



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

**INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS**

## **CAMPUS MONTECILLO**

**POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD  
GANADERÍA**

**CALIDAD DE LA CANAL Y CARNE DE CORDEROS  
COMPLEMENTADOS CON ACEITES Y RASTROJO DE MAÍZ**

**LAURA HERNÁNDEZ CRUZ**

**T E S I S**

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

**DOCTORA EN CIENCIAS**

**MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO**

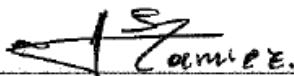
**2011**

La presente tesis titulada: “Calidad de la canal y carne de corderos complementados con aceites y rastrojo de maíz”, realizada por la alumna: “Laura Hernández Cruz”, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTORA EN CIENCIAS  
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD  
GANADERÍA

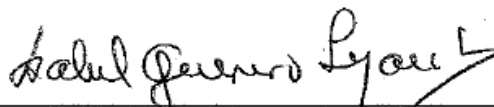
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



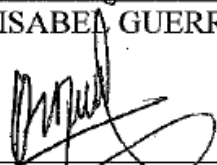
Dr. J. EFRÉN RAMÍREZ BRIBIESCA

ASESOR:



Dra. Ma. ISABEL GUERRERO LEGARRETA

ASESOR:



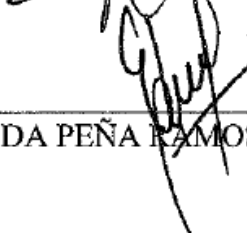
Dr. OMAR HERNÁNDEZ MENDO

ASESOR:



Dra. ELIZABETH GARCÍA GARCÍA

ASESOR:



Dra. AÍDA PEÑA RAMOS

Montecillo, Texcoco, Edo. De México, Mayo de 2011

## **CALIDAD DE LA CANAL Y CARNE DE CORDEROS COMPLEMETADOS CON ACEITES Y RASTROJO DE MAÍZ**

**Laura Hernández cruz, Dra.**

**Colegio de Posgraduados, 2011**

El estudio se realizó con 48 corderos de la cruce Pelibuey x Katahdin de aproximadamente 4 meses de edad con un peso promedio de  $29 \pm 1.2$  kg los cuales se distribuyeron en un diseño completamente al azar, en arreglo factorial  $2 \times 4$ ; los tratamientos fueron: 1) Sin aceite (C), 2) 3% de aceite con ácido linoleico conjugado (CLA), 3) 3% de aceite con ácido linoleico (LA) y 4) 3% de aceite de linaza (LZ); y dos porcentajes de rastrojo de maíz por kg de  $MS^{-1}$  (16 y 26). Los resultados en GDP y CMS/GDP no presentaron diferencias, sin embargo, el CMS fue menor ( $P < 0.05$ ) cuando se proporcionó 16% de rastrojo de maíz en las dietas. En el rendimiento de la canal caliente, fría y proporciones no hubo diferencias. En el tratamiento C se observó el mayor tamaño ( $P < 0.05$ ) para perímetro de la pierna (35.6 cm), largo y perímetro de la extremidad delantera presentaron los mayores tamaños ( $P < 0.05$ ) en el tratamiento LA, 47.0 y 25.6 cm, respectivamente, cuando los corderos recibieron 16% de rastrojo de maíz. La mayor temperatura de la canal caliente se observó al momento del sacrificio ( $P \leq 0.05$ ) en corderos alimentados con 26% de rastrojo de maíz. El porcentaje de lípidos totales fue mayor ( $P < 0.05$ ) en la carne de corderos que no recibieron aceite, independiente del porcentaje de rastrojo; la carne con el mayor contenido de lípidos ( $P < 0.05$ ) se presentó en C (18.47 %) y el menor en LA (12.23 %). El contenido de proteína fue mayor ( $P = 0.05$ ) en los corderos alimentados con LA y 26% de rastrojo de maíz, y el menor contenido se observó en C y 16% de rastrojo. En color de la carne, el tratamiento LZ y 26% de rastrojo, el valor de  $b^*$  fue mayor ( $P < 0.05$ ). El contenido de ácido oleico (C18:1) fue mayor ( $P = 0.03$ ) en corderos alimentados con el tratamiento C y 16 % de rastrojo y el menor contenido se observó en corderos alimentados con CLA y 26% de rastrojo de maíz. El mayor contenido ( $P = 0.03$ ) de CLA se observó cuando se agregó LZ y 26% de rastrojo, el ácido araquidónico fue mayor ( $P = 0.01$ ) cuando los corderos recibieron CLA y 16% de rastrojo de maíz. En el análisis sensorial se observaron diferencias en la variable de intensidad del olor ( $P < 0.05$ ) del grupo del grupo de corderos alimentados con C y 16% de rastrojo. El complemento de LZ en la dieta y 16% de rastrojo de maíz presentaron la mejor respuesta en los corderos, además de ser el más económico y fácil de conseguir.

**Palabras clave:** CLA, linoleico, linaza, ovinos, carne

# CARCASS QUALITY AND MEAT FROM LAMBS SUPPLEMENTED WITH OILS AND CORN STOVER

**Laura Hernández Cruz, Dra.**  
**Colegio de Posgraduados, 2011**

Forty-eight crossbred Pelibuey x Katadin cross about 4 months old with an average weight of  $29 \pm 1.2$  kg which were distributed in a completely randomized design in factorial arrangement  $2 \times 4$ , the treatments were: 1) Without oil (C), 2) 3% oil with conjugated linoleic acid (CLA), 3) 3% oil linoleic acid (LA) and 4) 3% linseed oil (LZ) and two percentages of corn stover per kg of MS-1 (16 and 26). The results in GDP and CMS / GDP did not differ, however, DMI was lower ( $P < 0.05$ ) when it provided 16% of corn stover in the diets. Hot and cold carcass there were no difference proportions. In treatment C increased size was observed ( $P < 0.05$ ) leg circumference (35.6 cm), length and perimeter of the front end had the highest sizes ( $P < 0.05$ ) in the treatment LA, 47.0 and 25.6 cm, respectively, when the lambs received 16% of corn stover. The highest temperature of the hot carcass was observed at slaughter ( $P \leq 0.05$ ) in lambs fed 26% corn stover. The total lipid was higher ( $P < 0.05$ ) in meat from lambs that received no oil, regardless of the percentage of corn stover, and the meat with the highest lipid content ( $P < 0.05$ ) was found in C (18.47%) and the lowest in LA (12.23%). The protein content was higher ( $P = 0.05$ ) in lambs fed with LA and 26% of corn stover, and the lowest content was observed in C and 16% of corn stover. LZ treatment and 26% of corn stover, the value of  $b^*$  was higher ( $P < 0.05$ ). The content of oleic acid (C18: 1) was greater ( $P = 0.03$ ) in lambs fed treatment C and 16% of corn stover and the lowest content was observed in lambs fed CLA and 26% of corn stover. The highest content ( $P = 0.03$ ) of CLA was observed when added LZ and 26% of corn stover, arachidonic acid was higher ( $P = 0.01$ ) when the lambs were CLA and 16% of corn stover. In sensory analysis the variable differences in odor intensity ( $P < 0.05$ ) group of lambs fed group C and 16% of corn stover. The LZ supplement in the diet and 16% of corn stover showed the best response in the lambs as well as being the most economical and readily available.

**Keywords:** CLA, linoleic acid, linseed, sheep, meat.

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A Dios por estar siempre a mi lado.**

A ti que me regalas tu tiempo al leer estas líneas.

A todas las personas que le dan a México un presupuesto para emplearlo en educación y  
CONACYT.

A los miembros del consejo particular, Dr. Efrén Ramírez Bribiesca, Dra. Isabel Guerrero Legarreta, Dr. Omar Hernández Mendo, Dra. Elizabeth García García, Dra. Aida Peña Ramos y Dr. David Hernández Sánchez por el tiempo empleado en sugerencias y colaboración, pero sobre todo por su amistad y confianza.

El proyecto fue financiado por la línea 7. Inocuidad, calidad de alimentos y bioseguridad del Colegio de Postgraduados a quien agradezco por su invaluable apoyo.

A los académicos por enriquecer mi vida con sus conocimientos y experiencias. A todo el personal por que sin ustedes no seria posible el producto de esta institución.

A las personas que forman parte del equipo de los laboratorios de nutrición animal, Ganadería y Biotecnología de la UAM-I, por que gracias a su participación se concluyo este trabajo.

A las personas de la planta TIF: 424 Corderico por permitirme trabajar con ustedes en el procesamiento de las canales de cordero.

A todas esas personas maravillosas que me apoyaron durante mi estancia en esta institución, ya que gracias a ustedes que estuvieron en todo momento con migo, desde las reparaciones en la carpintería, en la sala de cirugía, pasando a la escuela, etc. hoy se concluye esta meta.

Laura

## DEDICATORIA

A mi hija America Selene porque eres lo que más amo, tu linda sonrisita me hace seguir en cualquier circunstancia.

A mis padres Paulina y Ramiro por todo el amor que me han brindado y siempre están en mi corazón.

A Daniel, Ana Delia y Mario por todo su apoyo, es maravilloso contar con unos hermanos como ustedes.

A ti Noé porque eres una persona muy especial en mi vida, sobre todo por esa persistencia que te caracteriza.

A toda la familia y amigos porque sin ustedes no seria quien quiero ser.

Laura

*Sea conocimiento o sabiduría lo que se busca, conviene dirigirse directamente a la fuente de origen. Y esa fuente no es el catedrático, ni el filósofo, ni el preceptor, el santo o el maestro, sino la vida misma.*

Henry Miller

## CONTENIDO

1. <b>INTRODUCCIÓN</b> .....	10
2. <b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	11
2.1 Biosíntesis de CLA en rumiantes .....	11
2.2 Distribución en el organismo del consumo de CLA .....	13
2.3 Factores que afectan la concentración de CLA .....	14
2.4 Concentración de CLA en carne y productos cárnicos .....	15
2.5 Efectos del CLA en la Salud humana. ....	18
2.6 Posibles mecanismos de acción del CLA .....	19
3. <b>OBJETIVOS</b> .....	25
3.1 Objetivo General .....	25
3.2 Objetivos específicos .....	26
4. <b>JUSTIFICACIÓN E HIPÓTESIS</b> .....	26
4.1 Justificación.....	26
4.2 Hipótesis.....	28
5. <b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	28
5.1 Localización .....	28
5.2 Animales .....	29
5.3 Dietas y alimentación.....	29
5.4 Diseño experimental y tratamientos .....	30
5.5 Recolección de datos y almacenamiento de muestras .....	31
5.6 Procesamiento de muestras y análisis de laboratorio .....	34
5.7 Variables de respuesta .....	36
5.8Análisis estadístico .....	37
6. <b>RESULTADOS</b> .....	38
6.1 Comportamiento productivo .....	38
6.1.1 Comportamiento productivo durante la engorda de ovinos de pelo. ....	38
6.1.2 Rendimiento de ovinos de pelo .....	38
6.1.3 Medidas en la canal.....	38
6.2 Composición y características de la carne de ovinos de pelo. ....	43
6.2.1 Composición y características físicas de la carne de ovinos de pelo.....	43
6.2.2 Perfil de ácidos grasos de la carne de ovinos de pelo.....	43
6.3 Análisis sensorial en carne de ovinos de pelo .....	44
7. <b>DISCUSIÓN</b> .....	48
7.1.1Comportamiento productivo durante la engorda de ovinos de pelo. ....	48
7.1.2 Rendimiento de ovinos de pelo .....	49
7.1.3 Medidas en la canal.....	49
7.1Comportamiento productivo .....	48
7.2 Composición y características de la carne de ovinos de pelo. ....	50
7.2.1 Composición y características físicas de la carne de ovinos de pelo.....	50
7.2.2 Perfil de ácidos grasos de la carne de ovinos de pelo.....	51
7.3 Análisis sensorial en carne de ovinos de pelo .....	53
8. <b>CONCLUSIÓN</b> .....	53
9. <b>LITERATURA CITADA</b> .....	55
10. <b>ANEXOS</b> .....	63

## INDICE DE CUADROS

		Página
Cuadro 1	Contenido de CLA en carne fresca.....	16
Cuadro 2	Ácido linoleico conjugado (CLA) contenido en carne y productos cárnicos.....	17
Cuadro 3	Composición de la dieta con diferentes fuentes de aceites y dos porcentajes de rastrojo de maíz en la dieta.....	30
Cuadro 4	Cantidad de carne que se tomo para ser analizada tomando en cuenta la temperatura.....	33
Cuadro 5	Efecto de diferentes fuentes de aceites y dos concentraciones de rastrojo de maíz en el comportamiento productivo de ovinos de pelo.....	40
Cuadro 6	Efecto de diferentes fuentes de aceites y dos porcentajes de rastrojo en el rendimiento de la canal de ovinos de pelo.....	40
Cuadro 7	Efecto de diferentes fuentes de aceites y dos porcentajes de rastrojo en las medidas corporales y fisiológicas en canales de ovinos de pelo.....	42
Cuadro 8	Efecto de diferentes fuentes de aceites y dos porcentajes de rastrojo en la composición y características de la carne de ovinos de pelo.....	45
Cuadro 9	Efecto de la dieta en la composición de ácidos grasos en la carne de ovinos de pelo.....	46
Cuadro 10	Efecto de diferentes fuentes de aceites y dos porcentajes de rastrojo en el rendimiento de porciones al momento del sacrificio y proceso dentro de la planta TIF de ovinos de pelo.....	63
Cuadro 11	Efecto de diferentes fuentes de aceites y porcentajes de forraje en las propiedades sensoriales de la carne de ovinos de pelo.....	64



## INDICE DE FIGURAS

		Página
Figura 1	Mecanismo propuesto para síntesis de CLA para la biohidrogenación ruminal o síntesis endógena. ....	13
Figura 2	Cortes de la canal.....	33
Figura 3	Efecto de diferentes fuentes de aceites y dos porcentajes de rastrojo en el rendimiento de las proporciones de la canal, durante el proceso dentro de la planta TIF y merma de ovinos de pelo.....	41
Figura 4	Efecto de diferentes fuentes de aceites y porcentajes de forraje en las propiedades sensoriales de la carne de ovinos de pelo.....	47
Figura 5	Efecto de diferentes fuentes de aceites y dos porcentajes de rastrojo en el porcentaje de lípidos y proteína de la carne de ovinos de pelo.....	65
Figura 6	Efecto de diferentes fuentes de aceites y dos porcentajes de rastrojo en la luminosidad (L*) de la carne de ovinos de pelo.....	65
Figura 7	Efecto de diferentes fuentes de aceites y dos porcentajes de rastrojo en el color rojo (a*) y amarillo (b*) de la carne de ovinos de pelo.....	66
Figura 8	Efecto de la dieta en la composición de ácidos oleico (%) en la carne de ovinos de pelo.....	66
Figura 9	Efecto de la dieta en la composición de ácidos linoleico conjugado (%) en la carne de ovinos de pelo.....	67
Figura 10	Efecto de la dieta en la composición de ácidos araquidónico (%) en la carne de ovinos de pelo.....	67

## 1. INTRODUCCIÓN

Si bien es conocido que los consumidores prefieren los alimentos naturales a los modificados sintéticamente. Es posible lograr un mayor consumo diario de ácido linoleico conjugado (CLA) incrementando la ingestión de carne, leche y derivados de estos. Esta estrategia de forma equilibrada puede ser compatible con el concepto de alimentación saludable. Por lo tanto, la alternativa a nuestro alcance es la de obtener un enriquecimiento natural en CLA en carne. Este procedimiento tiene además la ventaja de no modificar sustancialmente los hábitos alimenticios de la población, sumar valor agregado a los productos finales a obtener y estimular el consumo de los mismos. Se ha estimado también que la ingestión continua de productos con alto contenido de CLA podría contribuir a lograr ahorros significativos por parte del estado en el rubro de inversión en gastos de salud pública.

