo inicial se usó como covariable.

2.5.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se presentan en el (Cuadro 2).

Cuadro 2. Comportamiento productivo de cabras adultas complementadas con diferentes niveles de ácido linoleico conjugado protegido en la dieta.

VARIABLE	Tratamientos, ALCp g d ⁻¹			EEM*	P	DE
	0	50	90			
CDMS (Kg/d)	1.82a	1.75a	1.62a	0.042	0.146	0.165
GDP (Kg/d)	0.12a	0.14a	0.11a	0.010	0.517	0.039
EA	0.06a	0.08a	0.07a	0.005	0.532	0.020
CA	16.21a	12.08a	14.69a	1.131	0.345	4.382
RCC (%)	42.89a	42.23a	42.92a	0.608	0.889	2.358
RCF (%)	42.61a	42.58ab	38.28b	0.707	0.028	2.739
GD (mm)	3.0a	3.18a	3.10a	0.058	0.473	0.225

Valores seguidos con diferente letra en la misma fila, son diferentes significativamente ($P \leq 0.05$). CDMS, consumo diario de materia seca; GDP, ganancia diaria de peso; EA, eficiencia alimenticia; CA, conversión alimenticia; RCC, rendimiento de canal caliente; RCF, rendimiento de canal frío; GD, grasa dorsal; ALCp, ácido linoleico conjugado protegido DE, desviación estándar; *EEM=Error Estándar de la Media.

2.5.1 Consumo diario de materia seca y ganancia diaria de peso

El consumo diario de materia seca ($P > 0.05$) promedió 1.72 kg, el cual está dentro del rango sugerido por el NRC (2007), de 3.5 a 4 % del peso vivo del animal. El no haber encontrado diferencias significativas entre tratamientos, hace pensar que existen otros factores

involucrados más que el ALC. Por ejemplo, Wynn *et al.* (2006) y Thiel-Cooper *et al.* (2001), quienes tampoco encontraron diferencia en consumo de materia seca en ovinos y cerdos, aun adicionando concentraciones elevadas de ALC, argumentaron que más que el ALC, el factor determinante es la naturaleza del alimento ofrecido. Rodríguez-Zamora y Elizondo-Salazar (2012), y Elizondo-Salazar (2015) reportaron consumos diarios de materia seca menores a los encontrados en las cabras del presente estudio, debido al alto contenido de fibra en el alimento, particularmente fibra detergente neutro, que genera menor tasa de pasaje y por lo tanto llenado de rumen en menor tiempo, reduciendo el consumo de materia seca (Ramírez, 2016). Nunes-Medeiros *et al.* (2010) reportaron 762.0 vs 623.4 g/d de consumo de materia seca en ganado caprino machos y hembras, respectivamente, mucho menores a los encontrados en las cabras de nuestro estudio, dada su alimentación a base de concentrado. A este respecto, Quiroz-Cardoso *et al.* (2015) reportaron que cabras locales incrementaron el consumo de materia seca de 142 a 293 g/d cuando se cambió la alimentación a base de forrajes por frutos de diferentes acacias, argumentando que ello se debió al sabor dulce y por lo tanto más palatable, particularmente si consideramos que las cabras son altamente selectivas, cuya preferencia es mayor por los alimentos azucarados (Fernández y Sánchez-Seiquer, 2002). Ello lleva a pensar que el mayor consumo diario de materia seca de las cabras en el presente estudio se debió al cambio de alimentación de forrajes en agostadero ha concentrado comercial complementado con ALC, que pudo ser más palatable (Pinheiro *et al.*, 2008).

Complementar con ALCp tampoco afectó la ganancia diaria de peso de las cabras, cuyo promedio fue 0.12 kg/d. Sin embargo, es interesante observar que de manera general la ganancia de peso a través del tiempo, varió considerablemente, particularmente en las primeras dos semanas, cuando ésta fue mayor (Figura 1). Este comportamiento quizá se deba al efecto compensatorio de las cabras (La O Arias *et al.*, 2013), ya que ellas provenían de un sistema de producción extensivo donde la alimentación en agostaderos está basada en gramíneas con bajo

valor nutrimental. Consecuentemente, al cambiar al sistema estabulado, la alimentación cambió a concentrado, cuyo contenido de proteína y energía es mayor, y por tanto mejor respuesta. Al respecto, Mahouachi *et al.* (2012) reportaron incremento en la ganancia diaria de peso de 35 a 55 g/d, en cabras locales de Túnez, mientras Gusha *et al.* (2015) reportaron que el incremento en la ganancia de peso en cabras Pequeño del Este de África de 235 a 282 g/d fue al cambiar la alimentación basada en forrajes a nopal más concentrado comercial. Es pertinente mencionar que las cabras del presente estudio estaban en lactación, lo cual no les permitió obtener valores mayores de ganancia diaria de peso, debido al incremento de necesidades nutritivas que trae consigo la lactancia, comprometiendo el gasto de energía, y consecuentemente afectando negativamente la ganancia de peso (Galvis *et al.*, 2003), que fue mucho menor, incluso a 0.23 kg/d reportados para cabritos Boer (Meza *et al.*, 2008). Esta diferencia, además podría indicar el efecto genético, toda vez que razas especializadas tienen mejores ganancias de peso.

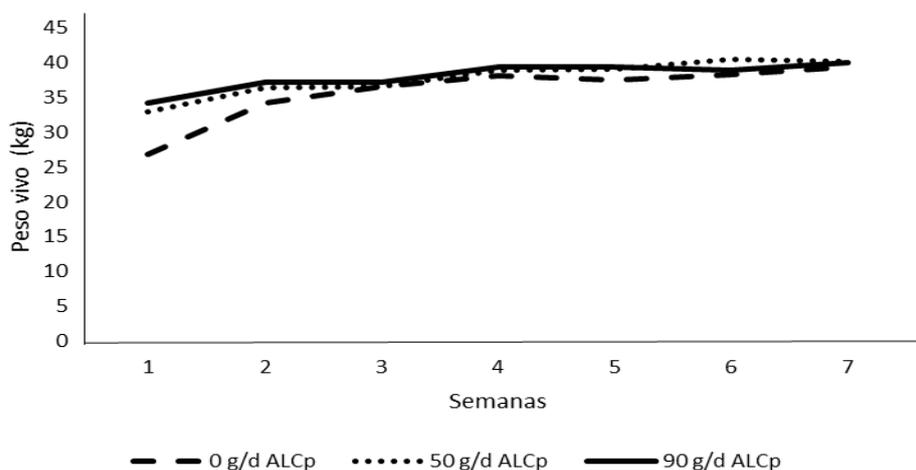


Figura 1. Peso vivo de cabras adultas a través del tiempo, alimentadas con 0, 50 y 90 g/animal/día de ácido linoleico conjugado protegido en la dieta.

2.5.2 Eficiencia y conversión alimenticia

La eficiencia y la conversión alimenticia no fueron diferentes entre tratamientos ($P>0.05$), con valores promedio de 0.07 y 14.32, respectivamente. Schlegel *et al.* (2012) tampoco encontraron diferencias en eficiencia y conversión alimenticia en toretes complementados con 250 g/animal/día de ALCp, concluyendo que aun complementando con niveles altos de ALC, incluso mayores a los utilizados en nuestro estudio, no existe efecto en comportamiento productivo. Contrariamente, Wiegand *et al.* (2001) reportaron que cerdos complementados con ALC, la eficiencia y conversión alimenticia incrementó. Nunes-Medeiros *et al.* (2010) reportaron que en ganado caprino los machos son más eficientes que las hembras en convertir nutrientes a carne, particularmente cuando su dieta es de mejor calidad. Desafortunadamente son escasos los estudios de esta índole en ganado caprino, por lo que es objetivo de nuestro equipo de trabajo seguir investigando en esta área a fin de generar conocimiento básico con el objetivo de mejorar los sistemas de producción caprina.