Con un manejo estratégico en la alimentación del rumiante se pueden lograr incrementos de CLA en el producto y desarrollar así un alimento funcional. En México, el consumidor está acostumbrado a consumir la carne de ovino en barbacoa, birria, mixiotes y cortes finos los cuales en los últimos años han tenido éxito en la aceptación y que generan grandes expectativas. Según datos oficiales (SAGARPA, 2008), el consumo per cápita de carne de ovino en México es de un kg por habitante por año, haciendo notar que en los últimos años (1990 - 2005) ha sido de 80 a 120% el aumento de la demanda. A pesar de esto, la producción de carne ovina en México no es suficiente para cubrir el mercado a nivel nacional, debido a que la producción apenas satisface el 46,3%, teniendo que importar el 53,6% de carne en trozo o en canal e incluso con animales en pie. El valor agregado de la carne y el déficit actual influyen para garantizar buenos precios en el mercado nacional, lo que puede garantizar que en el país la actividad ovina sea económicamente rentable. Particularmente, la raza de ovinos Pelibuey está aumentando su importancia, ésta ya se adaptó completamente a las condiciones del país y por ser muy prolífica resulta una excelente alternativa para la producción de carne. Por lo consiguiente es necesario realizar estudios con el fin de conocer las propiedades benéficas de la carne, a fin de que esta sea vista por el consumidor con características positivas para su salud, es decir que lejos de dañar al organismo, le proporciona beneficios.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Biosíntesis de CLA en rumiantes

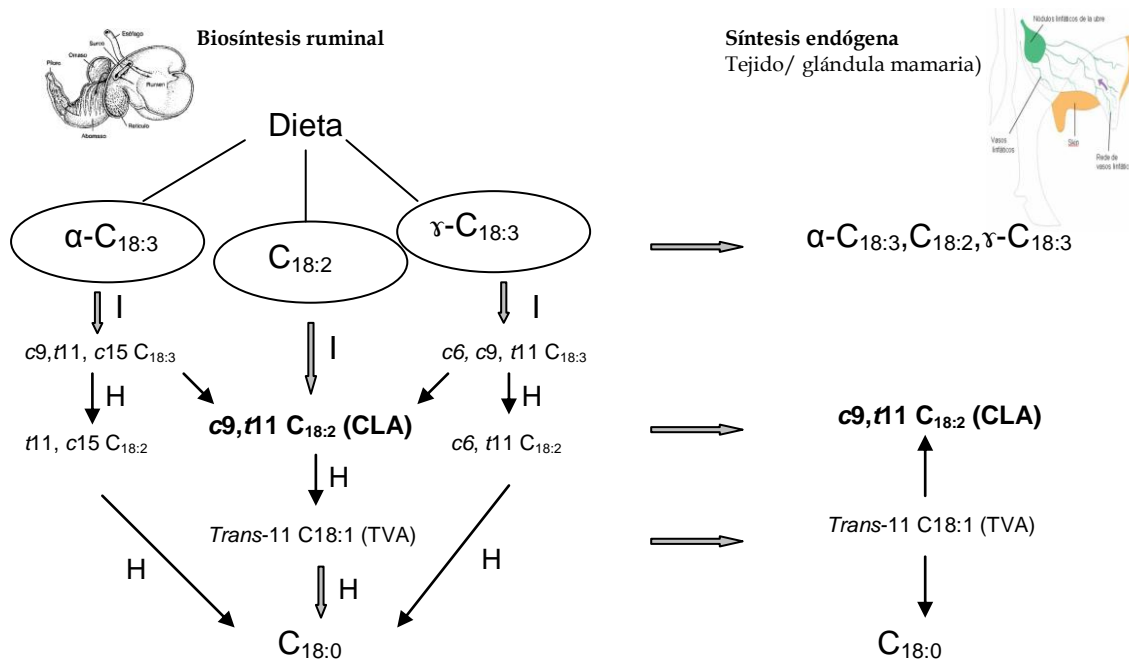
El término Ácido Linoleico Conjugado (CLA) es un término genérico que se aplica a una mezcla de isómeros geométricos y posicionales derivados del ácido linoleico, los dos dobles enlaces en el CLA se encuentran primeramente en los carbonos 9 y 11, ó 9 y 12 a lo largo de la cadena de carbonos, dando así origen al nombre de conjugado. Cada uno de los dobles enlaces puede estar en configuración *cis* ó *trans*, teóricamente ocho son los posibles isómeros geométricos (*c9,c11*; *c9,t11*; *t9,c11*; *t9,t11*; *c10,c12*; *c10,t12*; *t10,c12*; *t10,t12*) los cuales se forman a partir de la isomerización del *c9,c12* (Ácido linoleico) (Ip *et al.*, 1991). El CLA que se encuentra en la leche y carne de rumiantes se origina principalmente de dos fuentes, una es el CLA que se forma en los tejidos animales a partir del ácido vaccénico *trans* 11 C18:1, un producto intermedio en la biohidrogenación de los ácidos grasos insaturados y la otra de la biohidrogenación en el rumen del ácido linoleico C18:2 y linolénico C18:3 como se muestra en la Figura 1(Bauman *et al.*, 1999).

El isómero *cis*-9 *trans*-11 CLA, presente en la leche o en la carne de los rumiantes, se puede absorber como tal del tracto gastrointestinal o puede sintetizarse en forma endógena a partir de ácido vaccénico *trans* 11 C18:1 (Bauman *et al.*, 2000), En ambos casos los precursores de estos isómeros (ácidos grasos poliinsaturados de la dieta, Linoleico y linolénico), una vez ingeridos sufren un proceso de biohidrogenación incompleta a nivel ruminal. Como consecuencia de este proceso, único de los animales rumiantes, se acumula ácido vaccénico debido a que la biohidrogenación y transformación a esteárico es más lenta y constituye un paso limitante en el rumen (Santini *et al.*, 2002).

La presencia de la enzima  $\Delta^9$  - desaturasa en la glándula mamaria y el tejido adiposo, permite a los rumiantes generar el isómero de CLA *cis*-9 *trans*-11 a partir del ácido vaccénico acumulado en rumen (Griinari y Bauman, 1999; Corl *et al.*, 2001 ). Es por esto, que la presencia de CLA en la carne o leche de los rumiantes se encuentra altamente relacionada con la producción de este intermediario en el rumen. Si bien, en otras especies no rumiantes también está presente la  $\Delta^9$  -

desaturasa, únicamente los rumiantes a través de la biohidrogenación ruminal incompleta pueden producir importantes cantidades del sustrato necesario (Ácido vaccénico) para la síntesis endógena del CLA *cis-9, trans-11* (Santini et al., 2002). En las células de mamíferos, el ácido vaccénico es desaturado por un complejo enzimático unido a la membrana del retículo endoplásmico que incluye la citocromo b5, la NADH-citocromo b5 reductasa y la  $\Delta^9$  desaturasa (Bassaganya y Hontecillas, 2002). Mosley et al. (2006) demostraron la conversión directa de Ácido Vaccénico hacia el isómero *cis-9, trans-11* CLA, en vacas lecheras. Otros estudios muestran que del 63 al 93 % del isómero *cis-9, trans-11* CLA es producido por la enzima  $\Delta^9$  – desaturasa a partir del ácido vaccenico (Mosley et al., 2006). Estos datos sugieren que el isómero *cis-9, trans-11* CLA, es el que se produce en mayores cantidades vía el ácido vaccenico. Así también la síntesis endógena de CLA derivada del ácido vaccénico se ha propuesto como la principal vía de síntesis de CLA en las vacas lactantes, estimada en 78% del total de los CLA de la grasa de la leche (Dhiman et al., 2005; Griinari et al., 2000). Por lo tanto el tejido es capaz de sintetizar el *cis-9, trans-11* CLA a partir del ácido graso vaccenico y otros isómeros por acción de la enzima  $\Delta^9$  desaturasa en importantes concentraciones (Bauman et al., 2001).

La síntesis de ácido linoleico conjugado también se origina a nivel ruminal de la biohidrogenación de C18:2 linoleico y C18:3 linolénico a ácido estéarico C18:0 estérico (Bauman et al., 2001), por la bacteria *Butyrivibrio fibrisolvens* (Kepler et al., 1966) y otras bacterias del rumen (Kritchevsky, 2000).



Fuente: Dhiman *et al*, (2005).

Figura 1. Mecanismo propuesto para síntesis de CLA para la biohidrogenación ruminal o síntesis endógena. Ácido linoleico conjugado (CLA); ácido trans vaccenico (TVA); reacción de isomerización I; hidrogenación H.

## 2.2 Distribución en el organismo del consumo de CLA en rumiantes.

Diversos estudios han encontrado que el CLA se incorpora y tiene un destino similar al de los otros ácidos grasos en los sistemas biológicos (Park y Pariza, 2007). La suplementación de CLA incrementa su concentración en los tejidos, éste se incorpora tanto en los triacilgliceroles como en las membranas de las fracciones fosfolipídicas (Devery et al., 2001; Park, 1999; Park et al., 1999; Sisk et al., 2001). Además, el CLA es detectado en todos los fosfolípidos analizados, incluyendo fosfatidilcolina, fosfatidiletanolamina, fosfatidilinositol, fosfatidilserina y cardiolipina (Banni et al., 2001). Se ha demostrado que el CLA puede metabolizarse como los otros ácidos grasos; la elongación y/o desaturación de los metabolitos del CLA se ha detectado en los tejidos animales alimentados con CLA (Park y Pariza, 2007). Aunque es conocido que el CLA se incorpora en las fracciones fosfolipídicas, el punto exacto donde se incorpora aun no se conoce. Se ha encontrado una correlación negativa entre los niveles de CLA y ácido araquidónico en los tejidos animales, esta correlación negativa, sugiere que el CLA compite con el ácido araquidónico en las fracciones fosfolipídicas (Hur, 2007). Kramer et al.(1998) reportaron que el CLA proveniente de la dieta de los animales se absorbe y se incorpora al tejido adiposo y a las membranas de los fosfolípidos y

la acumulación del CLA en los tejidos animales depende de la cantidad consumida y del tiempo de consumo. Bee (2000) reportó que los isómeros de CLA más abundantes en el suplemento fueron transferidos al tejido y a la grasa de la leche y estimó la eficiencia de transferencia en 41 a 52 % para la grasa dorsal y de 55 a 69 % para la leche.

### 2.3 Factores que afectan la concentración de CLA

Rule et al. (2002) mencionan que el sistema de producción y el plano nutricional ofrecido, pueden modificar considerablemente la composición química de la carne y particularmente su contenido de CLA, sistemas de alimentación basados en forrajes frescos permiten mejorar el tipo de ácidos grasos de la carne, como consecuencia de la mayor proporción de ácidos grasos poliinsaturados presentes en el forraje con respecto a los granos de cereales. Si bien el rumen tiene una importante capacidad de saturación de los ácidos grasos insaturados, este proceso no siempre es completo. En la medida que la cantidad de ácidos grasos insaturados aportados por el alimento sea mayor, mayor será la cantidad que escapan a una completa biohidrogenación ruminal y, por lo tanto, existirá una mayor cantidad de CLA o de su precursor susceptible de la acción de la  $\Delta^9$ -desaturasa, otros factores pueden ser la raza o región. Dhinan et al, (2005) observaron que el contenido de CLA total (suma de los isómeros *cis* 9, *trans* 11 CLA y *trans* 10, *cis* 12, CLA) en bovinos varía de 0.07 a 1.35% en la grasa. El amplio rango en el contenido de CLA va a estar en función de tipo de alimento ofrecido, raza y estrategias de manejo.

Al adicionar CLA en la dieta de rumiantes propició la aparición de una grasa con mayor contenido de grasas saturada, CLA, especialmente el isómero *cis*-9, *trans*-11-CLA, y vaccenico *trans*-11-18:1, el cual es un precursor metabólico de CLA (Santercole et al., 2007). García et al. (2008) también notaron que la adición de CLA en la dieta mejoró la concentración no solo de los CLA, sino además, de otros ácidos grasos benéficos como el ácido araquidónico (C20:4 n-6), eicosapentanoico (C20:5 n-3), decosapentanoico (C22:5 n-3) y decosahexanoico (C22:6 n-3). Los ácidos grasos que también modifican su proporción son los ácidos grasos polinsaturados, y si fueron alimentados en pastoreo se favorece la proporción de ácidos grasos de cadena larga en particular de la familia n-3 (García et al., 2008). Los ácidos grasos incluidos en el alimento modifican el perfil de ácidos grasos en la carne de ovino, lo que hace que se sean muy similares a la cantidad recomendada en la dieta humana (Cooper et al., 2004).

## 2.4 Concentración de CLA en carne y productos cárnicos

Schmid et al. (2006) resumen las concentraciones de CLA en carne de diferentes especies animales usualmente usadas para el consumo humano (Cuadro 1). El CLA para cordero fue de 4.3 a 19.0 mg/g de lípidos (que equivale a 0.43 a 1.9% respecto al contenido de lípidos) y en bovinos ligeramente menor con 1.2 a 10.0 mg/g de lípidos. Cabe señalar que las concentraciones más altas tanto para ovinos como para bovinos se debieron al tipo de sistema de producción, en el sistema extensivo se tiene libre acceso el consumo de forrajes verdes y en consecuencia la concentración de CLA aumenta significativamente, sin embargo en los sistemas intensivos, se reduce el tiempo de engorda y la cantidad de forraje es menor, lo que ocasiona que los niveles de CLA sean bajos. Mir et al. (2000) observaron concentraciones de CLA mayores con alfalfa deshidratada comparada con cebada (3.13 vs 8.41mg/g de lípidos), así también estos mismos autores adicionaron aceite de girasol a las dietas, una con cebada y otra con heno, y se incrementó la concentración de CLA de 2.8 a 12.3 mg g<sup>-1</sup> de ácidos grasos en carne de bovino. Rule et al. (2002) observaron mayor porcentaje del isómero *cis-9, trans-11* CLA en grasa intramuscular de ganado alimentado a base de forrajes verdes comparado con el que recibe una fuente alta de granos en la dieta. De igual forma, Dhiman et al. (2005) observaron en los bovinos alimentados con forrajes verdes un incremento de 200 a 500% más de *cis-9, trans-11* CLA comparados con toretes que recibieron 87% de grano en la dieta.

Por lo que se puede apreciar el contenido de CLA para cerdo, pollo, y caballo es inferior a 1 mg/g de lípido, existe una gran variación entre las diferentes especies, sin embargo es importante señalar que varía incluso dentro de un músculo para la misma especie (Schmid et al., 2006). Así, datos reportados por López y Casp (2004) mencionan variación de la grasa en la carne, en este caso en particular hacen referencia a ovino que va de 5.25 a 6%. Teniendo en cuenta que las variaciones se deben al contenido de grasa, y ésta no es constante, incluso dentro de la misma especie.

**Cuadro 1. Contenido de CLA en carne fresca.**

Referencia	ovino	bovino	vacuno	cerdo	pollo	Pavo	Caballo
en mg/g de grasa							
Chin et al. (1992)	5.6	2.9-4.3 <sup>b</sup>	2.7	0.6	0.9	2.5	
Shantha et al.(1994)		5.8-6.8 <sup>b</sup>					
Dufey et al.(1999)	11.0 <sup>c</sup>	3.6-6.2 <sup>a, c</sup>		0.7 <sup>c</sup>			0.6 <sup>c</sup>
Ma et al.(1999)		1.2-3.0 <sup>b, c</sup>					
Raes et al. (2003)		4.0-10.0 <sup>a, c</sup>					
Badiani et al. (2004)	4.32						
en mg/g FAME							
Fritsche and Steinhardt (1998)	12.0 <sup>c</sup>	6.5 <sup>c</sup>		1.2/1.5 <sup>b, c</sup>	1.5 <sup>c</sup>	2.0 <sup>c</sup>	
Rule et al. (2002)		2.7-5.6 <sup>a, b, d</sup>			0.7 <sup>d</sup>		
Wachira et al. (2002)	8.8-10.8 <sup>c</sup>						
Kinght et al (2004)	19.0 <sup>c</sup>						

Fuente: Schmid et al. (2006).

FAME: Ácidos grasos metil ester no están dados en base a extracto etéreo.

<sup>a</sup> Carne de diferentes sistemas de producción y países.

<sup>b</sup> Diferentes piezas de la canal (diferentes animales).

<sup>c</sup> Únicamente cis9,trans11-18:2

<sup>d</sup> Únicamente cis9,trans11-18:2 y trans10,cis12-18:2

Por otro lado, haciendo énfasis a la importancia en la proporción de los de los isómeros con propiedades benéficas tenemos que el contenido de los CLA y la proporción de *cis-9, trans-11* CLA en productos frescos y procesados se muestra en el Cuadro 2. El contenido de CLA en productos cárnicos de rumiante, es de 0.46% respecto al contenido de grasa dentro de un rango de 0.12 a 1.20%, y con un 73% de *cis-9, trans-11* del total de CLA. El contenido de CLA en carne de animales no-rumiantes en promedio es de 0.16% de la grasa dentro de un rango de 0.06 a 0.25% dentro de la cual el isómero *cis-9, trans-11* representa un 65% del total de CLA (Dhiman et al., 2005). Mir et al. (2002) reportan en bovinos alimentados con 0 y 6% de aceite de girasol en la dieta un aumento en la concentración de CLA de 0.28% a 1.25%. Así también Enser et al. (1999) reportan que bovinos alimentados con 6% en aceite de linaza incrementa el contenido de *cis-9, trans-11* CLA a 0.8% comparado con el control 0.32% en la grasa del músculo. En lo que se refiere a la especie ovina Kim et al. (2007) mencionan en ovinos Dorper alimentados con diferentes fuentes de aceite en la dieta (4%) la concentración de CLA tuvo una respuesta en un rango de 0.23 a 0.48% respecto al contenido de grasa. Cooper et al. (2004) reportan un aumento de CLA a 1.2% y 0.82% con 43 g de aceite de linaza y pescado kg<sup>-1</sup> de alimento,



respectivamente, comparados con una dieta con melaza (0.79%), destacando que todos los animales recibieron aproximadamente 560 g de forraje kg<sup>-1</sup> de alimento. Así mismo Boles et al. (2005) señalan que al alimentar corderos Targhee x Rambouillet con 0, 3 y 6% de aceite de cártamo las concentraciones fueron de 0.62, 0.99 y 1.45% *cis-9,trans-11* CLA, respectivamente, en la grasa del músculo.

**Cuadro 2. Ácido linoleico conjugado (CLA) contenido en carne y productos cárnicos.**

Muestra	CLA <sup>1</sup> total (% en grasa)	<i>cis9,trans11</i> CLA <sup>2</sup> (% en CLA total)
<b>Rumiante</b>		
Bovino		
Carne molida	0.16-0.43	72-86
Round	0.29-0.68	57-79
Ribeye	0.30-0.64	61
T-bone	0.61	59
Sirloin	0.12-0.58	59
Frank	0.33	83
Salchicha ahumada	0.38	84
Vacuno	0.27	84
Ovino	0.18-1.20	92
<b>No-rumiante</b>		
Pavo	0.20-0.25	40-76
Pavo ahumado	0.24	62
Cerdo	0.06-0.13	25-82
Tocino ahumado	0.17	76
Pollo	0.09-0.15	67-87
Conejo	0.11	27

Fuente: Dhiman et al., (2005). <sup>1</sup>Valores mínimos y máximos expresados en porcentaje respecto al contenido de grasa, <sup>2</sup>Porcentaje de isómeros respecto al total de CLA.

En lo que se refiere a carne procesada Ha et al. (1989) citado por Dhiman et al. (2005) reportan un moderado incremento en el contenido de CLA en bistec cocido de bovino comparado con uno crudo. Shantha et al. (1994) observaron que en carne de bovino preparado con diferentes métodos y temperaturas no se presentaron cambios en el contenido de CLA. Así también, Miranesi et al. (2005) citados por Schmid et al. (2006) reportaron que costillas-lomo de ovino sometidas a cocción en el microondas, no presentaron cambios en el contenido de CLA. Estos mismos autores concluyen que el cocimiento y la refrigeración no afectan negativamente el contenido de CLA en la carne. De igual forma Dhiman et al. (2005) en base a resultados previos reportaron que el contenido de CLA no se afectó cuando las condiciones de refrigeración y cocinado están dentro de lo normal. Sin embargo aun falta información de los métodos de preparación y temperaturas

de cocción sobre su el efecto de la concentración de CLA en la carne. Respecto a la estabilidad de los lípidos, específicamente el CLA, Alfaia et al. (2007) reportaron que en ovinos alimentados con CLA, no se afectaron los niveles de oxidación de lípidos en carne inducidos por irradiación.

## 2.5 Efectos del CLA en la Salud humana.

La grasa presente en los productos derivados de los rumiantes como la carne generalmente es considera como perjudicial para la salud, por su alto contenido de grasas saturadas, sin embargo en los últimos años se ha encontrado que podría tener efectos benéficos para la salud (McGuire y McGuire, 2000). El término, "alimentos funcionales" se utiliza a menudo como una descripción genérica para referirse a los efectos benéficos de los alimentos ingeridos (Bauman et al., 2001). En este caso nos referimos al ácido linoleico conjugado conocido como CLA por sus siglas en inglés, el cual fue estudiado por Pariza et al. (1979) hace más de tres décadas cuando encontraron en la carne un factor anti-mutagénico que consistía en una serie de isómeros conjugados del ácido linoleico. Posteriormente Ha et al. (1987) establecieron que este efecto se debía a la presencia de derivados del ácido graso linoleico con dobles ligaduras conjugadas (CLA), en este caso, en posición *cis*-9, *trans*-11. Así, es importante mencionar que los únicos isómeros que han sido señalados con efectos anticancerígenos, son los isómeros *cis*-9, *trans*-11 y *cis*-10, *trans*-12 CLA que se encuentran de forma natural en los productos derivados de rumiantes como carne y leche (McGuire y McGuire, 2000, Pariza et al., 2001, Bauman et al., 2002 ).

Dhiman et al. (2005) reportaron que la dosis mínima efectiva de CLA necesaria para prevenir la incidencia de cáncer en modelos animales es de 0.05% de la dieta. Asumiendo que un adulto en promedio consume 600 g de alimento por día, una persona estaría ingiriendo poca cantidad de CLA, siendo aproximadamente de 127 mg por día 0.021 % de la dieta. Sin embargo una persona que consume productos enriquecidos con CLA tiene un consumo alrededor de 441 mg por día que equivale a 0.074% de la dieta, que está por encima del valor mínimo que ha demostrado ser eficaz para reducir la incidencia de cáncer en modelos animales.

Gagliostro (2004) menciona que en ratas con peso promedio de 350 g de peso vivo, el consumo diario preventivo de CLA sería del orden de 0.015 g. Sin embargo para obtener una ingestión

equivalente en el ser humano, resulta más adecuado utilizar el peso metabólico ( $\text{peso} \times 0.75$ ) en lugar del peso vivo directo. Dicho cálculo permite proponer que un consumo diario de 0,8 g de CLA podría ejercer un efecto terapéutico sobre el cáncer de una persona en peso promedio de 70 kg.

Investigadores de la universidad de Iowa (Parrish et al., citados por Gagliostro, 2004) han tratado de cuantificar el consumo diario de CLA por parte de una persona con una dieta normal de productos no enriquecidos en CLA para conocer que tan lejos se encuentra dicho consumo respecto al nivel terapéutico anticancerígeno de 800 mg por día para el ser humano. Sus cálculos indicaron que dicha cantidad estaría situado en 150 mg por día de CLA representando el 19% de lo requerido, esto a niveles de estrategias de alimentación en los animales para lograr carnes, leche y huevos enriquecidos con CLA. El consumo de esta nueva “dieta con alimentos funcionales” permitió alcanzar una ingestión de CLA del orden de 693 mg por lo tanto un 87% del requerimiento diario de CLA, resultando ahora muy cercana a la dosis recomendada.

La ingestión diaria de CLA con los alimentos convencionales puede resultar insuficiente para que los mismos puedan expresar sus potenciales efectos bioquímicos, moleculares y fisiológicos contra el cáncer, aterosclerosis y obesidad por lo tanto una adecuada alimentación con productos derivados de rumiantes puede permitirnos lograr sustanciales incrementos de CLA en la dieta y de esta manera participar en los beneficios a la salud derivado de estos (Gagliostro, 2004).

## 2.6 Posibles mecanismos de acción del CLA

En 1987, el grupo del Dr. Pariza de la universidad de Wisconsin observó que mezclas de isómeros de CLA obtenidas a partir de carne de res asada o sintéticamente en el laboratorio inhibían el crecimiento de tumores de piel en ratones. Tras este primer descubrimiento, se han realizado múltiples investigaciones acerca de los efectos anticancerosos, potenciadores de la función inmune, antiateroesclerosis y modificadores de la composición corporal del CLA (Fernández- Quintela et al., 2004) Park et al.(1999) encontraron efectos del isómero *cis-9,trans-11* sobre la reducción de grasa corporal en ratones y también observaron que redujo la actividad de la lipoproteína lipasa así como la concentración intracelular de triacilglicerol y glicerol, Lee et al. (1998) y Pariza et al. (2000) encontraron que el isómero *trans-10, cis-12* redujo la expresión

hepática de la stearyl-CoA desaturasa en ratones. Los efectos del CLA sobre el metabolismo de lípidos y composición corporal y sobre el sistema inmune parece deberse al isómero *trans*-10, *cis*-12 (Pariza et al., 2000). Otros autores han encontrado que el isómero *cis*-9, *trans*-11 es un potente activador y tiene alta afinidad por los PPAR- $\alpha$  (peroxisome proliferator-activated receptor-  $\alpha$ ). Los isómeros del CLA producen efectos diferentes por lo tanto más que un mecanismo bioquímico de acción parece estar involucrado en varios efectos fisiológicos. Pariza et al. (2000) mencionan que los efectos del CLA no pueden ser explicados por un solo mecanismo bioquímico, esta hipótesis está sustentada ya que los isómeros *cis*-9,-*trans*-11 y *trans*-10, *cis*-12 producen diferentes efectos y es difícil imaginar que un solo mecanismo bioquímico sea el responsable de estas observaciones.

**CLA y cáncer** Ip et al. (1991) demostraron la reducción de tumores mamarios en ratas suplementadas con CLA y también determinaron que cantidades tan pequeñas como 0.1% de CLA en la dieta son efectivas para reducir el tamaño y número de tumores mamarios. Aunque los efectos del CLA sobre la carcinogénesis son contundentes, existe poca información sobre los mecanismos mediante los cuales el CLA previene o inhibe el cáncer. Evidencias recientes sugieren que el CLA compite con el ácido linoleico en la biosíntesis de ácido araquidónico, el precursor de los eicosanoides, los cuales están asociados con la proliferación de los tumores. Banni et al. (1995) y Sebedio et al. (1997) reportaron que el ácido linoleico es metabolizado hacia ácido linolénico conjugado y también hacia eicosatrienoico, así como a dos isómeros del ácido araquidónico, la presencia de estos inusuales isómeros indica que el CLA puede tomar parte en la desaturación y elongación de la cadena, estos intermediarios pueden inhibir la síntesis de los eicosanoides más comunes (McGuire y McGuire, 1999). Liu y Belury (1998) determinaron que el CLA redujo la síntesis de prostaglandina E y alteró el metabolismo del araquidonato, se piensa que así como es dramático el efecto del CLA sobre el cáncer, los mecanismos mediante los cuales lo previene son también muy variados.

**CLA modula la proliferación celular y la apoptosis:** En el intento por identificar el mecanismo de acción, los últimos esfuerzos se han centrado en como el CLA modula eventos durante la promoción. La fase de promoción incluye la expansión de las células para formar un tumor benigno. Esta etapa de la carcinogénesis representa una fase preliminar en que los tumores se

forman como resultado de los desequilibrios entre la diferenciación, el aumento de la proliferación de células y reducción de la apoptosis (muerte celular). Los CLA reducen la proliferación de numerosos tipos de células. Ip et al., (2000) reportaron que con grasa de mantequilla los CLA en especial, el *cis*-9, *trans*-11 CLA reducen la tasa de incorporación de bromodeoxyuridina (BrdU) y la expresión de las ciclinas A y D. Estas dos ciclinas regulan la conversión de G1 – fase S del ciclo celular. Además, el CLA en la dieta modera el incremento de los niveles de las proteínas p16 y p27. Estos datos sugieren que el CLA reduce la proliferación de células bloqueando la síntesis de ADN y a las proteínas del ciclo celular que regulan este proceso. Los CLA ofrecen protección contra la carcinogénesis por medio de la apoptosis (muerte celular programada) en numerosos tejidos, incluidos la glándula mamaria, hígado, colon y tejido adiposo. Los brotes mamarios en tejidos de ratas iniciaron con metilnitrosurea, el CLA indujo la apoptosis en sitios de manera específica. La capacidad de CLA para inducir apoptosis en las yemas terminales y las lesiones pre-malignas conocidas como lesiones de la proliferación pueden tener implicaciones en el desarrollo de este tejido epitelial. La inducción de la apoptosis por CLA se asoció con la reducción de la proteína Bcl-2 dentro de las lesiones. Es importante mencionar que los genes tienen efectos diferenciales sobre la apoptosis, por ejemplo, Bcl-2 y Bcl-xL suprimen la apoptosis, mientras que otros, como Bax y Bak, promueven la apoptosis. La capacidad de Bax para inducir la apoptosis parece implicar a un contra efecto en Bcl-2. Aunque CLA reduce Bcl-2, solo hay un moderado efecto de CLA en la proteína Bax. Por lo tanto, parece que el CLA puede apoyar la apoptosis elevada principalmente por la reducción de los supresores de la apoptosis, Bcl-2. Debido a que los efectos inhibitorios de CLA o *cis*-9, *trans*-11 CLA en la reducción de la incorporación de BrdU en el epitelio mamario dependían de el estado de células epiteliales mamarias, en cuanto a los efectos de CLA en los acontecimientos tanto de la proliferación celular y la apoptosis. En general el ácido linoleico conjugado puede modular el ciclo celular y la apoptosis, reduce significativamente los niveles de la ciclina A y ciclina D e induce la apoptosis en el epitelio mamario. El supresor tumoral, p53, induce la apoptosis y modula el ciclo celular en algunos tipos de células en virtud de diversas condiciones, pero se recomienda un estudio más detallado (Belury, 2002).

**Los efectos de CLA en el metabolismo de los fosfolípidos y la regulación de de la expresión génica:** Varios estudios han demostrado que las dietas con CLA se asocian con

alteraciones en los fosfolípidos asociados con el metabolismo de los ácidos grasos y formación de eicosanoides. Cabe señalar que los eicosanoides modulan la tumorigénesis en muchos tejidos, como la glándula mamaria, piel, próstata y colon. Eventos en la carcinogénesis que parecen ser particularmente sensibles a los eicosanoides son la proliferación celular, la inflamación local y sistémica, la agregación plaquetaria y la diferenciación de los tejidos. Dietas con CLA dan como resultado la acumulación de CLA, especialmente el *cis*-9, *trans*-11-CLA en fosfolípidos de los tejidos (hígado, mama, piel y otros) y fracciones de lípidos de suero humano. Además, cuando el alimento contiene ácidos grasos libres, los CLA dietéticos alteran las cantidades relativas de otros ácidos grasos en las fracciones de fosfolípidos. Estos hallazgos plantean la posibilidad de que los CLA, cuando se toman de los alimentos como ácidos grasos libres, compiten con otros ácidos grasos para su incorporación en los fosfolípidos y así modificar la producción posterior de eicosanoides (especialmente de araquidónico, 20:4). De hecho, el CLA de la dieta reduce prostaglandinas (PG)-E2 y/o otros eicosanoides derivados de la oxidación enzimática del ácido araquidónico en algunos tejidos. Así también, de algunos estudios reportan que cuando la dieta con CLA altera los niveles de ácidos grasos no conjugados, estos cambios ocurren en la fracción lipídica neutral en los tejidos (adiposo, piel, hígado, y mama). La importancia radica en la relación de reducir la fracción lipídica neutra asociada a la alteración de los niveles de araquidonato - eicosanoides derivados, pero aun no está muy claro como se genera este proceso (Belury, 2002).

Cuando los CLA reducen araquidonato derivado de eicosanoides, PGE2 y PGF2 en el colon y la piel también se reduce la generación de tumores. Estos estudios sugieren indirectamente que el mecanismo por el cual CLA inhibe la carcinogénesis en algunos tejidos es por la modulación de araquidonato derivado de eicosanoides, el CLA puede desplazar araquidonato en la incorporación en los fosfolípidos (Belury, 2002).