2.5.3 Grasa dorsal

La grasa dorsal en las cabras del presente estudio tampoco fue diferente ($P>0.05$) con valor promedio de 3.09 mm por adicionar ALCp en su dieta. Este resultado es contrario a lo esperado, ya que de acuerdo a Cook *et al.* (1997), adicionar ALC en cerdos disminuye la grasa dorsal debido al isómero *trans*-10, *cis*-12 de ALC, el cual inhibe la expresión del ARNm, inhibiendo la actividad de la coenzima delta (Δ) 9-desaturasa, que cataliza la biosíntesis de ácidos grasos monoinsaturados y ejerce efectos lipolíticos en los tejidos animales y sus productos principalmente en la leche (Choi *et al.*, 2001; Cohen *et al.*, 2002). Aunque, Wynn *et al.* (2006) tampoco reportaron efecto del ALCp en grasa dorsal de ovejas Mule x Charoláis, argumentando que quizás el isómero *trans*-10, *cis*-12 del ALC no fue ofrecido en cantidades suficientes. Debido al sustento científico que el adicionar ALC en vacas lactantes reduce la grasa en leche (López *et al.*, 2013; Baldin *et al.*, 2014; Granados-Rivera *et al.*, 2017), se

esperaba que también la grasa dorsal en cabras del presente estudio declinara. Sin embargo, no fue así, posiblemente debido a que la ruta metabólica del tejido graso subcutáneo es diferente a la de la grasa en la leche que se forma en glándula mamaria, la cual condiciona la reducción de grasa en leche, pero no en tejidos de grasa de reserva. Considerando que la grasa dorsal es de reserva proveniente de una célula unipotencial llamada adipoblasto, precursora de adipocitos (Mendizábal *et al.*, 2011), su reducción está condicionada a la hipertrofia e hiperplasia de los adipocitos (Mendizábal *et al.*, 2011). Por lo tanto, se hipotetiza que el ALC no influyó en el espesor de la grasa dorsal, en cambio, esta reducción es ocasionada por la ácido graso sintasa (FAS), que produce ácidos grasos de *novo* de los mismos adipocitos y por la lipoproteína lipasa (LPL) que hidroliza las lipoproteínas de la sangre a triglicéridos libres que pueden formar células de grasa (Vernon, 1986).

2.5.4 Rendimiento de canal caliente y frío

El rendimiento de canal caliente promedio fue 42.71 %, sin diferencias entre tratamientos. Schlegel *et al.* (2012) tampoco encontraron diferencias entre tratamientos en rendimiento de canal caliente, en vaquillas complementadas con 100 y 250 g/d/ALCp, atribuyéndolo mayormente a factores como la relación de capacidad de retención de agua y cantidad de grasa en la carne, al generar pérdida de agua en el proceso de matanza. Por otro lado, de acuerdo a Cartaxo *et al.* (2014), el factor genético tiene una función importante en el rendimiento de canal caliente, al reportar valores de 49.58 y 46.14 %, para cabras Anglo Nubiana x raza sin definir y cabras Boer x raza sin definir, respectivamente, superiores a las de las cabras locales de nuestro estudio, la cuales eran razas no especializadas para producción de carne, y adicionalmente, eran adultas, y en lactancia. A este respecto, Peña *et al.* (2011) reportaron mejores rendimientos de canal caliente, 50.99%, para cabritos Criollo Cordobés y Anglo-Nubiana, aunque contradice a Marichal *et al.* (2003), quienes sustentan que, a mayor peso vivo y edad del animal, el rendimiento de canal caliente debe ser mayor.

El rendimiento de canal frío fue diferente significativamente ($P < 0.05$) para cabras con el tratamiento de 90 ALCp g día⁻¹, respuesta que puede deberse al aumento de los isómeros *trans*-10, *cis*-12 y *cis*-9, *trans*-11 de ALC, que llegan al flujo duodenal (Loor *et al.*, 2004), y consecuentemente absorbidos y utilizados en mayor cantidad por el animal. Esto nos plantea la hipótesis que las cabras utilizadas en el presente estudio, al ser alimentadas con concentrado y ALC, absorbieron una cantidad mayor de ácidos grasos insaturados que se almacenaron en el organismo, pudiéndose depositar como reservas energéticas en los tejidos, toda vez que estuvieron estabuladas, donde el gasto de energía fue menor comparado con aquel que podría tenerse en condiciones de pastoreo (Mendizábal *et al.*, 2011). Sin embargo, es importante puntualizar que el aumento de ácido grasos insaturados en carne, disminuye la capacidad de retención de agua (Bianchi *et al.*, 2006), particularmente durante la refrigeración de 24 horas *postmortem* (Peña *et al.*, 2011), situación que podría explicar el menor rendimiento de canal frío en las cabras del presente estudio, dada la complementación con ALC. Cartaxo *et al.* (2014) reportaron 49.27 y 45.80 % de rendimiento de canal frío para cabras Anglo Nubiana x raza sin definir y Boer x raza sin definir, respectivamente, mayores a los encontrados para las cabras locales del presente estudio, lo que sugiere que el efecto genético tiene una función en particular, que contribuye con mayor rendimiento de canal frío para razas especializadas para producción de carne.

2.6.CONCLUSIONES

Los resultados sugieren que la complementación con ácido linoleico conjugado protegido en la dieta de cabras adultas, no ofrece beneficios en el comportamiento productivo, pero si una disminución en el rendimiento de canal fría. Factores involucrados en el comportamiento productivo de cabras lactantes de desecho, como son genética y nutrición, y otros factores como calidad, perfil de ácidos grasos y valor agregado de la carne de caprinos, necesitan ser investigados a fin de generar información al respecto.

2.7.LITERATURA CITADA

- AOAC, 2000. Official Methods of Analysis, 17th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA.
- Baldin, M., Drescha, R., Souzab, J., Fernandes, D., Gamac, M. A. S., Harvatined, K. J. and Oliveiraa, D. E. 2014. CLA induced milk fat depression reduced dry matter intake and improved energy balance in dairy goats. *Small Rumin. Res.* 116: 44– 50.
- Bianchi, G., Garibotto, G., Feed, O., Bentancur, O. y Franco, J. 2006. Efecto del peso al sacrificio sobre la calidad de la canal y de la carne de corderos Corriedale puros y cruza. *Archi. Med. Vet.* 38(2), 161-165.
- Cartaxo, F. Q., Sousa, W. H., Leite, M. L. D. M. V., Cezar, M. F., Cunha, M. D. G. G., Viana, J. A., y Cabral, H. B. 2014. Características de carcaça de cabritos de diferentes genótipos terminados em confinamento. *Rev. Bras. Saúde Produc. Anim* 15(1), 120-130.
- Choi, Y., Park, Y., Pariza, M. W., and Ntambi, J. M. 2001. Regulation of stearyl-CoA desaturase activity by the *trans*-10, *cis*-12 isomer of conjugated linoleic acid in HepG2 cells. *Bioche. Biophys. Res. Commun* 28 4(3): 689-693.
- Cohen, P., Miyazaki, M., Socci, N. D., Hagge-Greenberg, A., Liedtke, W., Soukas, A. A., Sharma, R., Hudgins, L. C., Ntambi, J. M., and Friedman, J. M. 2002. Role for stearyl-CoA desaturase-1 in leptin-mediated weight loss. *Sci.* 297(5579): 240-243.
- Cook, M. E., Jerome, D. L., Buege, D. R., Russell, R. L., Crenshaw, T. C., Storkson, J. & Scimeca, J. A. 1997. Conjugated linoleic acid (CLA) reduces backfat thickness, increases percent lean and improves feed efficiency in pigs. *Food Research Institute, Univ. Wisconsin, 1997 Annual Mtg. (poster abstr.)*.
- Corino, C., Magni, S., Pastorelli, G., Ross, R. and Morout, J. 2003. Effects of conjugated linoleic acid on meat quality, lipid metabolism and sensory characteristics of dry-cured hams from heavy pigs. *J. Anim. Sci.* 81: 2219-2229.
- Elizondo-Salazar, J. A. 2015. Calidad nutricional y consumo de forraje de Maíz (*Zea mays*) y forraje de Estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis*) con o sin alimento balanceado en cabras. *Nut. Anim. Trop.* 9(2). 11-26.

- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2011. FAOSTAT. Estadística en línea. Consultado el 17 de marzo de 2017. www.fao.org/docrep/012/i0680s/i0680s02.pdf
- Fernández, C. y Sánchez-Seiquer, P. 2002. Aspectos de la alimentación en ganado caprino lechero. *Rev. Mundo Gan.* 13(146). 44-46.
- Flores-Díaz, H., Kegley, E. B., Erf, G. F., Kreider, D. L., Coffey, K. P., Luchini, N. D. and Krumpelman, S. L. 2006. Influence of live weight gain and calcium salts of conjugated linoleic acid on growth performance and immune function of growing cattle. In: Arkansas Animal Science, Department report. Zelpha, B. J. and Wayne Kellog, D. (eds). University of Arkansas System. 167-170.
- Galina, M., Palma, J. M., Morales, R., Aguilar, A., y Hummel, J. 1995. Voluntary dry matter intake by dairy goats grazing on rangeland or on agricultural by-products in Mexico. *Small Rumin. Res.* 15(2). 127-137.
- Galvis, R. D., Correa, H. J., y Ramírez, N. 2003. Interacciones entre el balance nutricional, los indicadores del metabolismo energético y proteico y las concentraciones plasmáticas de Insulina, e IGF-1 en vacas en lactancia temprana. *Rev. Col. Cienc. Pec.* 16(3), 12.
- Gillis, M. H., Duckett, S. K., Sackmann, J. R., Realini C. E., Keisler, D. H. and Pringle, T. D. 2004. Effects of supplemental rumen-protected conjugated linoleic acid or linoleic acid on feedlot performance, carcass quality, and leptin concentrations in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 82: 851-859.
- Granados-Rivera, L. D., Hernández-Mendo, O., González-Muñoz, S. S., Burgueño-Ferreira, J. A., Mendoza-Martínez G. D., and Arriaga-Jordán, C. M. 2017. Effect of palmitic acid on the mitigation of milk fat depression syndrome caused by trans-10, cis-12-conjugated linoleic acid in grazing dairy cows. <http://dx.doi.org/10.1080/1745039X.2017.1379165>.
- Gusha, J., Halimani, T. E., Katsande, S. y Zvinorova, P. I. 2015. The effect of *Opuntia ficus indica* and forage legumes-based diets on goat productivity in smallholder sector in Zimbabwe. *Small Rumin. Res.* 125: 21-25.