Así también, en un estudio reciente se demostró que la dieta CLA reduce los fosfolípidos asociados a araquidonato en la mucosa del colon de ratas. Una segunda explicación para la reducción del araquidonato derivado de eicosanoides por CLA puede ser a través de la inhibición de la enzima constitutiva, ciclo oxigenasa (COX)-1, y/o la forma inducible, COX-2, en el nivel de RNAm, proteína, o actividad. Los CLA y productos desaturados derivados de CLA (por ejemplo

araquidonato o eicosatetraenoato) puede actuar como antagonistas de COX reduciendo la disponibilidad de la enzima por araquidonato. En un ensayo in vitro, los CLA inhibieron la tasa de oxigenación de araquidonato cuando está presente COX-1. Por otra parte, *cis*-9, *trans*-11-CLA y *trans*-10, *cis*-12-CLA reducen la COX-2 en los niveles de ARNm y proteína a nivel de cultivo. Si bien el CLA es fácilmente metabolizados por la enzima  $\Delta^6$  desaturasa, poco se sabe acerca de cómo CLA modula el metabolismo de ácidos grasos no conjugados a través de sistemas enzimáticos como el  $\Delta^6$  desaturasa -elongasa- $\Delta^5$  desaturasa (Belury, 2002).

La capacidad de los CLA para modificar los niveles de araquidónico puede depender de la forma de CLA (ácido graso libre vs esterificados), así como del tejido y de efectos específicos de las especies. Actualmente no está completamente claro de cómo el araquidónico altera los lípidos neutros vs. fosfolípidos como un modulador del metabolismo de lípidos y formación de eicosanoides (Belury, 2002).

**CLA y reducción de grasa corporal** se han sugerido múltiples mecanismos mediante los cuales el CLA reduce la grasa corporal, por ejemplo; incrementando el gasto de energía, modulando el metabolismo de los adipositos, modulando a las adipokinas y citokinas e incrementando la  $\beta$ -oxidación de los ácidos grasos (Park y Pariza, 2007). Tres son los procesos mediante los cuales se propone que el CLA reduce la grasa corporal; primero; se cree que el CLA incrementa el gasto de energía por que incrementa el consumo de oxígeno y por incrementar la expresión de proteínas no acopladas por CLA, ambos procesos son indicadores del gasto de energía. Segundo el CLA reduce la grasa corporal por reducir la masa adiposa o el número de células adiposas. Esto puede ser posible por lo siguiente: 1. inhibiendo la lipoproteína lipasa en las células adiposas; 2. incrementando la apoptosis de adipositos y pre-adipositos; 3. inhibiendo la actividad de la estearil-CoA desaturasa; y 4. modulando la lipólisis. La lipoproteína lipasa es la enzima clave en la deposición de grasa por lo que inhibirla puede resultar en un reducción en la grasa corporal (Park y Pariza, 2007). La estearil-CoA desaturasa es la enzima limitante para convertir los ácidos grasos saturados a mono-insaturados, el principal sustrato para los depósitos de grasa en los tejidos adiposos. Se ha sugerido que los efectos del CLA sobre los adipositos, puede estar ligado a la interacción entre el CLA y los PPAR. Los PPAR son los receptores nucleares que controlan el metabolismo de lípidos en el tejido adiposo, regulan la diferenciación y proliferación de los

adipositos, así como la lipogénesis. Cabe señalar que la isoforma PPAR $\gamma$  se encuentra en los tejidos extrahepáticos como adiposos, próstata, colon, glándula mamaria y otros.

Los isómeros CLA tienen una afinidad moderada por la activación de PPAR $\gamma$  los estudios actuales se han centrado en estudiar la capacidad del CLA para activar los PPAR $\gamma$  principalmente en los metabolitos del metabolismo de  $\Delta^6$  desaturasa de *cis9,trans11* o *tran10, cis12* CLA. En estos estudios, se han utilizado métodos para bloquear la actividad de la enzima desaturasa para determinar si los metabolitos alteran la activación de los PPAR $\gamma$ . La activación del PPAR $\gamma$  se determinó midiendo la actividad liciferasa con el inhibidor sintético, SC-26196, la capacidad de los isómeros de CLA para activar el PPAR $\gamma$  se redujo. Estos datos sugieren que la activación del PPAR $\gamma$  por CLA incrementa por la formación de  $\Delta^6$  desaturasa. Sin embargo faltan más estudios (Belury, 2002). También se ha visto que el CLA reduce la expresión y secreción de leptina. La reducción de los niveles de leptina se puede explicar por el hecho de que el CLA reduce la cantidad total de tejido adiposo. Finalmente el CLA incrementa la  $\beta$ -oxidación de los ácidos grasos en el musculo esquelético y se puede incrementar la expresión o actividad de la carnitina palmitoil transferasa I (CPT I, la enzima limitante para la  $\beta$ -oxidación de los ácidos grasos) en el musculo esquelético (Park y Pariza, 2007).

Algunos autores han planteado la hipótesis de que los efectos de los CLA sobre el metabolismo lipídico podrían estar mediados por una activación de factores de transcripción como los PPAR. Esta teoría se fundamenta en el hecho de que los PPAR desempeñan un papel importante en la expresión de genes relacionados con procesos que se ven modificados por el ácido linoleico conjugado, tales como la proliferación celular, la apoptosis, y diversos procesos integrantes del metabolismo lipídico (oxidación de ácidos grasos, captación de ácidos grasos, litogénesis, etc. Se ha demostrado que los isómeros de los ácidos linoleico conjugados, al igual que el ácido linoleico, pueden activar estos factores de transcripción (Fernández- Quintela et al. 2004). Belury (2002) ha propuesto que los efectos de los isómeros de CLA puedan deberse a la activación de los PPAR por parte, no solo de los CLA, si no de los metabolitos que resultan de la acción de la  $\Delta^6$  desaturasa, elongasa, y  $\Delta^5$  desaturasa (ácidos 18:3 conjugados, 20:3 conjugado, 20:4 conjugado) sobre el CLA. Esta hipótesis se ve apoyada porque al inhibir la  $\Delta^6$  desaturasa con un



inhibidor sintético, se redujo de manera significativa la capacidad del CLA para activar los PPAR $\gamma$  (Fernández- Quintela et al., 2004).

De acuerdo a lo anterior se podría potencializar el efecto de los PPAR $\gamma$  con el CLA lo que aumentaría el araquidonato o araquidonato conjugado a su vez el hidroxieicosatetraenoato y finalmente los leucotrienos que finalmente afectarían positivamente en la respuesta inmune. Actualmente no se cuenta con los PPAR $\gamma$  como metabolitos purificados para la realización de los experimentos necesarios.

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1 Objetivo General

Evaluar la calidad de la canal y carne de corderos de pelo complementados con diferentes aceites (ácido linoleico conjugado, ácido linoleico y aceite de linaza en un 3%  $\text{kg}^{-1}$  de MS) y dos porcentajes (16 y 26) de rastrojo de maíz en la dieta. Asimismo seleccionar la fuente de aceite más idónea para mejorar la disponibilidad de ácidos grasos en la carne.

#### 3.2 Objetivos específicos

- Evaluar el comportamiento productivo de ovinos: Ganancia diaria de peso, consumo de alimento en base a materia seca y conversión alimenticia.
- Evaluar las características físicas, químicas y fisiológicas de las canales de corderos.
- Evaluar el análisis sensorial de la carne en un grupo de consumidores activos sin entrenamiento a pruebas sensoriales.
- Evaluar la fuente de aceite suplementada y su interacción con la cantidad de fibra en la dieta (porcentaje de rastrojo) que presente mejor disponibilidad económica y biológica en la acumulación y calidad del ácido linoleico conjugado en la carne.

## 4. JUSTIFICACIÓN E HIPÓTESIS

### 4.1 Justificación

La ingestión diaria de CLA con los alimentos convencionales puede resultar insuficiente para que los mismos puedan expresar sus potenciales efectos bioquímicos, moleculares y fisiológicos contra el cáncer, aterosclerosis y obesidad por lo tanto una adecuada alimentación con productos derivados de rumiantes puede permitirnos lograr sustanciales incrementos de CLA en la dieta y de esta manera participa en los beneficios a la salud derivado de estos (Gagliostro, 2004). Una opción puede ser la carne de ovino.

El contenido de CLA de la carne ovina, en ocasiones es mayor que el de otros tipos de carnes, probablemente se debe a características específicas de razas o tipo de sistema de producción. Los animales en pastoreo tienen mejor concentración de CLA. Sin embargo, por el sistema de alimentación se retrasa su crecimiento, rendimiento de la canal, grado de marmoleo y es más común el color amarillo de la grasa que no es dañino pero que para el consumidor resulta poco atractivo, además es difícil cumplir con las características de calidad que el mercado especializado de la industria cárnica solicita. Los animales alimentados con dietas con menor contenido de forraje en el alimento tienen mejores rendimientos, aún cuando el costo de la alimentación se ha incrementado, este se recupera si el producto obtenido cumple con la calidad y sobre todo con la aceptabilidad del producto terminado, por lo que resulta una atractiva alternativa para ser una fuente de CLA.

Utilizando los datos de Dufey et al. (1999) y Schmid et al. (2006), un gramo de grasa contiene 11 mg de CLA en carne y el requerimiento terapéutico de CLA por día es de 800 mg, esta cantidad estaría presente en 72.72 g de grasa, a lo que tomando en cuenta que la carne tiene 10% de grasa, una persona tendría que consumir 0.727 kg de carne al día, lo que resulta poco recomendable en cuestiones de salud. Por lo tanto, es importante considerar otras estrategias de alimentación con suplementos de fuentes de ácidos grasos en las dietas de los animales para poder incrementar el contenido de CLA en la carne producida. Este trabajo se planteó con la finalidad de ofrecer un producto que además de nutritivo tenga propiedades benéficas en cuestiones de la salud (alimento funcional) y también con el fin de obtener un alimento funcional que tenga efectos positivos sobre la salud de quienes consumen carne en cantidades moderadas.

El estudio se realizó con corderos en la raza Pelibuey, debido a la difusión y reproducción acelerada que ha tenido en el país. No hay trabajos científicos en contenido de CLA en esta raza y mucho menos con el efecto de dietas, por tal motivo es de interés el planteamiento de esta investigación.

#### 4.2 Hipótesis

El suministro de diferentes fuentes de aceites (ácido linoleico conjugado, ácido linoleico y aceite de linaza en un 3 %  $\text{kg}^{-1}$  de MS) en la dieta y suplementando 16 o 26% de rastrojo de maíz en corderos provoca cambios en el comportamiento productivo, características de la canal y la carne, además cambia la concentración final de ácido linoleico conjugado, lo que puede favorecer la disponibilidad de este en el producto final.

## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1 Localización

El estudio se realizó en las instalaciones del área experimental del Postgrado en Ganadería, las muestras también fueron procesadas y analizadas en el laboratorio de Nutrición Animal, en el Colegio de Postgraduados<sup>1</sup>, a excepción de los análisis en carne que fueron analizados en el laboratorio de Biotecnología de la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa<sup>2</sup>. Los animales se sacrificaron en el Rastro TIF: 422, Empacadora el arbolito, S.A. DE C.V.<sup>3</sup> y se trasladaron a la planta TIF: 424 Corderico de México, S.A. DE C.V.<sup>4</sup>.

### 5.2 Animales

Cuarenta y ocho animales machos (Pelibuey x Katahdin;  $29 \pm 1.2$  kg de peso), se asignaron al azar a los ocho tratamientos y alojados en jaulas individuales y elevadas. Al inicio, los animales fueron tratados contra clostridium (Ultrabac 8®, SmithKlineBeechman), y desparasitados (Ivomec Plus® Merck, Rahawy, NJ). Los ovinos recibieron una fase de adaptación y posteriormente los tratamientos durante 14 días antes de iniciar el estudio.

### 5.3 Dietas y alimentación

Se elaboraron ocho dietas (Cuadro 3): cuatro con 16 y 26% de rastrojo de maíz a los cuales se les agregaron los siguientes tratamientos: 1) no se suplementó aceite (C), 2) 3% ácido linoleico conjugado (CLA), 3) 3% ácido linoleico (LN), 4) 3% de aceite de linaza (BASF Mexican). Las dietas a las que no se les agregó aceite fueron formuladas con grano como fuente de energía. La composición de los diferentes tratamientos fue formulada en base a los requerimientos nutricionales para ovinos reportados en las tablas del NRC, (2007) y tomando en cuenta el aporte

---

<sup>1</sup> Km. 36.5 carretera Federal México Texcoco, C.P. 56230, Montecillo, Texcoco, Edo. de México.

<sup>2</sup> Av. San Rafael Atlixco, C.P. 09340, Mex. D.F.

<sup>3</sup> Calle del árbol s/n, Esquina Av. Zumpango, Teoloyucán, C.P. 54770 Edo. de México.

<sup>4</sup> 2a privada de Francisco Villa No. 14, Villa Alta, Tepetitla de Lardizábal, C.P. 90700, Tlaxcala.

energético de los aceites (CLA, ácido linoleico y linaza), la alimentación se proporcionó dos veces al día como se indica: 60% a las 07:00 h, 40 % a las 15:00 h.

De forma individual los animales se pesaron en una balanza con precisión  $\pm 10$  g (Torrey®, México) cada 14 días, así también se registro el consumo diario, el rechazo de alimento, para calcular la ganancia diaria de peso y conversión (consumo diario/ganancia diaria de peso) usando como referencia el consumo de alimento y el peso ganado durante un periodo de 56 días.

**Cuadro 3. Composición de la dieta con diferentes fuentes de aceites y dos porcentajes de rastrojo de maíz en la dieta**

	16% de rastrojo de maíz				26% de rastrojo de maíz			
	C	CLA	LA	LZ	C	CLA	LA	LZ
<b>Ingredientes, % (MS)</b>								
Grano de cebada	42.24	37.24	37.24	37.24	24.00	22.60	22.60	22.60
Grano se trigo	23.57	24.68	24.68	24.68	24.45	24.72	24.72	24.72
Paja de maíz	15.42	15.93	15.93	15.93	25.80	26.98	26.98	26.98
Harina de soya	5.40	5.43	5.43	5.43	6.68	6.92	6.92	6.92
Aceite	0.00	3.11	3.11	3.11	0.00	3.11	3.11	3.11
Melaza	11.18	11.23	11.23	11.23	16.40	13.03	13.03	13.03
Urea	0.88	1.06	1.06	1.06	1.19	1.33	1.33	1.33
Minerales <sup>1</sup>	1.31	1.32	1.32	1.32	1.31	1.32	1.32	1.32
<b>Ácidos grasos, % <sup>2</sup></b>								
16:0 Palmítico	1.22	13.53	14.17	10.52	13.36	11.39	9.66	10.74
16:1 Palmitoleico	1.24	3.68	1.27	2.79	4.66	4.61	5.68	5.11
17:0 Heptadecanoico	0.71	4.87	3.44	5.37	0.91	4.27	5.77	5.19
17:1 <i>cis</i> 10 Heptadecenoico	2.15	3.10	3.44	3.76	1.20	3.22	3.00	2.98
18:0 Esteárico	7.84	16.10	15.50	15.47	13.26	12.63	10.28	13.62
18:1 Elaídico	4.16	9.00	9.65	13.21	3.90	10.06	10.30	10.20
18:1 Oleico	7.01	5.95	11.51	7.36	4.02	8.60	9.30	11.70
18:2 Linoleaidico	2.47	2.35	4.52	4.23	0.00	4.63	4.65	6.59
18:2 Linoleico	7.12	16.90	42.62	25.56	6.06	21.09	45.20	39.11
18:3 Linolénico	9.51	5.75	6.85	7.97	7.56	10.13	8.00	11.28
18:2 CLA isómeros	3.67	15.31	0.69	2.91	0.32	15.25	3.98	4.89
22:0 Behénico	0.20	0.71	0.87	0.80	0.36	1.23	1.09	1.12
20:4 <i>n</i> -6 Araquidónico	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	0.75

C: no se suplemento aceite, CLA: ácido linoleico conjugado, LA: ácido linoleico, LZ: linaza

<sup>1</sup> Contenido de sales minerales: CoSO<sub>4</sub>, 0.068%; CuSO<sub>4</sub>, 1.04%; FeSO<sub>4</sub>, 3.57%; ZnO, 1.24%; MnSO<sub>4</sub>, 1.07%; KI, 0.052%; NaSeO<sub>3</sub>, 0.5% and NaCl, 92.96%. <sup>2</sup> Ácidos grasos en % respecto al los lípidos totales de la dieta.