- INIFAP (Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2013. Guía práctica para la Evaluación de la Canal Caprina. Libro Técnico No. 4. Colon, Querétaro. México. 110p.
- La O Arias, M. A., Guevara, F., Fonseca, N., Rodríguez, L., Pinto, R., Gómez, H., Medina, F. J. y Hernández A. 2013. Aplicación de los modelos logístico y Gompertz al análisis de curvas de peso vivo en cabritos criollos cubanos. *Rev. Cub. Cienc. Agrí.* 47(1),1-5.
- Loor, J. J., Ueda, K., Ferlay, A., Chilliari, Y. and Doreau, M. 2004. Biohydrogenation, duodenal Flow, and intestinal digestibility of trans fatty acids and conjugated linoleic acids in response to dietary forage: concentrate ratio and linseed oil in dairy cows. *J. Dairy. Sci.* 87: 2472-85.
- López, O. R., García, M. J. G., Islas, E. A., Ramírez, V. R., Ruíz, F. A., Ponce, C. I. y López, O. R. 2013. Los isómeros cis-9, trans-11 y trans-10, cis-12 de ácido linoleico conjugado y su relación con producción de leche de vacas Holstein-Friesian. Revisión. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 4(3), 339-360.
- Mahouachi, M., Atti, N., and Hajji, H. 2012 “Use of Spineless Cactus (*Opuntia ficus indica* f. *inermis*) for Dairy Goats and Growing Kids: Impacts on Milk Production, Kid's Growth, and Meat Quality,” *Sci. World J.* vol. 2012, Article ID 321567, 4 pages. doi:10.1100/2012/321567.
- Marichal, A., Castro, N., Capote, J., Zamorano, M.J. and Argüello, A. 2003. Effects of live weight at slaughter (6, 10 and 25 kg) on kid carcass and meat quality. *Livest. Prod. Sci.* 83:247-256.
- Mendizábal, J. A., Delfa, R., Arana, A. y Purroy, A. 2011. Body condition score and fat mobilization as management tools for goats on native pastures. *Small Rumin. Res.* 98, 1-3.121-127.
- Meza, H. C.A., Medina, R. J. M. y Gómez, G. A. 2008. Crecimiento pre y posdestete en cabras Boer x Boer y Boer x Nubia en el altiplano mexicano. *Rev. Chapingo S. Zonas Ári.* 7:125-132.
- NRC (National Research Council). 2007. Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. Washington, DC, USA. National Academy Press. 362 p.

- Nunes-Medeiros A., Germano-Costa, R., Batista-Santos, I., Ramos-Carvalho, F. F., Vallecillo, A. y Dos Santos, N. M. 2010. Efecto de diferentes niveles de consumo de pasto elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum var. Cameroon) durante la recría de caprinos. *ALPA*. 15(3). 79-86.
- Peña, F., Bonvillani, A., Morandini, M., Freire, V., Domenech, V., y García, A. 2011. Características de la canal de cabritos de las razas Criollo Cordobés y Anglo Nubiana: Efecto de la edad al sacrificio. *Arch. Zoot.* 60(230). 225-235.
- Pinheiro V, Ana Carolina, Canaan R, Fabiane Aparecida, y Gonçalves A, Rita de Cássia. 2008. Insulinemia, food intake and energy metabolism. *Rev. Chil. Nutr.* 35(1), 18-24.
- Quiroz-Cardoso, F., Rojas-Hernández, S., Olivares-Pérez, J., Hernández-Castro, E., Jiménez-Guillén, R., Córdova-Izquierdo, A., y Abdel-Fattah, S. (2015). Composición nutricional, consumo e índices de palatabilidad relativa de los frutos de tres acacias en la alimentación de ovejas y cabras. *Arch. Medic. Vet.* 47(1), 33-38.
- Ramírez, H. A. R. 2016. Aplicación de principios de nutrición de ganado lechero en la producción de leche y carne con ingredientes tradicionales y alternativos. *Latin Amer. J. Ceiba*. 54(1). 66-71.
- Rebollar-Rebollar, S., Hernández-Martínez, J., Rojo-Rubio, R., & Guzmán-Soria, E. 2012. Gastos e ingresos en la actividad caprina extensiva en México. *Agro. Mes.* 23(1). 159-165.
- Rodríguez-Zamora, J. y Elizondo-Salazar J. 2012. Consumo, calidad nutricional y digestibilidad aparente de morera (*Morus alba*) y pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) en cabras. *Agro. Costarr.* 36(1), 13-23pp.
- Sánchez, C., García, M., y Álvarez, M. 2003. Efecto de la suplementación alimenticia sobre el comportamiento productivo de cabras al postparto en la microregión Río Tocuyo, estado Lara. *Zoot. Trop.* 21(1), 43-55.
- Schlegel, G., Ringseis, M., Shibani, E., Most M., Schuster, F. J., Schwarz, F. and Eder, K. 2012. Influence of a rumen-protected conjugated linoleic acid mixture of carcass traits and meat quality in young simmental heifers. *J. Anim. Sci.* 90: 1532-1540.

- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2014. Población ganadera. Consultado el 28 de febrero de 2017. <http://www.siap.gob.mx/poblacion-ganadera/>.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2016. Resumen nacional anual pecuario. Consultado el 16 de marzo de 2017. <http://www.siap.gob.mx/resumen-nacional-pecuario/>.
- Statistical Analysis System, SAS/STAT. 2008. In: User's Guide (Release 9.3). Cary, North Carolina, USA: SAS Institute. 956.
- Thiel-Cooper, R. L., Parrish, F. C., Sparks, J. C., Wiegand, B. R., & Ewan, R. C. (2001). Conjugated linoleic acid changes swine performance and carcass composition. *Animal Sci. J.* 79(7), 1821-1828.
- Van Soest P. J., J. B. Robertson, and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 3583–3597.
- Vargas, B. J. E., Martínez, L. Z., Delgado, B. J. V., y Rodríguez, G. G. 2016. Biodiversidad caprina iberoamericana. Editorial Universidad Cooperativa de Colombia. Bogotá, Colombia. 95-119.
- Vernon, R.G., 1986. The growth and metabolism of adipocytes. In: Control and Manipulation of Animal Growth. Butterworths, London. 67-83.
- Wiegand, B. R., Parrish, F. C., Swan, J.E., Larsen, S. T. and Baas T. J. 2001. Conjugated linoleic acid improves feed efficiency, decreases subcutaneous fat, and improves certain aspects of meat quality in stress-genotype pigs. *J. Anim. Sci.* 79: 2187-2195.
- Wynn, R. J., Daniel, Z. C. T. R., Flux, C. L., Craigon, J., Salter, A. M., & Buttery, P. J. 2006. Effect of feeding rumen-protected conjugated linoleic acid on carcass characteristics and fatty acid composition of sheep tissues. *J. Animal Sci.* 84(12). 3440-3450.

CAPITULO III. ADICIÓN DE ÁCIDO LINOLEICO CONJUGADO PROTEGIDO EN LA DIETA DE CABRAS ADULTAS EN LA ZONA DESÉRTICA DE MÉXICO: RESPUESTA EN CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS

3.1.RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar los cambios en la composición físico-química y el perfil de ácidos grasos de la carne de cabras adultas alimentadas con ácido linoleico conjugado protegido en la dieta. Se utilizaron muestras de carne tomadas del músculo *Longissimus dorsi*, de la 12^{va} y 13^{va} costilla, provenientes de 15 cabras adultas locales de la Comarca Lagunera, de tercer parto, peso vivo inicial de 33.11 ± 6.7 kg y 11 ± 7 días en leche. Los animales se distribuyeron homogéneamente en tres grupos de cinco cabras cada uno, y fueron alojados en corrales individuales. A cada grupo de animales le fue asignado aleatoriamente uno de los tres tratamientos evaluados, que consistieron en 1) dieta base con 0, 2) 50 y 3) 90 g de ácido linoleico conjugado protegido $\text{animal}^{-1} \text{d}^{-1}$. Se evaluó pH de canal frío, pH de canal caliente, color (L, a, b), actividad del agua, resistencia al corte, capacidad de retención de agua, proteína, grasa, colágeno, materia orgánica, humedad, cenizas y perfil de ácidos grasos de la carne. Los datos fueron analizados con un diseño Completamente al Azar, utilizando el Proc GLM y la prueba de Tukey para la comparación de medias de tratamientos (SAS, 2008). Solo hubo diferencias ($P=0.0001$) en la fracción L de color y el isómero *cis* 9, *trans* 11 de ácido linoleico conjugado, que disminuyó y aumentó, respectivamente, con el tratamiento de 90 g d^{-1} de ácido linoleico conjugado protegido. Los resultados demuestran que complementar ácido linoleico conjugado protegido en la dieta no afecta las características físico-químicas de la carne, pero aumenta el isómero *cis* 9, *trans* 11 de ácido linoleico conjugado.

Palabras clave: composición química, isómero *cis* 9, *trans* 11 y calidad de carne.

ADDITION OF CONJUGATED LINOLEIC ACID PROTECTED IN THE DIET OF ADULT GOATS IN THE DESERT ZONE OF MEXICO: RESPONSE IN PHYSICAL-CHEMICAL CHARACTERISTICS AND PROFILE OF FATTY ACIDS

3.2.ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the changes in the physical-chemical composition and the fatty acid profile of the meat of adult goats fed with conjugated linoleic acid protected in the diet. Meat samples taken from the *Longissimus dorsi* muscle were used, from the 12th and 13th rib, from 15 local adult goats of the Comarca Lagunera, third parturition, initial live weight of 33.11 ± 6.7 kg and 11 ± 7 days in milk. The animals were distributed homogeneously into three groups of five goats each and were housed in individual pens. Each group of animals was randomly assigned one of the three treatments evaluated, which consisted of 1) base diet with 0, 2) 50 and 3) 90 g of conjugated linoleic acid protected $\text{animal}^{-1} \text{d}^{-1}$. Cold carcass pH, hot carcass pH, color (L, a, b), water activity, cut resistance, water retention capacity, protein, fat, collagen, organic matter, humidity, ash and fatty acids of meat profile were evaluated. The data were analyzed with a completely randomized design, using the PROC GLM and the Tukey test for the comparison of treatments means (SAS, 2008). There were only differences ($P = 0.0001$) in the color fraction L and the *cis* 9, *trans* 11 isomer of conjugated linoleic acid, which decreased and increased, respectively, with the treatment of 90 g d^{-1} of protected conjugated linoleic acid. The results show that complementing conjugated linoleic acid protected in the diet does not affect the physical-chemical characteristics of the meat, but increases the *cis* 9, *trans* 11 isomer of conjugated linoleic acid.

Key words: chemical composition, *cis* 9, *trans* 11 isomer and quality of meat.

3.3.INTRODUCCIÓN

El consumo de carne es importante para la nutrición humana debido a su alto contenido de aminoácidos esenciales, ácidos grasos y micronutrientes que mayormente se encuentran en formas bioquímicas altamente disponibles en comparación a otros alimentos (Saadoun y Cabrera, 2013). Para el caso de la carne de ganado caprino, desafortunadamente es poco consumida, apenas el 5 % junto con la carne ovina, en comparación a la de cerdo, pollo y bovino (FAO, 2014). Para incrementar dicho consumo, se requieren estrategias como el dar un valor agregado a la carne, mejorando su calidad nutricional a través de la adición de ácidos grasos insaturados en la dieta de los animales, como el ácido linoleico conjugado (ALC), al cual se le atribuye potencial anticancerígeno (Belury, 2002) y es potente inhibidor de la síntesis de grasa de la leche en rumiantes (Sinclair *et al.*, 2010), pero los efectos sobre la calidad de la carne son desconocidos. Lee *et al.* (1994) encontraron que el ALC tiene propiedades antiaterogénicas e hipocolesterolémicas, al adicionarlo a un grupo de conejos 0.5 g CLA/conejo/día, quienes redujeron significativamente el colesterol total, triglicéridos y problemas de aterosclerosis. Aguilar-Guggembuhl *et al.* (2014) encontraron cerdos complementados con ALC y otros ácidos grasos insaturados, estos se incorporan a diferentes tejidos de la carne dándole un valor agregado nutricional. Sin embargo, este conocimiento es casi nulo en rumiantes, y en el caso particular de caprinos, la situación es aún más desalentadora. Por tal motivo, el objetivo de este estudio es conocer y evaluar los cambios en la composición físico-química y el perfil de ácidos grasos de la carne de cabras adultas alimentadas con ácido linoleico conjugado protegido en la dieta.

3.4.MATERIALES Y MÉTODOS

Los análisis de la carne se llevaron a cabo en los laboratorios de Nutrición Animal de Ganadería del Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo, Nutrición y Biotecnología del Postgrado de Zootecnia-UACH y en el de Pruebas Sensoriales de Agroindustrias-UACH ubicado en Texcoco, México, (19.4833LN, -98.9LO, 2241msnm). Se utilizaron muestras de carne tomadas del músculo *Longissimus dorsi*, de la 12^{va} y 13^{va} costilla, provenientes de 15 cabras adultas locales de la Comarca Lagunera. Detalles del manejo y las características de los animales son descritos en el capítulo dos de la presente tesis, y se resume lo siguiente: Los animales se distribuyeron homogéneamente en tres grupos de cinco cabras cada uno, y fueron alojados en corrales individuales. A cada grupo de animales le fue asignado aleatoriamente uno de los tres tratamientos evaluados, que consistieron en 1) dieta base con 0, 2) 50 y 3) 90 g ALCp animal⁻¹ d⁻¹ (Lutrell[®] Pure BASF, Alemania). La dieta base (Cuadro 1) se formuló de acuerdo con los requerimientos para cabras lecheras del NRC (2007).

Cuadro 1. Composición alimenticia y química de la dieta base, en base seca

Composición alimenticia (%)	
Grano de maíz	17.1
Grano de sorgo	17.1
Salvado de trigo	9.0
Pasta de soya	9.0
Urea	1.2
Melaza	4.8
Rastrojo de maíz	8.0
Heno de alfalfa	32.0
Premezcla de vitaminas y minerales*	1.8
Composición química (% MS)	
Materia seca	90.2
Proteína	11.4
Fibra detergente neutro	35.4
Fibra detergente ácido	20.5
EM ^b (Mcal kg MS ⁻¹)	2.6

*Premezcla de vitaminas y minerales: Ca 1.8 %, P 24 %, Mg 3 %, Na 2 %, Cl 8 %, K 12 %, S 0.50 %, antioxidante 0.05 %, lasolacida 2000 ppm, Cr 5 ppm, Mn 4000 ppm, Fe 2000 ppm, Zn 5000 ppm, I 100 ppm, Se 30 ppm, Co 60 ppm, vitamina A 500 000 UI, vitamina D 150 000 UI y vitamina E 1000 UI. Nota: En el alimento se determinaron en laboratorio las variables de materia seca, proteína, extracto etéreo con la técnica de AOAC (2000), fibra detergente neutro y fibra detergente ácido con el método de Van Soest *et al.* (1991).

Se evaluó pH de canal fría y caliente, color (L, a, b), actividad del agua (A_w), resistencia al corte, capacidad de retención de agua, contenido de proteína, grasa, colágeno, materia orgánica, humedad, cenizas y perfil de ácidos grasos.

El pH de canal caliente y pH de canal frío se midieron a las 0 y 24 horas después del sacrificio, respectivamente, usando un potenciómetro portátil (HANNA HI 99163), equipado con un electrodo de penetración. El color se midió en la canal 24 horas después del sacrificio, con un colorímetro Minolta (Chroma Meter CR 200, Tokio, Japón). obteniendo las fracciones L, a y b, que representan luminosidad, índice rojo y amarillo, respectivamente. La resistencia al corte se midió en muestras de carne cruda de 1 cm², utilizando una navaja Warner-Bratzler con un analizador de textura TA-XT2 (Texture Technologies Corp., Scarsdale, NY, USA), reportándose como la fuerza máxima para cortar las muestras de carne. La A_w se midió en base a la metodología reportada por Guerrero *et al.* (2002), donde las muestras se retiraron del refrigerador y se dejaron enfriar a 24°C por 30 min, posteriormente se colocó una muestra de carne en el porta muestras del medidor de actividad del agua (Aqualab, Decagon CX-1, Washington, EUA) y se procedió con la lectura. La capacidad de retención de agua se determinó utilizando la metodología propuesta por Guerrero *et al.* (2002), para lo cual se utilizaron 5 g de carne, que se molieron en un mortero y enseguida se colocaron en tubos de cristal a los cuales se les añadieron 8 ml de solución de cloruro de sodio 0.6 M, agitándose por 1 min con una varilla de vidrio. Posteriormente, la muestra se dejó reposar en baño de hielo durante 30 min, y se agitó durante 1 min antes de centrifugarla a 10,000 x g, durante 15 min en una centrifuga EBA 21 de Hettich. Después de centrifugar, el sobrenadante se midió en volumen y fue reportado como capacidad de retención de agua. El contenido de proteína, grasa, colágeno, materia orgánica, humedad y cenizas de la carne se determinó usando el analizador de carne (FoofScamTM meat analyser marca foss, Copenhague, Dinamarca).