#### 5.4 Diseño experimental y tratamientos

El diseño experimental fue completamente al azar en arreglo factorial 2 x 4.

Se evaluaron diferentes tipos de aceites (Factor A) y dos porcentajes de forraje en la dieta (Factor B), por lo que se aplicaron ocho tratamientos.

Tratamiento	Contenido de la dieta
1	= Dieta con 16 % de rastrojo sin aceite.
2	= Dieta con 16 % de rastrojo con 3% de ácido linoleico conjugado kg <sup>-1</sup> MS
3	= Dieta con 16 % de rastrojo con 3% de ácido linoleico kg <sup>-1</sup> MS
4	= Dieta con 16 % de rastrojo con 3% de aceite de linaza kg <sup>-1</sup> MS
5	= Dieta con 26 % de rastrojo sin aceite.
6	= Dieta con 26 % de rastrojo con 3% de ácido linoleico conjugado kg <sup>-1</sup> MS
7	= Dieta con 26 % de rastrojo con 3% de ácido linoleico kg <sup>-1</sup> MS
8	= Dieta con 26 % de rastrojo con 3% de aceite de linaza kg <sup>-1</sup> MS

#### 5.5 Recolección de datos y almacenamiento de muestras

El Sacrificio de animales se realizó en el siguiente orden de acuerdo a la Norma Mexicana, (2006):

- Pesado de animales. Los ovinos se pesaron de forma individual después de 12 horas de ayuno para ser conducidos a la sala de matanza del rastro TIF.
- Sacrificio. Se utilizó una pistola de émbolo en la parte frontal de la cabeza.
- Izamiento. Los animales fueron desangrados y se tomó el peso de la sangre.
- Desollado, decapitado y desprendimiento de extremidades, para posteriormente pesarlos. En este paso se obtuvieron los pesos de piel, cabeza, patas.
- Eviscerados. Se retiraron y pesaron las vísceras de la cavidad torácica y abdominal, separando corazón, pulmones, tráquea, bazo, riñones, hígado, cola, retículo-rumen, omaso, abomaso e intestinos.
- Limpieza de vísceras. Se extrajo el contenido digestivo y se pesaron las vísceras nuevamente y se calculó por diferencia el contenido gastrointestinal.
- Limpieza de la canal. La canal se lavó, previo a ello se tomaron datos de temperatura, pH y peso de canal caliente con un potenciómetro portátil (HANNA, mod. HI99163).

- Refrigeración de la canal. Se introdujo a la cámara de refrigeración a 5°C por 24 horas, para nuevamente tomar los datos de temperatura, pH, peso de la canal fría y cobertura de grasa.

La lectura de temperatura y pH fueron tomadas de acuerdo al método propuesto por Guerrero et al. (2002), con un potenciómetro portátil equipado con un electrodo de penetración. Los datos se tomaron en el musculo *Longissimus dorsi* entre la última vértebra torácica y la primera lumbar, directamente en la canal.

La cobertura de grasa de las canales, fue tomada con un vernier 24 horas posmortem. Se realizó una incisión perpendicular a cuatro centímetros, del borde posterior de la última costilla. La medición se realizó en el punto de intersección.

El rendimiento de la canal de calculó en base a las siguientes formulas:

Rendimiento comercial en caliente	=	$PCC/PS \times 100$
Rendimiento comercial en frío	=	$PCF/PS \times 100$
Rendimiento biológico en caliente	=	$PCC/PVV \times 100$
Rendimiento biológico en frío	=	$PCF/PV \times 100$

Donde:

PCC = Peso de canal caliente

PCF = Peso de canal fría

PS = Peso al sacrificio

PV = Peso vacío

El peso vacío se determinó por diferencia del peso corporal vivo y el contenido gastrointestinal.

Medidas de la canal: Son medidas directas que se tomaron a las canales en la cámara fría del rastro.

Porciones de canal de mayor interés comercial; 1) piernas, 2) extremidades delanteras, 3) costillas, 4) lomo, 5) cuello y 6) parte inferior de la costilla (falda) se pesaron y respecto al peso del animal vivo se reportaron en porcentaje.



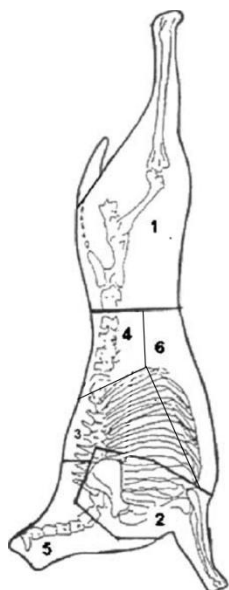


Figura 2. Cortes de la canal.

Cortes de canal: Estos fueron calculadas con los pesos de las partes del animal como son; sangre, piel, patas, cabeza, hígado, viseras y respecto al peso del animal vivo se reportaron en porcentaje. Las muestras de carne fueron tomadas de la pierna derecha de las canales frías, para ellos se seccionaron las canales y se tomaron 550 g de cada pierna. Las muestras por repetición (animal) fueron separadas en bolsitas, identificadas y selladas al vacío para los diferentes análisis. Las muestras fueron almacenadas acorde al análisis al que serían sometidas, como se muestra a continuación:

Cuadro 4. Cantidad de carne que se tomó para ser analizada tomando en cuenta la temperatura.

<b>Carne g</b>	<b>Tipo de Análisis</b>	<b>Temperatura °C a la que se conservo.</b>
50	Perfil de ácidos grasos en tejido	-20
100	Dureza en carne	5
	Color	5
	Actividad de agua	5
	Humedad	-5
150	Lípidos totales	-5
	Proteína	-5
	Cenizas	-5
	Análisis Sensorial	5
250		

## 5.6 Procesamiento de muestras y análisis de laboratorio

Las muestras fueron trasladadas para su posterior análisis a los laboratorios de biotecnología y nutrición animal de la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Iztapalapa y el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, respectivamente. De forma general se describen a continuación los análisis realizados.

**Humedad:** Las muestras fueron pesadas y secadas a 60 °C por 72 horas en bolsas de poli papel, abiertas en una estufa con flujo de aire (FELISA, Mod. 293A), para evitar que las muestras se quemaran o mezclaran y nuevamente fueron pesadas, los cálculos se realizaron de acuerdo a Koniacko, (1979).

$$\% \text{ de Humedad} = \frac{(\text{Peso perdido} \times 100)}{\text{Peso de la muestra}}$$

**Lípidos totales:** Las muestras previamente deshidratadas y molidas fueron pesadas y colocadas en el extractor Soxhlet durante cuatro horas y media, usando el método reportado por Koniacko, (1979).

$$\% \text{ de grasa} = \frac{\text{Peso de la grasa}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

**Proteína:** El contenido de proteína se calculó a partir de su contenido de nitrógeno, usando el factor 6.25 (Koniacko, 1979).

**Cenizas:** Las muestras previamente secas y con peso constante, fueron colocadas en la mufla, a la que se le fue subiendo la temperatura 50 °C cada 7 minutos hasta llegar a 550 °C a los que se mantuvo durante 12 horas, esto con el objetivo de evitar que las muestras se mezclaran. Los cálculos se reportan de acuerdo a Koniacko, (1979).

$$\% \text{ de Cenizas} = \frac{(\text{Peso de cenizas} \times 100)}{\text{Peso de la muestra}}$$

Color: La evaluación instrumental se realizó a las 48 horas postmortem, usando el sistema Hunter Lab de acuerdo con la metodología que se reporta por Guerrero et al. (2002). Para ello se utilizó un colorímetro Minolta (Chroma Meter CR-200, Japan 80025393, Tokio, Japón). Las muestras empacadas al vacío a 5°C se extrajeron y se expusieron al oxígeno por media hora para que adquiriera el color rojo característico de ésta. En cortes de aproximadamente medio centímetro de grosor, se colocaron en el colorímetro, se realizaron cuatro lecturas, girando la muestra 90° entre cada una de ellas. Las mediciones se hicieron en aéreas homogéneas, libres de grasa, sangre y burbujas.

Dureza: Se realizó mediante la prueba de resistencia al corte usando una navaja de Warner-Bratzler en un analizador de textura TA-XT2 (Textura Technologies Corp., Sacarsdale, NY), empleando una velocidad de prueba de 5 mm/s y velocidad de retroceso de 5 mm/s. Se utilizaron muestras de pierna, ambas cocidas y crudas. Las cuales se retiraron del refrigerador y se dejaron a temperatura ambiente, se cortaron cubos de carne cruda de 1 cm<sup>3</sup> y simultáneamente se cocieron pequeños trozos de carne durante 5 minutos con los que enseguida se cortaron cubos de igual medida. Ambas muestras se colocaron con las fibras del músculo transversalmente al filo de la navaja, reportando los datos por triplicado, como la fuerza máxima en gramos aplicada para cortar la muestra (Guerrero et al., 2002).

Actividad de agua: La muestra se retiró del refrigerador y se dejó a temperatura ambiente durante 30 minutos, enseguida se colocó en un porta muestra y se procedió a la lectura (Guerrero et al., 2002).

Perfil de ácidos grasos: Se picaron 5 g de carne, colocándolos en tubos de vidrio de 16 x 1.8 cm, se agregaron 6 ml de la mezcla cloroformo: metanol (2:1 v:v) principio de Folch et al, (1957), se agregó también 1 ml de estándar interno C:13 (0.5mg ml<sup>-1</sup> de metanol), enseguida se colocó en un vortex durante un minuto con siete sesiones, se filtró, a la mezcla que se obtuvo se le agregó 200 µl de NaCl al 0.9% por cada ml, nuevamente se colocó en el vortex un minuto, se esperó a que se separara de la mezcla; se tomó 1 ml de la parte inferior, se secó con N a 55°C (a baño maría), al tubo se le agregó 1 ml de hexano para recuperar los lípidos en el solvente orgánico. Posteriormente se agregó 100 µl de la mezcla de KOH en metanol saturada, se agitó en el vortex

por 1 minuto, enseguida se centrifugó por 5 minutos a 3000 rpm, tomando la fase superior finalmente se depositó en un vial para su análisis en CG. La metodología fue tomada de Fallon et al, (2007), con algunas modificaciones.

Análisis sensorial: Las muestras de pierna empacadas al vacío y congeladas a  $-5^{\circ}\text{C}$ , se expusieron a  $7^{\circ}\text{C}$  de temperatura durante 12 horas para descongelarlas lentamente, se expusieron a temperatura ambiente ( $20^{\circ}\text{C}$ ) y se cocieron a fuego lento hasta llegar a aproximadamente  $70^{\circ}\text{C}$  durante 15 minutos, se fraccionaron en porciones pequeñas y se colocaron en recipientes para que se conservaran calientes y no perdieran la humedad. Las variables evaluadas fueron calidad general, intensidad del olor, jugosidad, intensidad del sabor, color y suavidad. La evaluación se hizo con 56 panelistas, utilizando una escala de 1 a 12 (Guerrero et al., 2002).

### 5.7 Variables de respuesta

Las variables de respuesta del comportamiento productivo fueron: Consumo, ganancia diaria de peso, conversión alimenticia, rendimiento comercial de canal caliente y fría, rendimiento biológico de canal caliente, rendimiento en porcentaje respecto al peso vivo del animal, peso de sangre, cabeza, piel, patas, pulmones, tráquea, corazón, hígado, vísceras gastrointestinales. Porciones de mayor valor comercial en porcentaje respecto al peso vivo: pierna derecha e izquierda, extremidad delantera derecha e izquierda, costilla derecha e izquierda, falda derecha e izquierda (parte inferior de las costillas), lomo y cuello.

Medidas corporales: Grasa dorsal, largo y perímetro de la canal, largo y perímetro de la pierna, largo y perímetro de la extremidad delantera, ancho de la grupa.

Medidas fisiológicas: Temperatura y pH al momento del sacrificio y 24 horas postmortem.

Contenido y características de la carne: Materia seca, Lípidos totales, proteína, cenizas, humedad, perfil de ácidos grasos, color, dureza y actividad de agua.

Análisis sensorial: Calidad general, intensidad en olor a ovino, jugosidad, intensidad del sabor, color, suavidad.

## 5.8 Análisis estadístico

El análisis fue realizado por medio de contrastes ortogonales con el procedimiento de SAS, (2003).

Usando el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + A_i + F_j + AF_{ij} + e_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Variable de respuesta

$\mu$  = Media general

$A_i$  = Efecto fijo de la  $i$ -ésimo aceite en la dieta (Factor A;  $i = 1,2,3,4$ ).

$F_j$  = Efecto fijo del  $j$ -ésimo porcentaje de forraje en la dieta (Factor B;  $j = 1,2$ ).

$AF_{ij}$  = Efecto de la interacción de la  $i$ -ésimo aceite con el  $j$ -ésimo porcentaje de forraje en la dieta.

$e_{ij}$  = Error experimental.

## 6. RESULTADOS

### 6.1 Comportamiento productivo

#### 6.1.1 Comportamiento productivo durante la engorda de ovinos de pelo.

Los valores de comportamiento productivo durante la engorda de muestran en el Cuadro 5. Se presentaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en el consumo de alimento cuando se compararon los dos porcentajes de rastrojo en la dieta, siendo menor con 16% de rastrojo. Para el caso de ganancias diarias de peso y conversión alimenticia no hubo diferencias significativas ( $P > 0.05$ ).

#### 6.1.2 Rendimiento de ovinos de pelo

En lo que se refiere a las variables de respuesta de rendimiento y en particular a los rendimientos comerciales, biológicos (Cuadro 6) y las proporciones corporales (figura 3), no se presentaron diferencias estadísticas ( $P > 0.05$ ) entre los contrastes analizados. Solo el porcentaje de la piel presentó diferencia significativa entre el grupo control vs los grupos que recibieron aceite, obteniéndose mejor ( $P < 0.05$ ) porcentaje de éste tejido con respecto al peso vivo del animal cuando este recibió el aceite linoleico (9.95 vs 7.99).

#### 6.1.3 Medidas en la canal

Los resultados de las medidas de la canal se muestran en el Cuadro 7. Hubo diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) en grasa dorsal, largo y perímetro de la canal, largo y ancho de la grupa. Para las variables del perímetro de la pierna, largo y perímetro de la extremidad delantera se presentaron interacciones entre el aceite y el porcentaje de rastrojo ( $P < 0.05$ ) observándose mayor valor en las medidas de la canal cuando los animales recibieron aceite en la dieta y además recibieron una menor concentración de rastrojo de 16% contra 26%. Las medidas en centímetros de perímetro de la pierna, largo y perímetro de la extremidad delantera fueron 35.63 linaza, 47 linoleico, 25.67 linoleico vs 26.5 linoleico, 42.67 linaza, 22.75 control, respectivamente.

En las variables fisiológicas se observó mayor temperatura al momento del sacrificio ( $P \leq 0.05$ ) cuando el animal estuvo consumiendo la dieta con 26% de rastrojo, (30.73 vs 25.7 °C), manteniendo esta característica ( $P \leq 0.05$ ) a las 24 horas post-sacrificio (6.23 vs 4.83 °C).

**Cuadro 5. Efecto de diferentes fuentes de aceites y dos concentraciones de rastrojo de maíz en el comportamiento productivo de ovinos de pelo.**

Variable	16% de rastrojo de maíz				26% de rastrojo de maíz				SEM	P efecto (P=)		
	C	CLA	LA	LZ	C	CLA	LA	LZ		C vs aceite	rastrojo 16 vs. 26	rastrojo x aceite
Peso inicial, kg	28.62	29.77	29.90	29.92	29.92	29.87	29.90	29.95	1.85	0.63	0.77	0.89
CMS <sup>1</sup> kg d <sup>-1</sup>	1.15	0.92	1.04	0.97	0.97	1.23	1.18	1.14	0.09	0.06	0.02	0.71
GDP <sup>2</sup> kg d <sup>-1</sup>	0.259	0.224	0.221	0.166	0.166	0.210	0.261	0.227	0.04	0.49	0.91	0.69
CMS /GDP <sup>3</sup>	4.54	4.46	5.57	6.95	6.95	6.05	5.10	5.40	0.91	0.61	0.56	0.59

C: no se suplemento aceite, CLA: ácido linoleico conjugado, LA: ácido linoleico, LZ: linaza

<sup>1</sup>CMS: Consumo de metería seca, GDP<sup>2</sup>: Ganancia diaria de peso, CMS/GDP<sup>3</sup>: Conversión alimenticia.