El perfil de ácidos grasos se midió usando la técnica modificada de Sukhija y Palmquist (1988), Palmquist y Jenkins (2003) y Jenkins (2010), en el cual los ácidos grasos se presentan en forma de metil ésteres. Para ello, la carne se liofilizó previamente, se pesaron 0.5 g de muestra de carne y 0.2 g de grasa, y se colocaron en tubos de polipropileno, a los cuales se les agregó 3 ml de metóxido de sodio (0.5 M en metanol para proteger el proceso de isomerización de los ácidos grasos insaturados), agitándose por 1 min en un vórtex. Una vez agitados, los tubos que contenían carne y grasa se colocaron en un vaso de precipitado con agua destilada a 50°C durante 10 min, y cumplido este tiempo, dichos tubos fueron retirados del vaso de precipitado, dejándose enfriar por 5 min a 24°C. A los tubos con las muestras frías se le agregaron 3 ml de ácido clorhídrico metanólico al 5% para la extracción de la grasa total de las muestras y nuevamente se agitaron por 1 min en un vórtex. Posteriormente, los tubos volvieron a colocarse dentro del vaso de precipitado con agua destilada, a 80°C por 10 min. Terminado este tiempo, los tubos fueron retirados nuevamente del vaso de precipitado y se dejaron enfriar por 7 min. Una vez enfriados, a los tubos se les agregaron 3.5 ml de hexano para disolver y extraer únicamente la grasa y 5 ml de carbonato de potasio al 6% para saponificar y liberar los ácidos grasos, para después agitarlos durante 1 min en un vórtex, y posteriormente centrifugar por 5 min a 2500 x g. Posteriormente se extrajo la fracción de hexano, ubicada en la parte superior en el tubo, y se depositó en tubos de polipropileno, agregando 0.5 g de sodio para eliminar el exceso de humedad y 0.1 g de carbón activado para eliminar el exceso de color, y se agitó nuevamente en un vórtex, y después se centrifugó a 1500 x g por 5 min. Al final, se tomó la capa de hexano ubicada en la parte superior en el tubo, y se colocó en viales que se conservaron en refrigeración a 4°C para su posterior análisis cromatográfico. Los metil ésteres de ácidos grasos se determinaron en un cromatógrafo Hewlett Packard 6890 con inyector automático con una columna capilar de sílice (100 m x 0.25 mm x 0.20 µm de grosor, Sp-2560, Supelco). La identificación de los ácidos grasos se

realizó comparando los tiempos retención de cada pico obtenido del cromatograma, con un estándar de 37 componentes de metil ésteres de ácidos grasos, y un estándar específico para isómeros *cis*-9, *trans*-11 y *trans*-10, *cis*-12 de la compañía Nu-Check. Los datos fueron analizados con un diseño Completamente al Azar, utilizando el Proc GLM y la prueba de Tukey para la comparación de medias de tratamientos (SAS, 2008).

3.5.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se presentaron en el (Cuadro 2).

Cuadro 2. pH en canal caliente y frío, y características físico-químicas de la carne de cabras adultas complementadas con diferentes niveles de ácido linoleico conjugado protegido en la dieta.

VARIABLE	Tratamiento, ALCp g d ⁻¹			EEM*	P
	0	50	90		
pHc	7.31a	7.17a	7.22a	0.086	0.787
pHf	6.24a	6.09a	6.17a	0.029	0.153
COLOR L ⁺	51.20a	38.27b	38.76b	1.151	0.001
a	16.63a	19.43a	22.04a	1.380	0.317
b	6.53a	6.66a	7.40a	0.230	0.283
RC (kg cm ⁻²)	5.52a	6.09a	5.24a	0.412	0.696
Aw	0.99a	0.99a	0.99a	0.004	0.173
CRA (ml 100 g ⁻¹ de carne)	15.9a	12.3a	13.5a	1.074	0.407

Valores seguidos con diferente letra en la misma fila, son diferentes significativamente (P≤0.05), pHc, pH de canal caliente; pHf, pH de canal frío; L⁺, luminosidad; a, rojo; b, amarillo; RC, resistencia al corte; AW, actividad del agua; CRA, capacidad de retención de agua; ALCp, ácido linoleico conjugado protegido; *EMM= error estándar de la media.

3.5.1 pH de canal caliente y frío

no hubo diferencia (P>0.05) para pH de canal caliente y pH de canal frío que promediaron 7.23 y 6.16, respectivamente, sorpresivamente mayores a los que normalmente se reportan a la matanza (6.9) y 24 horas *post mortem* (5.8) (Romero y Sánchez, 2011). Esto sugiere una lenta caída de pH de la carne en el presente estudio, comparado con lo que reportaron Aguilar-Guggemuhl *et al.* (2014), pH de 5.33 ± 0.10 en carne de cerdos alimentados con ALC. El complementar la dieta de las cabras no sugiere un cambio en el pH de la carne, como lo reportaron Yakam *et al.* (2016) donde obtuvieron un pH de 6.21, cuando ofrecieron vitamina

E como antioxidante, el descenso de pH fue similar a lo encontrado en las cabras de nuestro estudio. Aunque, Kadim y Mahgoub (2012) concluyeron que el motivo por el cual no descendió el pH, fue el estrés *pre mortem* y el temperamento del animal. Es pertinente enfatizar que el estrés es un factor importante en la caída del pH de la carne, debido al estrés crónico la degradación de glucógeno es constante y la producción de ácido láctico es moderada en consecuencia, el pH no tiene un descenso normal (Amtmann *et al.*, 2006). En el caso de las cabras del presente experimento fueron expuestas a estrés desde que se cambió de pastoreo a estabulado, y posiblemente en el transporte hacia el rastro, lo cual no permitió un descenso normal de pH en la carne. Al respecto, Lokman *et al.* (2017) reportaron un pH de 6.58 en carne de cabritos cuando se sacrificaron sin aturdimiento. Alende *et al.* (2014) encontraron pH de canal frío de 5.51 en canales de novillos, cuando se expusieron a estrés de traslado. Peraza-Mercado *et al.* (2015) obtuvieron un pH de 5.57 ± 0.94 en carne de cabritos y Santos *et al.* (2008) encontraron un pH de 5.80 ± 0.02 en canales de corderos, a las 24 horas *post mortem*, valores menores a los encontrados en la carne de nuestra investigación.

3.5.2 Color (L, a y b)

La fracción L de color fue diferente entre tratamientos ($P=0.0001$) al adicionar ALCp. Esto puede deberse que se produjo un cambio en el perfil de ácidos grasos aumentando los ácidos grasos insaturados y en consecuencia aumentando la capacidad de retención de agua, absorbiendo luz y oscureciendo la carne (Peraza-Mercado *et al.*, 2015). Al aumentar el ALC en la dieta, la fracción L disminuyó en la carne de cabras del presente estudio de 51.20 en el tratamiento testigo, a un promedio de 38.45. Esto no sucedió en las fracciones de color a y b, donde se obtuvieron un promedio de 19.36 y 6.86, respectivamente. Peraza-Mercado *et al.* (2015) reportaron 49.22 L, 13.86 a, 6.18 b que fueron diferentes a las reportadas en la carne de nuestras cabras. Santos *et al.* (2008) reportaron en ovinos 47.3 L, 17.0 a y 5.2 b. Sañudo *et al.* (2012) obtuvieron en la fracción L de color valores de 49.15 y 55.14 en diferentes razas de

cabritos, valores similares a los obtenidos en el tratamiento testigo de nuestro estudio, concluyendo que el ALC tiene un efecto en el color por el posible cambio del perfil de ácidos grasos, afectando la relación de ácidos grasos saturados e insaturados. Lokman *et al.* (2017) reportaron valores similares a los de nuestro estudio en cabras adultas de 32.02 L, 13.26 a y 10.56 b en promedio, con dos métodos diferentes de sacrificio, situación que no ocurrió en el presente estudio donde se sacrificó solo sin aturdimiento.

3.5.3 Resistencia al corte

La resistencia al corte no fue diferente entre tratamientos ($P>0.05$), promedió 6.61 kg cm^{-2} . Lee *et al.* (2017) reportaron 3.90 y 3.86 kg cm^{-2} de resistencia al corte en carne de cabras cuando se les ofreció zacate Bermuda (*Cynodon dactylon*) y alfalfa (*Medicago sativa*) complementando con taninos condensados, sin diferencias entre tratamientos ($P>0.05$). Los autores argumentan que el ofrecer una cantidad alta de forrajes la carne presenta más terniza, debido a la composición de ácidos grasos de los forrajes que se acumulan en los tejidos del animal (Teira *et al.*, 2006). Esto sugiere que la terniza de la carne de nuestro experimento es baja, debido al cambio de pastoreo a estabulación y las características del alimento ofrecido. Ello lleva a pensar que fue la razón de que, en la carne de las cabras de nuestro estudio, la resistencia al corte fuese mayor que al promedio de aquellas consideradas suaves por el consumidor, toda vez que Webb *et al.* (2005) indicaron que una resistencia al corte de 3 kg es el límite, de una carne con buena terniza para el consumo humano. La resistencia al corte puede asociarse con la edad de los animales, en donde la dureza aumenta a mayor edad (Bianchi., 2004), esto puede explicar los altos valores de resistencia al corte obtenidos en la carne de cabra del presente experimento considerando que se utilizaron cabras adultas. Aunque, Yakan *et al.* (2016) reportaron valores similares a los reportados en la presente investigación, obteniendo un promedio de 5.15 kg cm^{-2} en cabritos raza Damascus, indicando que las dietas y sistemas de producción, ejercen un efecto sobre la resistencia al corte.

3.5.4 Capacidad de retención de agua y Aw

La capacidad de retención de agua y Aw no fueron diferentes entre tratamientos ($P>0.05$). En el caso de la capacidad de retención de agua, cuyo promedio fue $13.9 \text{ ml } 100 \text{ g}^{-1}$ de carne, se comportó de manera normal a 24 h *post mortem*, donde a mayor pH, mayor capacidad de retención de agua (Urieta *et al.*, 2012). La capacidad de retención de agua reportada en la carne del presente estudio es reducida debido que se almacenó en refrigeración y congelación, lo cual pudo ocasionar que metabolitos como la proteína de la carne, pierdan la capacidad para retener el agua (Traore *et al.*, 2012). Lokman *et al.* (2017) reportaron una capacidad de retención de agua por el método de pérdida por goteo de 0.943 y 1.106 %, sin y con aturdimiento, respectivamente, valores menores a los reportados en las cabras de nuestra investigación indicando que el descenso del pH durante el proceso de manipulación de la carne determinó la capacidad de retención de agua (Nakyinsige *et al.*, 2014).

La AW promedió 0.99, lo cual pudo condicionar el crecimiento de microorganismos en la carne de las cabras del presente estudio, en consecuencia, evitando el descenso normal del pH de canal frío (Guerrero y Arteaga, 2008). Madruga *et al.* (2006) reportaron 0.990 y 0.986 de Aw en pastoreo y confinamiento en cabras locales, respectivamente, valores similares a los reportados en nuestro estudio. Valores menores de 0.96 y 0.94 de Aw fueron reportados en cabras Alpina francés (AF) y AF x Boer, respectivamente (Urieta *et al.*, 2012). Al respecto, se puede deducir que la raza determina la capacidad de retención de agua ya que razas cárnicas suelen tener menor retención de agua y Aw por la compresión de los sarcómeros (Gallo *et al.*, 2003).

3.5.5 Composición química

La composición química de la carne no fue diferente ($P>0.05$) entre tratamientos, con valores promedios de proteína 21.4 %, grasa 23.37 %, colágeno 2.16 %, humedad 71.07 %, materia orgánica 97.74 % y cenizas 2.25% (Cuadro 3).

Cuadro 3. Composición química de carne de cabras adultas complementadas con diferentes niveles de ácido linoleico conjugado protegido en la dieta.

VARIABLE	Tratamiento, ALCp g d ⁻¹			EEM*	P
	0	50	90		
Cenizas (%)	2.60a	2.28a	1.89a	0.156	0.219
Grasa (%)	7.48a	8.91a	6.98a	0.936	0.689
Proteína (%)	21.32a	21.07a	21.81a	0.296	0.593
Colágeno (%)	2.37a	2.12a	2.01a	0.067	0.130
MO (%)	97.40a	97.72a	98.11a	0.156	0.219
Humedad (%)	71.24a	70.50a	71.48a	0.615	0.797

Valores con distinta literal en un renglón son diferentes ($p \leq 0.05$). MO, materia orgánica; ALCp, ácido linoleico conjugado protegido; *EEM= Error Estándar de la Media.

La carne de cabra en el presente estudio, tuvo valores similares a los reportados para otras especies. Córdón y Salazar (2015) obtuvieron promedios de proteína en carne de cerdo 26.6 %, cordero 24.5 %, pollo 24.7 %, pavo 28.1 % y pato 16 %. Cárdenas *et al.* (2000) reportaron 23.9 % de proteína, 7.9 % de grasa, 67.2 % de humedad en carne de cerdo y 22.1 % de proteína, 1.1 % de grasa, 75.6 % de humedad en carne de ternero. Madruga *et al.* (2006) obtuvieron valores de 76.5 % humedad, 20.8 % proteína, 16 % grasa y 0.9 % de cenizas en carne de cabras. Esto sugiere, que los valores nutricionales reportados en la carne del presente estudio son aceptables para el consumo humano, y cubren la necesidad de ingesta diaria de proteínas en humanos, en comparación con carnes de otras especies. Esto nos indica que existen factores diferentes a la inclusión de ALC en la dieta para modificar la proteína cruda y la grasa de la carne. Por ejemplo, el tiempo de almacenamiento y el manejo de la carne *post mortem* influyen en la desnaturalización de metabolitos presentes y en consecuencia varían las proporciones de proteína y grasa (Peña *et al.*, 2014). Los valores obtenidos en el presente experimento donde se complementó con ALC, no se encontraron diferencias debido que no se utilizó en totalidad el ALC ofrecido, posiblemente por la protección del ALC para evitar la biohidrogenación que en rumen es en promedio de 65 % y al intestino delgado llega menor cantidad que la ofrecida en la dieta para su absorción (Martínez *et al.*, 2010). Ante esta situación, incluir agentes externos como bacterias podría incrementar la degradación y eficientizar la utilización del ALC protegido. Por ejemplo, Kumar *et al.* (2016) reportaron que agregar *Streptococcus*

gallolyticus, una bacteria degradadora de taninos, a la dieta de cabras alimentadas con *Quercus semicarpifolia*, contribuyó a la degradación de taninos, mejorando la cantidad de proteína de 19.3 a 20.2 % en carne de cabra. Por otro lado, la proporción de humedad de la carne se puede alterar por factores externos a la dieta, que se incluyen directamente en la carne, como es el caso del marinado, que de acuerdo a Peña *et al.* (2014), marinar la carne de cabra con NaCl y tripolifosfato-sódico, incrementa la humedad de la carne. Ello se debe que las sales intervienen en la fase proteína-agua, haciéndolas más hidrófilas, manteniendo la humedad (Puolanne y Halonen, 2010).

3.5.6 Perfil de ácidos grasos

El perfil de AG, únicamente el isómero *Cis 9 trans 11* de ALC, fue diferente entre tratamientos ($P=0.0001$), siendo mayor con el tratamiento de 90 g d⁻¹ ALCp. En relación con los ácidos grasos saturados, se obtuvieron resultados similares a los reportados por Adeyemi *et al.* (2016) y Karami *et al.* (2013) en músculo *Longissimus lumborum* de cabras alimentadas con aceites de canola y palma que contienen ALC. Esto sugiere que el adicionar ALC, no afectó las actividades de enzimas lipogénicas utilizadas en la síntesis de ácidos grasos de cadena corta y media (Kim *et al.*, 2007) al no obtener cambios en la carne del presente estudio. Sin embargo, es importante señalar que el ácido palmítico y esteárico son los de mayor concentración en los ácidos grasos saturados de la carne de cabras (Lee *et al.*, 2017), situación que se presentó en la carne de cabra de la presente investigación. Por otro lado, hipotetizamos que el adicionar ALC en la dieta de las cabras del presente experimento, los isómeros *cis-9*, *trans-11* y *cis-12*, *trans-10* presentes, causarían reducción en el contenido de grasa, toda vez que, en vacas, la reducción de grasa en leche, es un comportamiento normal por adicionar ALC en su dieta (Sinclair *et al.*, 2010).

Cuadro 4. Perfil de ácidos grasos (g 100 g⁻¹ del total de AG) de carne de cabras adultas complementadas con diferentes niveles de ácido linoleico conjugado protegido en la dieta.