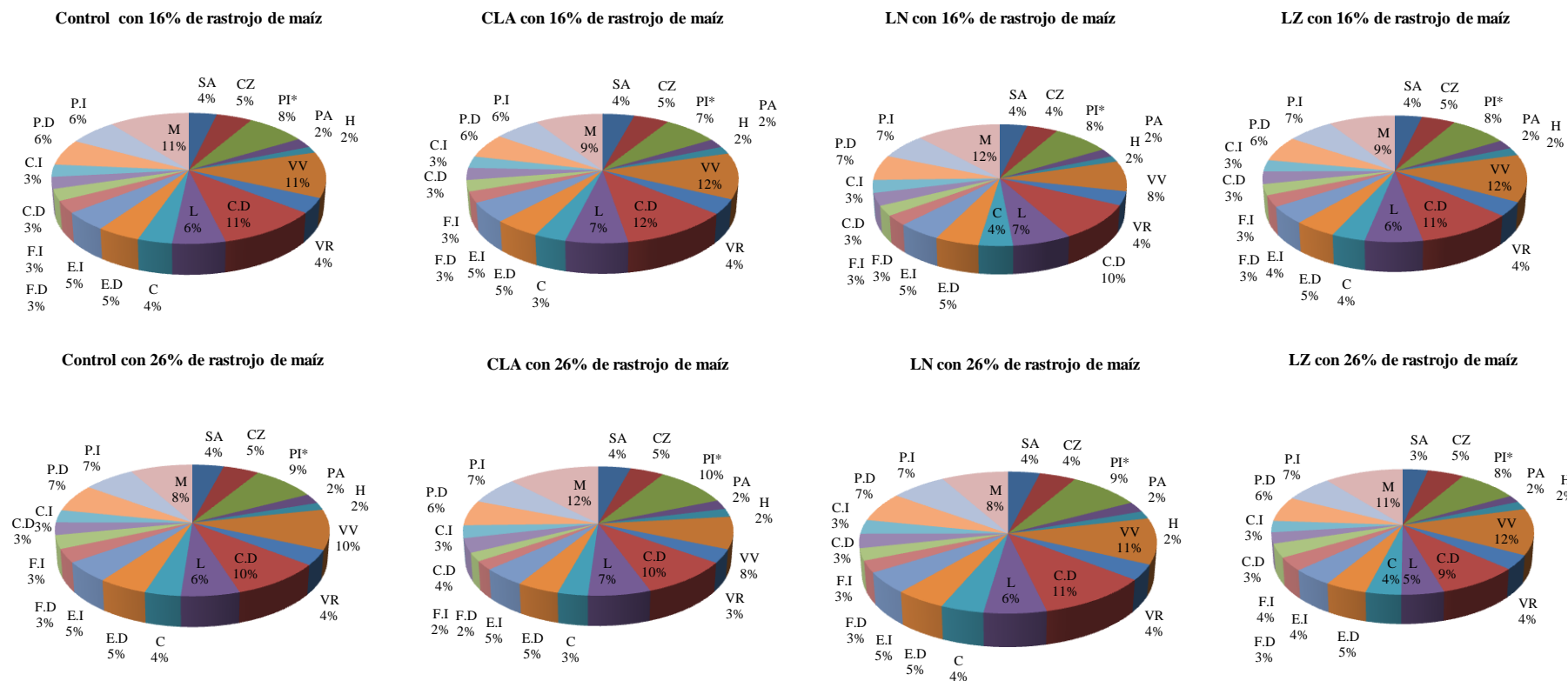
**Cuadro 6. Efecto de diferentes fuentes de aceites y dos porcentajes de rastrojo en el rendimiento de la canal de ovinos de pelo.**

Variable	16% de rastrojo de maíz				26% de rastrojo de maíz				SEM	P efecto (P=)		
	C	CLA	LA	LZ	C	CLA	LA	LZ		C vs aceite	rastrojo 16 vs. 26	rastrojo x aceite
Rendimiento comercial frío	47.04	46.32	49.34	46.62	48.49	45.39	47.9	46.44	1.51	0.47	0.77	0.69
Rendimiento biológico caliente	53.31	52.94	54.79	53.31	54.23	55.69	53.72	56.19	1.70	0.87	0.24	0.86
Rendimiento biológico frío	52.83	52.42	54.53	52.83	54.71	63.65	50.25	54.25	1.30	0.86	0.24	0.46

C: no se suplemento aceite, CLA: ácido linoleico conjugado, LA: ácido linoleico, LZ: linaza



**Figura 3. Efecto de diferentes fuentes de aceites y dos porcentajes de rastrojo en el rendimiento de las proporciones de la canal, durante el proceso dentro de la planta TIF y merma de ovinos de pelo.**



Sangre	SA	Hígado	H	Lomo	L	Costilla derecha inferior (falda)	F.D	Pierna derecha	P.D
Cabeza	CZ	Viseras verdes (Intestinos)	VV	cuello	C	Costilla izquierda inferior (falda)	D.I	Pierna izquierda	P.I
Piel	PI*	Pulmones, tráquea y corazón	VR	Espaldilla derecha	E.D	Costilla derecha superior (costilla)	C.D	Mermas sacrificio - cortes.	M
Patatas	PA	Contenido digestivo	C.D	Espaldilla izquierda	E.I	Costilla izquierda superior (costilla)	C.I	* Diferencias estadísticas	

C: no se suplemento aceite, CLA: ácido linoleico conjugado, LA: ácido linoleico, LZ: linaza

**Cuadro 7. Efecto de diferentes fuentes de aceites y dos porcentajes de rastrojo en las medidas corporales y fisiológicas en canales de ovinos de pelo.**

Variable	16% de rastrojo de maíz				26 % de rastrojo de maíz				SEM	P efecto (P=)		
	C	CLA	LA	LZ	C	CLA	LA	LZ		C vs aceite	rastrojo 16 vs 26	Rastrojo x aceite
<b>Medidas corporales</b>												
Grasa dorsal, mm	1.20	1.13	1.40	1.20	1.04	1.26	1.23	1.42	0.19	0.86	0.74	0.99
Largo de la canal, cm	58.50	60.67	63.67	58.50	59.25	62.40	61.00	60.92	2.16	0.57	0.41	0.30
Perímetro de la grupa, cm	54.63	57.67	58.00	54.63	53.13	56.50	52.38	56.67	2.93	0.84	0.99	0.30
Perímetro de la pierna, cm	35.63	31.00	29.67	35.63	28.25	29.40	26.50	29.17	2.18	0.11	0.46	<b>0.01</b>
Largo de la pierna, cm	40.25	39.33	42.00	40.25	42.00	42.20	39.25	41.00	1.29	0.99	0.44	0.50
Perímetro de la canal, cm	74.25	70.67	74.00	74.25	72.75	72.60	71.63	71.00	1.24	0.09	0.13	0.38
Largo de la extremidad delantera, cm	40.75	41.00	47.00	40.75	43.13	45.10	43.50	42.67	1.49	0.86	0.85	<b>0.01</b>
Perímetro de la extremidad delantera, cm	25.50	23.00	25.67	25.50	22.75	25.30	23.88	23.50	1.18	0.25	0.24	<b>0.02</b>
<b>Medidas fisiológicas</b>												
pH, al sacrificio	5.99	6.29	5.98	6.22	6.10	5.72	5.88	6.13	0.16	0.95	0.16	0.23
Temperatura al sacrificio °C	25.88	25.70	26.98	27.40	29.08	30.73	28.67	28.08	1.72	0.73	<b>0.02</b>	0.56
pH, 24h pos sacrificio	5.37	5.67	5.29	5.39	5.34	5.34	5.43	5.41	0.14	0.51	0.57	0.30
Temp. 24h pos sacrificio °C	5.43	6.43	4.83	6.80	6.16	5.13	6.23	5.78	0.50	0.85	0.89	<b>0.03</b>

C: no se suplemento aceite, CLA: ácido linoleico conjugado, LA: ácido linoleico, LZ: linaza

## 6.2 Composición y características de la carne de ovinos de pelo.

### 6.2.1 Composición y características físicas de la carne de ovinos de pelo.

La composición y características de la carne de ovino de pelo se muestra en el Cuadro 8 no hubo diferencias estadísticas ( $P > 0.05$ ) en el contenido de materia seca, cenizas, humedad, las características de dureza y actividad de agua. Sin embargo el porcentaje de lípidos totales fue mayor ( $P < 0.05$ ) en la carne de los ovinos que no recibieron aceite en el alimento cuando se alimentaron con 16 o 26 % de forraje. El tratamiento con mayor contenido de lípidos totales fue el grupo control con 18.47 %, comparado con el grupo de aceite linoleico con 12.23 % de lípidos en la carne (MS); ambos casos con 26% de forraje. El porcentaje de proteína fue mayor en el contenido en la carne de los animales que recibieron en la dieta un con 26% de rastrojo (Figura 5). Hubo mejor resultado con el aceite linoleico vs linaza (23.44 vs. 21.01). Por otra parte aunque sin diferencias estadísticas también se observó que los animales que se alimentaron con un mayor porcentaje de rastrojo (26%) presentaron una mayor luminosidad  $L^*$  (Figura 6). Otro punto importante a mencionar es que el mayor porcentaje de rastrojo 26% asociado con el complemento de aceite de linaza el valor de  $b^*$  fue mayor ( $P < 0.05$ ) en la carne, esta misma tendencia mostraron todos los resultados con mayor porcentaje de rastrojo, lo que quiere decir que con un mayor porcentaje de forraje al color tobo una tendencia mayor hacia el color amarillo (Figura 7).

### 6.2.2 Perfil de ácidos grasos de la carne de ovinos de pelo.

El perfil de ácidos grasos se muestra en el Cuadro 9. No se presentaron diferencias en gran parte de los ácidos grasos cuantificados como son: caproico, laurico, mirístico, miristoleico, pentadecanoico, palmítico, palmitoleico, heptadecanoico, heptadecanoico *cis* 10, estérico, vaccenico, linolelaidico, linoleico, linolénico, behenico y araquidónico. Por otra parte se pudo apreciar un mayor contenido del ácido graso oleico (18:1) en la carne del grupo control contra los grupos que recibieron aceite en la dieta. Los animales del grupo control y 16% de rastrojo aumentó significativamente la concentración el ácido graso oleico (42.19 %) en la carne contra los que recibieron aceite con ácido linoleico conjugado y 26% de rastrojo (32.56 %), aunque las diferencias se debieron al efecto de alimentar a los animales con grano vs aceite. Resultados

similares se observaron cuando se agregó aceite, independientemente de la concentración de rastrojo (16 o 26%) que se diera al animal en la dieta (Figura 8). La concentración de ácido linoleico conjugado fue mayor comparado con el grupo control que recibió grano en el alimento ( $P < 0.05$ ) de acuerdo a los siguientes datos 1.27 vs 0.88 % (Figura 9). El ácido graso araquidónico mostró diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ ), siguiendo la misma tendencia del anterior caso, donde se puede apreciar que la concentración de este ácido graso aumentó en la carne cuando los animales recibieron aceite en la dieta y fue comparado con el tratamiento control, estos resultados se presentaron en ambos porcentajes de rastrojo (16 y 26 %) como de muestra en la Figura 10.

### 6.3 Análisis sensorial en carne de ovinos de pelo

En el Cuadro 11 se muestra los resultados del análisis sensorial en la carne de ovino. La calidad general, jugosidad, intensidad del sabor, color, suavidad no presentaron diferencias estadísticas ( $P > 0.05$ ), no así para la intensidad del olor se presentó un valor mayor ( $P = 0.05$ ) en el grupo control alimentado con grano en la dieta comparado con los grupos que recibieron aceite en el alimento (Figura 4).

**Cuadro 8. Efecto de diferentes fuentes de aceites y dos porcentajes de rastrojo en la composición y características de la carne de ovinos de pelo.**

Variable	16% de rastrojo de maíz				26 % de rastrojo de maíz				SEM	P efecto (P=)		
	C	CLA	LA	LZ	C	CLA	LA	LZ		C vs aceite	Rastrojo 16 vs 26	Rastrojo x aceite
MS (%)	28.32	28.12	28.18	29.73	27.81	27.41	29.68	28.74	0.93	0.37	0.76	0.41
Lípidos totales (% MS)	17.47	14.49	14.38	17.30	18.45	14.90	12.23	15.66	1.72	<b>0.01</b>	0.57	0.65
Proteína (% MS)	20.91	21.49	21.12	21.01	20.41	21.47	23.44	20.92	1.94	0.48	<b>0.05</b>	0.81
Cenizas (% MS)	4.18	4.15	4.12	3.91	3.67	4.82	4.25	4.10	0.23	0.11	0.47	0.09
Humedad (%)	71.12	72.71	70.54	70.19	70.42	72.30	72.30	71.92	0.87	0.15	0.28	0.20
Color												
L *	27.68	29.57	28.18	28.47	30.74	29.60	28.38	31.17	1.34	0.99	0.13	0.55
a *	7.59	6.79	7.06	7.91	7.29	7.47	8.31	7.80	0.48	0.72	0.21	0.23
b *	5.82	5.95	5.44	5.67	6.65	6.23	6.50	6.92	0.54	0.75	<b>0.02</b>	0.77
Dureza carne cruda, g <sup>1</sup>	2152.99	2359.22	2338.09	2797.45	2603.32	1819.51	2109.51	2387.72	437.48	0.83	0.56	0.66
Dureza carne cocida, g <sup>1</sup>	1979.69	1930.94	2346.65	1545.60	1789.04	2012.32	2124.09	2341.68	301.73	0.43	0.53	0.17
Actividad de agua	0.97	0.98	0.97	0.97	0.97	0.97	0.98	0.98	0.01	0.85	0.44	0.37

C: no se suplemento aceite, CLA: ácido linoleico conjugado, LA: ácido linoleico, LZ: linaza

L\* de lo oscuro a lo luminoso (el valor de L\*indica que tan clara o luminosa es la carne a\*= color rojo (el valor de a\* indica que tan roja en la carne); y b\* amarillo (el valor de b\* indica que tan desviado esta el color del rojo). <sup>1</sup>Fuerza de corte con la navaja Warner- Bratzler.

**Cuadro 9. Efecto de la dieta en la composición de ácidos grasos en la carne de ovinos de pelo.**

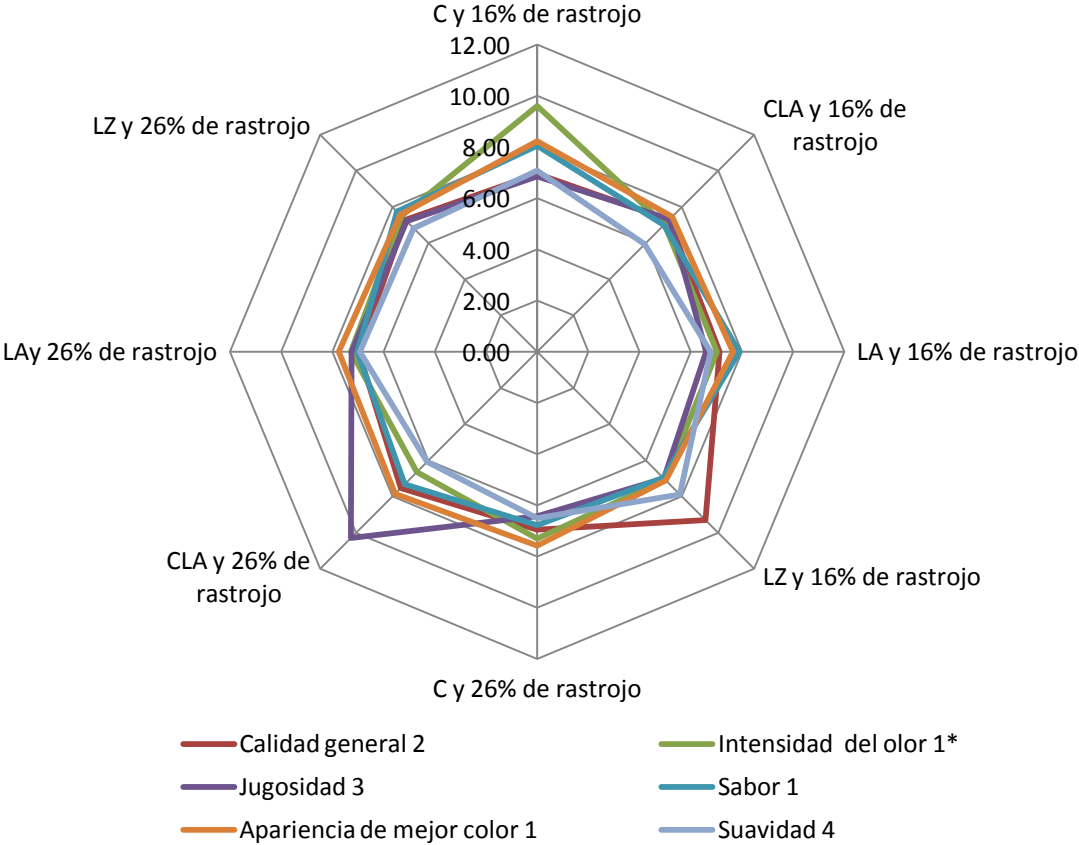
Variable	16% de rastrojo de maíz				26% de rastrojo de maíz				SEM	P efecto (P=)		
	C	CLA	LA	LZ	C	CLA	LA	LZ		C vs aceites	rastrojo 16 vs 26	rastrojo x aceite
Ácidos grasos, % <sup>1</sup>												
6:0 Caproico	0.23	0.25	0.54	0.35	0.33	0.32	0.34	0.31	0.07	0.16	0.73	0.07
12:0 Laurico	0.16	0.32	0.51	0.33	0.32	0.32	0.36	0.25	0.17	0.07	0.74	0.17
14:0 Mirístico	3.36	3.27	4.25	4.25	3.78	4.10	3.67	3.18	0.60	0.45	0.71	0.09
14:1 Miristoleico	0.32	0.40	0.80	0.54	0.57	0.57	0.53	0.41	0.23	0.42	0.95	0.27
15:0 Pentadecanoico	0.77	0.81	1.10	0.83	1.06	0.99	1.01	0.77	0.23	0.99	0.47	0.49
16:0 Palmítico	25.00	22.88	25.16	27.40	25.06	27.64	24.56	23.88	2.39	0.86	0.88	0.13
16:1 Palmítoleico	3.50	2.33	2.96	3.84	2.87	3.36	3.17	2.68	0.73	0.74	0.70	0.17
17:0 Heptadecanoico	1.71	1.53	1.83	1.85	0.27	1.90	1.61	1.62	0.44	0.25	0.59	0.36
17:1 cis 10 Heptadecenoico	1.38	1.02	1.26	1.51	1.60	1.44	1.43	1.32	0.32	0.35	0.11	0.53
18:0 Estearico	10.06	11.90	9.96	10.69	11.80	12.46	11.12	11.69	1.33	0.59	0.09	0.94
18:1 Vacénico	2.88	3.45	4.61	2.61	3.23	3.21	3.68	4.07	1.02	0.30	0.74	0.26
18:1 Oleico	42.19	37.67	33.36	36.85	38.39	32.56	36.97	39.58	3.47	<b>0.03</b>	0.70	0.16
18:2 Linolelaídico	0.90	0.82	0.81	0.88	0.99	0.74	0.91	0.78	0.25	0.38	0.96	0.88
18:2 Linoleico	4.19	7.90	7.17	3.96	4.32	5.09	6.14	4.63	1.57	0.06	0.32	0.45
18:3 Linolénico	0.28	0.43	0.49	0.54	0.50	0.63	0.32	0.34	0.15	0.37	0.86	0.40
18:2 CLA isómeros	0.92	1.24	1.10	0.94	0.88	1.23	1.23	1.27	0.24	<b>0.03</b>	0.35	0.56
22:0 Behénico	0.22	0.27	0.33	0.35	0.18	0.39	0.29	0.28	0.10	0.14	0.93	0.86
20:4 n-6 Araquidónico	0.74	2.05	1.65	1.07	0.66	1.37	1.24	1.06	0.36	<b>0.01</b>	0.24	0.78
AGS <sup>2</sup>	41.52	41.21	43.68	46.04	42.81	48.10	42.95	41.97	5.33	0.44	0.64	0.39
AGM <sup>3</sup>	50.26	44.85	42.99	45.34	46.66	41.14	45.79	48.06	5.77	0.37	0.64	0.28
AGP <sup>4</sup>	7.01	12.42	11.22	7.38	7.34	9.05	9.84	8.09	2.57	0.17	0.54	0.61

C: no se suplemento aceite, CLA: ácido linoleico conjugado, LA: ácido linoleico, LZ: linaza

<sup>1</sup> Ácidos grasos representados por el número de átomos de carbono: número de dobles bandas.

<sup>2</sup> AGS = Ácidos grasos saturados, <sup>3</sup>AGM = Ácidos grasos monoinsaturados, <sup>4</sup>AGP = Ácidos grasos poliinsaturados

**Figura 4. Efecto de diferentes fuentes de aceites y porcentajes de forraje en las propiedades sensoriales de la carne de ovinos de pelo.**



C: no se suplemento aceite, CLA: ácido linoleico conjugado, LA: ácido linoleico, LZ: linaza  
 Evaluación sensorial (<sup>1</sup>0 = menos intenso a 12= más intenso, <sup>2</sup>0=mala a 12=excelente, <sup>3</sup>0= seca a 12= extremadamente jugosa y <sup>4</sup>0= abundante tejido conectivo a 12= extremadamente tierna).  
 \* Diferencias estadístic

## 7. DISCUSION

### 7.1 Comportamiento productivo

#### 7.1.1 Comportamiento productivo durante la engorda de ovinos de pelo.

La calidad nutritiva de la dieta y la palatabilidad de los alimentos son factores que influyen en el consumo de los alimentos y en consecuencia en las ganancias diarias de peso y la conversión alimenticia. En este caso el grupo con rastrojo al 16% presentó menor consumo de materia seca, este comportamiento estuvo asociado con la cantidad de energía en la dieta y se cubrieron los requerimientos necesarios durante el consumo voluntario, reflejándose menor consumo en comparación con la dieta al 26% de rastrojo. Sin embargo no se afectaron las ganancias diarias de peso y conversión alimenticia, considerando que la dieta con el 16% de rastrojo fue la que tuvo la mejor respuesta. Haddad y Ata (2009) observaron que la alimentación de ovinos Awassi con 0, 5, 10 y 15 % de paja en la dieta los mejores resultados en cuanto a ganancia diaria de peso y conversión los obtuvieron con 10 y 15%, así se observaron que no existía diferencia entre ellas, sin embargo sin paja y con un 5% el consumo fue menor. Por lo que se sugiere que el porcentaje de 10% de forraje en la dieta en animales en engorda intensiva manifestaron mejor comportamiento productivo y económico, no se presentan problemas en los desordenes fisiológicos como un bajo pH. Asociando esta investigación con nuestro trabajo se confirma usar el menor porcentaje de rastrojo.

Por otro lado es de importancia mencionar que las dietas de aceite de linaza independientemente del porcentaje de rastrojo en la dieta presentaron menor consumo, esta conducta se debió a la disminución de la palatabilidad de la dieta debida al rechazo, es posible que el sabor que causa el aceite de linaza disminuya el consumo y exista mayor rechazo a la dieta. Wachira et al. (2002) observaron diferencias en el consumo y la ganancia diaria de peso, cuando el alimento de ovinos fue suplementada con diferentes fuentes de aceites: megalac (C16:0), aceite de linaza, pescado, una mezcla de aceite de linaza y pescado. Lo que resalta el bajo consumo del alimento cuando se agrega una fuente de aceite. Esto puede ser atribuible a que se produce una menor digestión de la fibra y por lo tanto se ve afectado el crecimiento microbiano que para el rumiante es benéfico



como fuente de proteína. Sin embargo este efecto no ocurrió en el presente trabajo ya que la cantidad de grasa en la dieta total fue de un 3%.

#### 7.1.2 Rendimiento de ovinos de pelo

Las variables de respuesta en los rendimientos comercial y biológico, así como las porciones corporales no mostraron diferencias estadísticas al comparar el grupo control. Resultados similares también fueron reportados por Berthelot et al, (2010) cuando compararon diferentes fuentes de aceites y almidón en ovinos. Wachira et al, (2002) tampoco encontró diferencias al alimentar ovinos con megalac (C16:0), aceite de linaza, pescado, una mezcla de aceite de linaza y pescado en las variables de rendimiento de canal caliente y fría, pero si observaron diferencias entre razas cuando compararon las razas Suffolk, Soay y Friesland. En esta investigación solo la variable piel fue diferente al comparar los grupos sin grasa en la dieta vs los que recibieron aceite. La explicación a esta respuesta no se tiene, se desconoce si la grasa tenga un efecto fisiológico en las diferentes capas dérmicas de la piel.

#### 7.1.3 Medidas en la canal

No hubo diferencias importantes en la grasa dorsal, largo y perímetro de la canal, largo y ancho de la grupa. Resultados similares han sido reportados por Wachira et al. (2002) quienes alimentaron ovinos con diferentes fuentes de aceites y no obtuvieron diferencias en grasa dorsal. Sin embargo en las variables perímetro de la pierna, largo y perímetro de la extremidad delantera si se observaron diferencias estadísticas cuando se compararon las interacciones de aceite y concentración del rastrojo, observándose un mayor valor en las medidas de la canal cuando los animales recibieron aceite en la dieta y además recibieron una menor concentración de rastrojo, las causas de esta posible respuesta pueden deberse a una estimulación del mayor desarrollo del tejido muscular con mayor actividad metabólica asociado a la mayor disponibilidad de energía proporcionada por la dieta. Sin embargo aunque no existieron diferencias en la canal completa si se presentó en los tejidos señalados, esta diferencia fue mínima pero significativa y lo más relevante es que fue en tejidos de alto valor económico.

En lo referente a las medidas fisiológicas hubo mayores valores de la temperatura al momento del sacrificio, cuando el animal estuvo consumiendo la dieta con mayor contenido de rastrojo (25.7 vs 30.73 °C) pero no en el pH. Wachira et al, (2002) similarmente no observaron diferencias en pH a las 24 horas postmortem entre canales de ovinos que fueron alimentados con diferentes fuentes de aceites en el alimento ni al comparar tres razas de la misma especie. Generalmente las diferencias en pH y temperatura están más asociados a enfermedades o problemas de estrés.

## 7.2 Composición y características de la carne de ovinos de pelo.

### 7.2.1 Composición y características físicas de la carne de ovinos de pelo.

La composición y características de la carne de ovino de pelo como materia seca, cenizas, humedad y a las características de dureza y actividad de agua no se presentaron importantes diferencias estadísticas. Similares resultados han sido reportados por Russo et al. (1999), estos autores alimentaron ovinos con diferentes dietas (concentrado con heno de alfalfa, concentrado con heno de alfalfa más aceite de maíz y concentrado con aceite de maíz sin heno) observando diferencias en el contenido de humedad. Al igual que Russo et al, (1999) en el porcentaje de lípidos se presentaron diferencias estadísticas, en nuestro estudio se observó que fue mayor en la carne de los ovinos que no recibieron aceite en la dieta cuando se alimentaron con 16 o 26 % de rastrojo, el tratamiento con el mayor contenido de lípidos totales fue el grupo control en cual recibió grano con 18.47 % comparado con el de aceite linoleico con 12.23 % de lípidos en la carne (MS) ambos casos con 26% de rastrojo, caso contrario a lo que ellos reportan donde mencionan que los animales que recibieron aceite de maíz tuvieron un mayor contenido de lípidos en la carne que el grupo control. Para el caso de porcentaje de proteína fue mayor el contenido en la carne de los animales que recibieron en la dieta un mayor (P=0.05) contenido de rastrojo (26%) hubo mejor resultado con el aceite linoleico vs linaza con 23.44 y 21.01, respectivamente. Russo et al. (1999) no reportan diferencias en el contenido de proteína de la carne cuando alimentaron a ovinos con tres alimentos diferentes (concentrado con heno de alfalfa, concentrado con heno de alfalfa más aceite de maíz y concentrado con aceite de maíz).

Otro punto importante a mencionar es que los corderos con mayor porcentaje de rastrojo y en particular con aceite de linaza, el valor de b\* fue mayor (P<0.05) en la carne, lo que quiere decir que fueron menos roja o lo que también se interpreta como una apariencia menos agradable a la

vista del consumidor. Russo et al, (1999) observaron que al alimentar ovinos con diferentes dietas (concentrado con heno de alfalfa, concentrado con heno de alfalfa más aceite de maíz y concentrado con aceite de maíz) las características de color expresadas en los valores de L\*, a\*, b\* no fueron diferentes.

#### 7.2.2 Perfil de ácidos grasos de la carne de ovinos de pelo.

No se presentaron diferencias en gran parte de los ácidos grasos cuantificados. La grasa intramuscular de los rumiantes y la proporción de los ácidos grasos polinsaturados en los fosfolípidos están reguladas por un sistema enzimático y la de ácidos grasos saturados de la biohidrogenación que se produce en el rumen. El perfil de ácidos grasos intramuscular también es afectado por factores nutricionales, estrategias de alimentación, sistema de producción, factores genéticos (Raes et al., 2004).

Se presentó mayor (42.19 %) contenido del ácido graso oleico (18:1 *cis* 9) en la carne del grupo control y 16% de paja respecto a los grupos que recibieron aceite con ácido linoleico conjugado y 26% de paja de maíz (32.56 %). Esto se debe a que a nivel ruminal el ácido graso estérico es el producto de la isomerización seguida de una biohidrogenación completa de los ácidos grasos oleico (C18:1 *cis* 9), linoleico (C18:2 *cis*9, *cis* 12) y linolénico ( $\gamma$  - C18:3 *cis*6,*cis*9, *cis*12 y  $\alpha$  C18:3, *cis* 9, *cis*12, *cis* 15) el cual se incorpora al tejido y es transformado a ácido graso oleico (C18:0 *cis* 9) por la enzima  $\Delta^9$  desaturasa presente en rumiantes. Asociado a éste efecto las dietas con mayor contenido de grano (16% de rastrojo de maíz) posiblemente aumenten el tiempo de exposición a la degradación, dando tiempo a mayor biohidrogenación y transformación de los ácidos grasos antes mencionados a estérico, la cual originó la mayor concentración de ácido graso oleico.