ÁCIDOS GRASOS	Tratamientos, ALCp g d ⁻¹			EEM*	P
	0	50	90		
Saturados					
Cáprico	0.118a	0.152a	0.124a	0.123	0.519
Láurico	0.064a	0.061a	0.153a	0.026	0.301
Mirístico	2.043a	2.213a	2.420a	0.131	0.518
Palmítico	23.667a	23.546a	23.723a	0.412	0.984
Esteárico	19.553a	22.295a	20.442a	0.964	0.515
Araquídico	0.051a	0.045a	0.042a	0.005	0.784
Heneicosanoico	0.124a	0.175a	0.205a	0.020	0.314
Heptadecanoico	1.150a	1.103a	1.451a	0.079	0.193
Monoinsaturados					
Miristoleico	0.554a	0.325a	1.110a	0.176	0.218
Palmitoleico	2.158a	1.921a	2.288a	0.196	0.748
C 10, Heptadecanoico	0.877a	0.694a	1.132a	0.117	0.343
Oleico	43.102a	41.747a	38.693a	1.254	0.370
Poliinsaturados					
Linolelaídico	0.202a	0.159a	0.178a	0.014	0.505
Linoleico	2.784a	2.360a	3.358a	0.427	0.643
Elaídico	2.153a	1.574a	2.474a	0.327	0.541
Linolénico	0.257a	0.340a	0.253a	0.029	0.421
C 9, T 11, ALC	0.277b	0.590a	0.673a	0.024	0.0001
C 12, T 10, ALC	0.163a	0.180a	0.268a	0.039	0.531
Araquidónico	0.718a	0.513a	0.862a	0.140	0.607
Total, ácidos grasos					
Saturados	46.750	49.590	48.560	0.220	0.516
monoinsaturados	46.689	44.687	43.223	0.436	0.419
poliinsaturados	6.549	5.716	8.066	0.142	0.464
Totales	99.988	99.993	99.849	0.266	0.466

Valores con distinta literal en un renglón son diferentes ($p \leq 0.05$). ALC, ácido linoleico conjugado; ALCp ácido linoleico conjugado protegido; *EEM= error estándar de la media.

Sin embargo, en la carne de las cabras del presente estudio, este fenómeno no ocurrió, posiblemente porque se necesitó más días de experimentación, para notar el cambio. Al respecto, Baumgard *et al.* (2002) mencionaron también, que el efecto que tiene el isómero *trans*-10, *cis*-12 de ALC de inhibir la expresión del ARNm y de las enzimas que intervienen en la síntesis de *novo* de los ácidos grasos de menos de 16 carbonos en la glándula mamaria no sucede en el tejido muscular. Esto nos indica, que el isómero *trans* 10, *cis* 12 de ALC no ejerce el mismo efecto en el músculo *Longissimus dorsi* que en la glándula mamaria. Como se ha reportado en investigaciones anteriores, el ácido oleico se presenta en mayor proporción

del total de los ácidos grasos en la carne de rumiantes, disminuyendo al aumentar el ALC. Los resultados del presente estudio son similares a los reportados en diferentes estudios en cabras, que reportaron un promedio de 40 % en ácido oleico (Özcan *et al.*, 2014; Yakam *et al.*, 2016; Lee *et al.*, 2017). Esto indica, que la relación del ácido esteárico con el oleico, es afectada por la inclusión del ALC, debido que el ácido esteárico se desatura por la acción de la enzima $\Delta 9$ -desaturasa convirtiéndose en ácido oleico (Martínez *et al.*, 2010; Griinari *et al.*, 2000). Por tal motivo, el isómero *cis-9, trans-11* de ALC (P=0.0001) se encontró en mayor concentración en la carne de las cabras del presente estudio, al aumentar la inclusión de ALCp en la dieta. Diferentes estudios en cabras con distintos complementos en la dieta reportaron variaciones en isómeros de ALC en la carne. Lee *et al.* (2017) reportaron la disminución de ALC al incluir taninos condensados en la dieta, debido a que los taninos limitan la actividad de la biota ruminal, la cual es responsable de la producción de diversos isómeros de ALC (German y Dillard, 2006). Yakam *et al.* (2016) obtuvieron concentraciones elevadas de ácidos grasos poliinsaturados incluyendo los isómeros del ALC, cuando se agregó vitamina E como antioxidante, deduciendo que fue por la inhibición de la oxidación de la grasa. Esto nos indica que en el presente estudio el aumento del isómero *cis-9, trans-11* de ALC fue por la adición directa del ALCp, debido que el almacenamiento fue el adecuado para limitar la oxidación de la grasa de la carne y no alterar el perfil de ácidos grasos por este factor (Aksu *et al.*, 2004). Esto nos lleva a pensar que el aumento de los isómeros del ALC en la carne son por la inclusión directa en la dieta de ALC como en el presente estudio, o alimentos altos en ácidos grasos poliinsaturados. Como lo reportaron Adeyemi *et al.* (2016) donde incrementaron los ácidos grasos poliinsaturados y en particular el isómero *cis-9, trans-11* de ALC en músculo *Longissimus lumborum* de cabras alimentadas con aceite de canola y de palma, los cuales contienen alta concentración de ALC (Hur *et al.*, 2007). Por lo tanto, en el presente estudio cuando se adicionó directamente el ALC en la dieta de las cabras, el aumento sería

proporcional a la cantidad y al tiempo de la ingesta del mismo (Hur *et al.*, 2017), dando como resultado el aumento del isómero *cis-9, trans-11* de ALC en la carne del presente experimento. Similar a lo que Poulson *et al.* (2004) reportaron, indicando un aumento de 300 % del isómero *trans-10, cis-12* de ALC en carne de Angus al adicionar 84 g/animal/día de ALC. Schiavon *et al.* (2011) encontraron un aumento de 0.26 veces del isómero *cis-9, trans-11* de ALC en el doble músculo de toros de raza Piemontese al agregar ALC en la dieta. El aumento del isómero *cis-9, trans-11* que se obtuvo en el presente estudio, es posible debido que este isómero se produce durante la biohidrogenación de ácidos linolénico y linoleico en el rumen, y es metabolizado por bacterias de la biota ruminal y absorbido como ácido vaccénico, este puede reconvertirse en *cis-9, trans-11* de ALC dentro de las células hepáticas después de ser absorbido, en consecuencia, el ALC se incorpora a tejidos adiposos y células musculares (Kramer *et al.*, 1998; Lawson *et al.*, 2001; Pariza *et al.*, 2001).

3.6.CONCLUSIONES

Adicionar ácido linoleico conjugado protegido en la dieta de cabras adultas, de hasta 90 g d⁻¹ no afecta las características físico-químicas de la carne, pero aumenta el isómero *Cis 9 trans 11* de ALC, y reduce la luminosidad de la carne. No obstante, es necesaria mayor investigación donde se tomen en cuenta otras fuentes de ácido linoleico, formas de alimentación y tiempo de complementación.

3.7.LITERATURA CITADA

- Adeyemi, K. D., Sabow, A. B., Abubakar, A., Samsudin, A. A., y Sazili, A. Q. 2016. Effects of dietary oil blend on fatty acid composition, oxidative stability and physicochemical properties of Longissimus thoracis et lumborum muscle in goats. *Animal Sci, J.* 87(11), 1421-1432.
- Aguilar-Guggembuhl, J., Mota-Rojas, D., Escalona-Buendía, H., Trujillo-Ortega, M. E., y Guerrero-Legarreta, I. (2014). Efecto de dietas con ácidos grasos poliinsaturados en las propiedades sensoriales de la carne de cerdo. *Agrocien.*, 48(8), 777-788.
- Aksu, M.I., Ünsal, M., Kaya, M., and Macit, M., 2004. Effect of vitamin E supplementation on intra and intermuscular fatty acid composition of Awassi lambs. *J. Muscle Foods.* 15, 173–182.
- Alende, M., Volpi, L. C., Pordomingo, A. J. Pighín, D., Grigionib, G., Carduza, F., Pazos, A., Babinec, F., and Sancho, A. M. 2014. Effects of transport, lairage and ageing time on stress indicators and on instrumental and sensory quality of beef from steers. *Arch. Med. Vet.* 46, 217-227.
- Amtmann. V. A., Gallo. C., Schaik, V. G., y Tadich, N. (2006). Relaciones entre el manejo antemortem, variables sanguíneas indicadoras de estrés y pH de la canal en novillos. *Arch. med. vet.* 38(3),259-264. <https://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2006000300010>
- Bauman, D. E., Corl, B. A., and Peterson, D. G. 2003. The biology of conjugated linoleic acids in ruminants. *Adv. Conjugated Linoleic Acid Res.* 2: 146-173pp.
- Baumgard, L. H., Matitashvili, E., Corl, B. A., Dwyer, D. A., and Bauman, D. E. 2002. *Trans-10, cis-12* conjugated linoleic acid decreases lipogenic rates and expression of genes involved in milk lipid synthesis in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 85(9): 2155-2163.
- Belury, M. A. 2002. Dietary conjugated linoleic acid in health: physiological effects and mechanisms of Action. *Rev. Nutr.* 22:505–31.
- Benito. P., Nelson, G., Kelley, D., Bartolini, G., Schmidt, P., and Simon, V. 2001. Effect of conjugated linoleic acid on platelet function, platelet fatty acid composition, and blood coagulation in humans. *Lipids.* 36:221–27.

- Bianchi, G., Betancur, O., y Sañudo, C. 2004. Efecto del tipo genético y del tiempo de maduración sobre la terneza de la carne de corderos pesados. *Agro. Uruguay*. 8(1), 41-50.
- Cordon, K., y Salazar, J. D. 2015. Composición química de carnes de animales silvestres de consumo humano en la aldea Uaxactun, Peten. *Rev. Cient. Facultad Cienc. Quím. Far.* 11(1). 7.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2014. FAOSTAT. Estadística en línea. Consultado el 20 de agosto de 2017. www.fao.org/docrep/012/i0680s/i0680s02.pdf.
- Gallo, C., Lizondo, G., and Knowles, T. 2003. Effects of journey and lairage time on steers transported to slaughter in Chile. *Vet. Record*. 152: 361-364.
- German, J.B., and Dillard, C.J., 2006. Composition, structure and absorption of milk lipids: a source of energy, fat-soluble nutrients and bioactive molecules. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 46, 57–92.
- Griinari, J. M., Corl, B. A., Lacy, S. H., Chouinard, P. Y., Nurmela, K. V. V., and Bauman, D. E. 2000. Conjugated linoleic acid is synthesized endogenously in lactating dairy cows by Δ^9 -desaturase. *J. Nutr.* 130(9): 2285-2291.
- Guerrero, L. I., Ponce, A. E., y Pérez, M. L. 2002. Curso práctico de tecnología de carnes y pescado. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Iztapalapa. México. 171 p.
- Guerrero, L. I., y Arteaga, M. M. 2008. Tecnología de carnes. Editorial Trillas. Practica N° 1.
- Hur, S. J., Kim, H. S., Bahk, Y. Y., and Park, Y. 2017. Overview of conjugated linoleic acid formation and accumulation in animal products. *Livest. Sci.* 195. 105–111.
- Hur, S.J., Park, G.B., Joo, S.T., 2007. Biological activities of conjugated linoleic acid (CLA) and effects of CLA on animal products. *Livest. Sci.* 110, 221–229.
- Jenkins, T. C. 2010. Technical note: Common analytical errors yielding inaccurate results during analysis of fatty acids in feed and digesta samples. *J. Dairy Sci.* 93(3): 1170-1174.

- Kadim, I. T., y Mahgoub, O., 2012. Linear body measurement and carcass characteristics of goats. In: Mahgoub, O., Kadim, I.T., Webb, E.C. (Eds.), Reference to a chapter in an edited book: Goat Meat Production and Quality. First ed. CAB International, USA. 277–291.
- Karami M, Ponnampalam E, and Hopkins D. 2013. The effect of palm oil or canola oil on feedlot performance, plasma and tissue fatty acid profile and meat quality in goats. *Meat Sci.* 94. 165–169.
- Kim, S. C., Adesogan, A. T., Badinga, L, and Staples, C. R. 2007. Effects of dietary n-6: n-3 fatty acid ratio on feed intake, digestibility, and fatty acid profiles of the ruminal contents, liver, and muscle of growing lambs. *J. Animal Sci.* 85:706–716.
- Kramer, J.K.G., Sehat, N., Dugan, M.R., Mossoba, M.M., Yurawecz, M.P., Roach, J.A.G., Eulitz, K., Aalhus, J.L., Schaefer, A.L., and Ku, Y., 1998. Distributions of conjugated linoleic acid (CLA) isomers in tissue lipid classes of pigs fed a commercial CLA mixture determined by gas chromatography and silver ion-high-performance liquid chromatography. *Lipids.* 33, 549–558.
- Kumar, K., Chaudhary, L. C., Agarwal, N., and Kamra, D. N. 2016. Effect of feeding tannin-degrading bacteria *Streptococcus gallolyticus* strain TDGB 406 on meat quality of goats fed with *Quercus semicarpifolia* leaves. *Trop Anim Health Prod.* 48:1513–1516.
- Lawson, R.E., Moss, A.R., and Givens, D.I., 2001. The role of dairy products in supplying conjugated linoleic acid to man's diet: a review. *Nutr. Res. Rev.* 14, 153–172.
- Lee, J. H., Min, B. R., and Lemma, B. B. 2017. Quality characteristics of goat meat as influenced by condensed tannins-containing pine bark. *J. Small Rumin. Res.* 146, 28–32.
- Lee, K. N., Kritchevsky, D., and Parizaa, M. W. 1994. Conjugated linoleic acid and atherosclerosis in rabbits. *Atherosclerosis.* 108(1), 19-25.
- Madruga, M. S., Resosemito, F. S., Narain, N., Souza, W. H., Cunha M. G. G., y Ramos, J. L. F. 2006. Efecto de las condiciones de crecimiento de cabras en la calidad físico-química y química de su carne. *CyTA.* 5:2, 100-104pp. DOI: 10.1080/11358120609487678.

- Martínez, M. A. L., Pérez, M. H., Pérez, L. A., Gómez, C. G., y Carrión, D. P. 2010. Metabolismo de los lípidos en los rumiantes. *Rev. Electrónica Vet.* 11: 1695-7504.
- Nakyinsige, K., Sazili, A.Q., Zulkifli, I., Goh, Y.M., Fatimah, A.B., and Sabow, A. B. 2014. Influence of gas stunning and halal slaughter (no stunning) on rabbits welfare indicators and meat quality. *Meat Sci.* 98, 701–708pp. doi: 10.1016/j.meatsci.2014.05.017.
- NRC (National Research Council). 2007. Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. Washington, DC, USA. National Academy Press. 362 p.
- Özcan, M., Demirel, G., Yakan, A., Ekiz, B., Töli, C., and Savas, T., 2014. Genotype, production system and sex effects on fatty acid composition of meat from goatkids. *Anim. Sci. J.*, <http://dx.doi.org/10.1111/asj.12273>.
- Palmquist D. L., and T. C. Jenkins. 2003. Challenges with fast and fatty acid methods. *J. Anim. Sci.* 81: 3250-3254.
- Pariza, M.W., Park, Y., and Cook, M.E., 2001. The biologically active isomers of conjugated linoleic acid. *Prog. Lipid Res.* 40, 283–298.
- Peña, R. F., Duran, O. D. S., y Baleta, M. L. C. 2014. Efeito do marinado com nacl e tripolifosfato de sódio em propriedades bromatológicas na carne de caprinos. *Biotec. Sector Agrop. Agroind.* 12(2). 142-150.
- Poulson, C.S., Dhiman, T.R., Ure, A.L., Cornforth, D., and Olson, K.C. 2004. Conjugated linoleic acid content of beef from cattle fed diets containing high grain, CLA, or raised on forages. *Livest. Prod. Sci.* 91, 117–128.
- Puolanne, E., and Halonen, M. 2010. Theoretical aspects of water-holding in meat. *Meat Sci.* 86, 151–165.
- Romero, M. H., y Sánchez, J. A. 2011. Implicaciones de la inclusión del bienestar animal en la legislación sanitaria colombiana. *Rev. Colomb. Cien. Pecu.* 24:93-101.
- Saadoun, A., y Cabrera, M. C. 2013. Calidad nutricional de la carne bovina producida en Uruguay. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.*, 21(2), 119.

- SAS (Statistical Analysis System, SAS/STAT). 2008. In: User's Guide (Release 9.3). Cary, North Carolina, USA: SAS Institute. 956.
- Schiavon, S., De Marchi, M., Tagliapietra, F., Bailoni, L., Cecchinato, A., y Bittante, G., 2011. Effect of high or low protein ration combined or not with rumen protected conjugated linoleic acid (CLA) on meat CLA content and quality traits of double-muscled Piemontese bulls. *Meat Sci.* 89, 133–14.
- Sinclair, L. A., Weerasinghe, W. M., Wilkinson, R. G., de Veth, M. J., and Bauman, D. E. 2010. A supplement containing trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid reduces milk fat yield but does not alter organ weight or body fat deposition in lactating ewes. *The J. Nutr.*, 140(11): 1949-1955.
- Sukhija P. S., and D. L. Palmquist. 1988. Rapid method for determination of total fatty acid content and composition of feedstuffs and feces. *J. Agr. Food Chem.* 36: 1202-1206.
- Teira, Gustavo., Perlo, Flavia., Bonato, Patricia., y Tisocco, Osvaldo. 2006. Beef quality: Nutritive and organoleptic aspects related to feeding systems and technological procedures. *Cien. docen. tec.* (33), 173-193.
- Traore, S., Aubry, L., Gatellier, P., Przybylski, W., Jaworska, D., Kajak-Siemaszko, K., and Santé-Lhoutellier, V. 2012. Higher drip loss is associated with protein oxidation. *Meat Sci.* 90, 917–924pp. doi: 10.1016/j.meatsci.2011.11.033.
- Webb, E.C., Casey, N.H., and Simela, L., 2005. Goat meat quality. *Small Rumin. Res.* 60,153–166.
- Yakam, A., Atesa, C. T., Alasahana, S., Odabasioglu, F., Unalb, N., Ozturkc, O. H., Gungorb, O. F., and Ozbeyazba, C. 2016. Damascus kids' slaughter, carcass and meat quality traits in different production systems using antioxidant supplementation. *Small Rumin. Res.* 136: 43–53.