Por otro lado se observó, que independiente de la concentración de rastrojo de maíz (16 o 26%) que se diera al animal en la dieta, la concentración de CLA fue mayor cuando los animales recibieron los suplementos de aceite, en especial interés el aceite de linaza vs. grupo control (1.27 vs 0.88 %). Hubo una relación directamente proporcional en la carne y la concentración de ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados (oleico (C18:1 *cis* 9), linoleico (C18:2 *cis*9, *cis* 12) y

linolénico ( $\gamma$  - C18:3 *cis6,cis9,cis12* y  $\alpha$  C18:3, *cis 9,cis12,cis 15*)) en los aceites, los cuales fueron precursores del ácido linoleico conjugado dentro del rumen como producto intermedio, al igual que del ácido graso vaccénico (C18:1 trans 11) el cual fue transformado en el tejido por la enzima  $\Delta^9$  desaturasa. Ambas situaciones provocaron mejor concentración de CLA en la carne de los corderos, haciéndose notar que el aceite de linaza fue el que tuvo mejor respuesta en la concentración de CLA y al cual se le atribuyen propiedades benéficas en la salud, resaltando que es el más económico y fácil de adquirir. Bolte et al. (2002) reportan en ovinos alimentados con pellet de pulpa de remolacha, aceite alto oleico (76%) y linoleico (78%) los dos últimos en un 5% en el alimento se observó un aumento estadísticamente significativo en el contenido del ácido graso oleico (43.2%) en el tratamiento control y CLA en el tratamiento de linoleico (0.87%) en carne. Estos resultados fueron similares a los del presente estudio, probablemente se deba también a que al haber una mayor disponibilidad de ácidos grasos en el rumen, el ácido graso oleico (C18:1) y los isómeros de CLA producto intermedio no son biohidrogenados en su totalidad y parte es absorbido por el animal sin llegar a hidrogenarse completamente y formar ácido graso estérico (C18:0). Los datos obtenidos son similares a los resultados reportados por Peng et al. (2010) quienes al alimentar ovejas con semillas de oleaginosas (linaza, colza, cártamo y girasol) como fuentes de ácidos grasos, obtuvieron diferencias en el contenido de ácido oleico y CLA, presentándose las concentraciones más altas cuando se utilizaron las semillas de linaza con 26.73 g 100 g<sup>-1</sup> de oleico y semillas de cártamo 0.96 g 100 g<sup>-1</sup> CLA. Así también, Russo et al. (1999) observaron un aumento en el contenido de ácido graso oleico cuando alimentaron ovinos con aceite de maíz vs control. Para el caso del ácido graso araquidónico se observaron diferencias estadísticas siguiendo la misma tendencia del anterior caso, donde se puede apreciar que la concentración de este ácido graso aumentó en la carne cuando los animales recibieron CLA en la dieta comparado con el tratamiento que no incluyó aceite, estos resultados se manifestaron en ambos porcentajes de rastrojo (16 y 26 %). Lo que coincide con García et al. (2008) quienes también notaron que la adición de CLA en la dieta mejoró la concentración no solo de los CLA, sino además, de otros ácidos grasos benéficos como el ácido araquidónico (C20:4 n-6), eicosapentanoico (C20:5 n-3), decosapentanoico (C22:5 n-3) y decosahexanoico (C22:6 n-3). Sin embargo también se ha encontrado una correlación negativa entre los niveles de CLA y ácido araquidónico en los tejidos animales, esta correlación negativa, sugiere que el CLA compite con el ácido araquidónico en las fracciones fosfolipídicas (Hur, 2007). Por otra parte tenemos que,

Nute et al. (2007) reportaron diferencias estadísticas en la concentración de los ácidos grasos oleico, CLA y araquidónico en carne de ovinos, cuando se alimentaron a los animales con cinco fuentes diferentes de aceites (linaza, pescado, mezcla pescado con algas, mezcla de linoleico C18:2 y linolénico C18:3 y algas protegido), observando concentraciones mayores cuando los ovinos recibieron aceite de linaza en la dieta.

### 7.3 Análisis sensorial en carne de ovinos de pelo

Los resultados de análisis sensorial en la carne de ovino y en lo que se refiere a calidad general, jugosidad, intensidad del sabor, apariencia de color y suavidad no se presentaron diferencias estadísticas. En las características de jugosidad, suavidad coincide con Nute et al. (2007) quienes al alimentar corederos con diferentes fuentes de aceites no reportaron diferencias en el análisis. Resultados similares reportaron Wistuba et al. (2006) en ganado bovino con grano de maíz vs aceite de pescado, no observaron diferencias estadísticas en el análisis sensorial de la carne. En lo referente a la intensidad del olor, en el presente estudio se observó un valor mayor en el grupo control, comparado con los grupos que recibieron aceite en el alimento. Nute et al. (2007) observaron diferencias en esta característica cuando alimentaron ovinos con cinco diferentes fuentes de aceites; linaza, pescado, lípidos protegidos (linoleico C18:2 y linolénico C18:3), pescado con algas marina y algas marinas protegido, pero en su caso el valor a olor a ovino fue más intenso cuando los animales se alimentaron con aceite de linaza.

## **8. CONCLUSIONES**

1. El tratamiento con 16% de rastrojo en la dieta, los animales tuvieron la mejor respuesta productiva.
2. El aceite de linaza afectó ligeramente el consumo del alimento, éste se afectó menos con la dieta incluida rastrojo al 26%.
3. Las concentraciones de los ácidos grasos oleico, linoleico conjugado y araquidónico mejoraron su contenido en carne, cuando se incluyeron en las dietas, lo que quiere decir que al agregar aceite en el alimento a concentraciones aproximadas de 3%, se favorecen las concentraciones de ácidos grasos benéficos a la salud.
4. La disminución a la intensidad de olor a ovino se mejoró con los suplementos de aceites en la dieta.
5. Se sugiere utilizar el aceite de linaza como fuente potencial para mejorar el contenido de CLA en la carne. Esta recomendación se debe a la disponibilidad comercial de éste aceite y al menor costo en comparación con las otras fuentes incluidas en la dieta.

## 9. LITERATURA CITADA

- Alfaia, C.M.M., Ribeiro, P.J.L.C., Trigo, M.J.P., Alfaia, A.J.I., Castro, M.L.F., Fontes, C. M.G.A., Bessa, R. J.B., Prates J. A.M. 2007. Irradiation effect on fatty acid composition and conjugated linoleic acid isomers in frozen lamb meat. *Meat Sci.* 77: 689–695.
- Banni, S., Goonewardene, L., Kramer, J.K.G., Dugan, M.E.R., Aalhus, J. L., Jeremiah, L. E., Kramer, J. K. G., Schaefer, A. L. 1999. The effects of feeding conjugated linoleic acid on subsequent pork quality. *Can. J. of Anim. Sci.* 79:45–51.
- Banni, S., G. Carta, E. Angioni, E. Murru, P. Scanu, M. P. Melis, D. E. Bauman, S. M. Fischer, and C. Ip. 2001. Distribution of conjugated linoleic acid and metabolites in different lipid fractions in the rat liver. *J. Lipid Res.* 42:1056-1061.
- Bassaganya, R.J. y Hontecillas, R. 2002. Colonic Anti-Inflammatory Mechanisms of Conjugated Linoleic Acid. *Clinical Nutr.* 21:451-456.
- Bauman, D.E, Baumgard, L.H, Corl, B.A and Grinari, J.M. 1999. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants. *Proceedings of society of animal science. Proc. Am. Soc. Anim. Sci.* 1999.
- Bauman, D.E., Corl. B.A., Baumgard, L.H., Grinari, J.M. 2001. Conjugated linoleic acid (CLA) and the dairy cow. *Recent Advances in Animal Nutrition.* P.C. Garnsworthy and J. Wiseman, Ed. Nottingham Univ. Press. UK. Pp. 221-150.
- Bauman, D.E. Baumgard, L.H., Corl, B.A., Grinari, JM. 2000. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants. *J. Anim. Sci.* 77:1-15.
- Bauman, D.E., Perfiel II, J.W., de Veth, M.J., Lock, A.L. 2002. New perspectives on lipid digestion end metabolism in ruminantes. *Proc. Cornell Nutr. Conf.* Pp 175 -189.

- Bee, G. 2001. Dietary conjugated linoleic acid effect tissue lipid composition but not de novo lipogenesis in finishing pig. *Anim. Res.* 50: 383-399.
- Belury, M.A. 2002. Inhibition of Carcinogenesis by Conjugated Linoleic Acid: Potential Mechanisms of Action. *J. Nutr.* 132: 2995–2998.
- Boles, J.A., Kott, R.W., Hatfield, P.G., Bergman, Flynn, C.R. 2005. Supplemental safflower oil affects the fatty acid profile, including conjugated linoleic acid, of lamb. *J. Anim. Sci.* 83:2175-2181.
- Bolte, M.R., Hess, B.W., Means, W.J., Moss, G.E., Rule, D.C. 2002. Feeding lambs high-oleate or high- $\alpha$ -linoleate safflower seeds differentially influences carcass fatty composition. *J. Anim. Sci.* 80, 609-616.
- Corl, B.A., Baumgard, L.H., Dwyer, D.A., Griinari, J.M., Phillips, B.S. and Bauman, D.E. 2001. The role of delta(9)-desaturase in the production of cis-9, trans-11 CLA. *J. Nutr. Biochem.* 12:622-630.
- Devery R, Miller A, Stanton C. 2001. Conjugated linoleic acid and oxidative behaviour in cancer cells. *Biochem. Soc. Trans.* 29 :341-344.
- Cooper, S.L., Sinclair, L.A., Wilkinson, R.G., Hallett, K.G., Enser, M., Wood, J.D. 2004. Manipulation of the n-3 polyunsaturated fatty acid content of muscle and adipose tissue in lambs. *J. Anim. Sci.* 82:1461-1470.
- Dhiman, T. R., Seung-Hee, N. y Amy L.U. 2005. Factors affecting conjugated linoleic acid content in milk and meat. *Critical Reviews in food Sci. and Nutr.* 45:463-482.
- Dufey, P.A. 1999. Fleisch ist eine CLA-Nahrungsquelle. *Agrar forschung.* 6:177-180.



Enser, M., Scolla, N.D., Choi, N.J., Kurt, E., Hallett, K. Wood J.D. 1999. Effect of dietary lipid on the content conjugated linoleic acid (CLA) in beef muscle. *Anim. Sci.* 69:143-146.

Fallon, J.V., Busboom, J.R., Nelson, M.L., & Gaskins, C.T. (2007). A Direct method for fatty acid methyl ester synthesis: Application to wet meat tissues, oils, and C.T. Gaskins. *J. Anim. Sci.* 85:1511 – 1521.

Fernandez-Quintela, A., Rodríguez, V.M., Portillo, M.P. 2004. Ácido linoleico conjugado y grasa corporal. *Rev. Esp. Obes.* 2: 71-79.

Folch, J., Lees, M., & Sloane- Stanley, G.H. (1956). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue. *J. of Biol. Chem.* 1: 497 – 509.

Gagliostro, G.A. 2004. Control nutricional del contenido de ácido linoleico conjugado (CLA) en Leche y su presencia en alimentos naturales funcionales. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 24 (3-2):113-136.

García, P.T., Casal, J.J., Fianuchi, S., Magaldi, J.J., Rodríguez, F.J., Nancucio, J.A. 2008. Conjugated linoleic acid (CLA) and polyunsaturated fatty acids in muscle lipids of lambs from the Patagonian area of Argentina. *Meat Sci.* 79: 541–548.

Griinari, J. M., and D. E. Bauman. 1999. Biosynthesis of conjugated linoleic acid and its incorporation into meat and milk in ruminants. In: M. P. Yurawecz, M. M.

Griinari, J. M., B. A. Corl, S. H. Lacy, P. Y. Chouinard, K. V. Nurmela, and D. E. Bauman. 2000. Conjugated linoleic acid is synthesized endogenously in lactating dairy cows by Delta(9)-desaturase. *J Nutr.* 130(9):2285-2291.

Guerrero, L. M.I., Ponce, A. E., Pérez, C. M. L. (2002). Curso práctico de tecnología de carnes y pescado. 1 Edición, UAM-I.

- Ha, Y. L., Grimm, N.K., Pariza. M.W. 1987. Anticarcinogens from fried ground beef: heat altered derivatives of linoleic acid. *Carcinogenesis* 8:1881–1887.
- Ha, Y. L., Grimm, N.K., Pariza. M.W. 1989. Newly recognized anticarcinogenic fatty acids: quantification in natural and processed cheeses. *J. of Agric. and food Chem.* 37:75-81.
- Haddad, S.G. y Ata, M.A. 2009. Growth performance of lambs fed don diets varying in concentrate and wheat Straw. *Small Ruminant Res.* 81:96-99.
- 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.
- Ip, C, Chin, S.F, Scimeca, J.A, and Pariza, W. 1991. Mammary cancer prevention by conjugated dienoic derivate of linoleic acid. *Cancer Res.* 51:6118-6124.
- Ip, M.M., McGee S.O., Patricia A.Masso-Welch P.A., Ip, C., Meng, X., Ou, L., and Shoemaker S.F. 2000. The t10,c12 isomer of conjugated linoleic acid stimulates mammary tumorigenesis in transgenic mice over-expressing erbB2 in the mammary epithelium. *Carcinogenesis* 28(6): 1269-1276.
- Kepler, C.R., Hirons, K.P., McNeill, J.J. and Tove, S.B. 1966. Intermediates and Products of the Biohydrogenation of Linoleic Acid by *Butyrivibrio fibrisolvens*, *J. Biol. Chem.* 241: 1350-1354.
- Kritchevsky, D. 2000. Antimutagenic and some other effects of conjugated linoleic acid. *Br. J. Nutr.* 83: 459-465.
- Kramer, J.K.G., Parodi, P.W., Jensen, R.G., Mossoba, M.M., Yurawecz, M.P. and Adlof, R.O. 1998. Rumenic acid: A proposed common name for the major conjugated linoleic isomer found in natural products. *Lipid.* 33, 835.

- Koniecko, E. S., 1979. Hand book for meat chemists. Avery Publishing Group Ing. Wayne, New Jersey. USA.
- Kim, S.C., Adesogan, A.T., Badinga, L., 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. Anim. Sci.* 85:706-716.
- López, V.R., y A. V., Casp. 2004. Tecnología de Mataderos. Ed. Mundi Prensa. 430 p.
- Liu, K.L., and Belury M.A. 1998. Conjugated linoleic acid reduces arachidonic acid content and PGE<sub>2</sub> synthesis in murine keratinocytes. *Cancer Lett.* 127(1-2): 15-22.
- McGuire, M.A., and McGuire, M. K. 1999. Conjugated linoleic acid (CLA): A ruminant fatty acid with beneficial effects on human health. *Am. Soc. of Anim. Sci.* Pp. 1-8.
- McGuire, M.A., and McGuire, M. K. 2000. Conjugated linoleic acid (CLA): A ruminant fatty acid with beneficial effects on human health. *J. Anim. Sci.* 77:1-8.
- Mosley, E.E., Shaffii, B., Moate, P.J. and McGuire, M.A. 2006. Cis-9, trans-11 conjugated linoleic acid is synthesized directly from vaccenic acid in lactating dairy cattle. *J. of Nutr.* 136, 2297-2301.
- Miranesi, M., Bochicchio, D., Montellato, L., Zaghini, A., Pagliuca, G., Badiani, A. 2005. Effect of microwave cooking or broiling on selected nutrient contents, fatty acid patterns and true retention values in separable lean from lamb rib-loins, with emphasis on conjugated linoleic acid. *Food Chem.* 90:207-218.
- Mir, P.S., Mir, Z., Kuber, P.S., Gaskins, C.T., Martin, E.L., Donson, M.V., Elias Calles, J.A., Johnson, K.A., Busboom, J.R., Wood, A.J., Pittenger, G.J., Reeves, J.J. 2002. Growth, carcass characteristics, muscle conjugated linoleic acid (CLA) content, and response to

intravenous glucose challenge in high percentage Wagyu, Wagyu x Limousin, and Limousin steers fed sunflower oil-containing diets. *J. Anim. Sci.* 80: 2996-3004.

Mir, Z., Rushfeldt, M.L., Paterson, P.S., Weselake, R.J. 2000. Effect of dietary dietary supplementation with either conjugated linoleic acid (CLA) or linoleic acid rich oil on the CLA content of lamb tissue. *Small Ruminant Res.* 36: 25-31.

NRC, (2007). Nutrients Requirements of small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids and ne World Camelids. Committee on Nutrient Requirements of Small Ruminants, Board o Agriculture and Natural Resources, Division on Earth and Life Studies, The National Research Council.

Nute, G. R., Richardson, R.I., wood, J.D., Hughes, S.I., Wilkinson, R.G., Cooper, S.L., Sinclair, L.A. (2007). Effect of dietary oil source on the flavour and the color and lipid stability of lamb meat. *Meat Sci.* 77:547- 555.

Pariza, M.W. Ashoor, S.H. Chu, F.S. y Lund D.B. 1979. Effect of temperature and time on mutagen formation in pan-fried hamburger. *Cancer Letters.* 7: 63-69.

Pariza, M.W., Park, Y., and Cook, M.E. 2001. The biologically active isomers of conjugated linoleic acid. *Prog. Lipid Res.* 40, 283-298.

Pariza, M.W., Park, Y., and Cook, M.E. 2000. Mechanisms of action of conjugated linoleic acid: evidence and speculation. *Soc. Exp. Biol. and Med.* 223: 8-13.

Park Y, and M.W. Pariza. 2007. Mechanisms of body fat modulation by conjugated linoleic acid (CLA). (Review) *Food Res. Int.* 40:311-323.

Park, Y., J.M. Storkson, K.J. Albright, W. Liu, and M.W. Pariza. 1999. Evidence that the trans-10,cis-12 isomer of conjugated linoleic acid induces body composition changes in mice. *Lipid.* 34:235-241.

- Park, Y., K.J. Albright, J.M. Storkson, W. Liu, M.E. Cook, and M.W. Pariza. 1999. Changes in body composition in mice during feeding and withdrawal of conjugated linoleic acid. *Lipid*. 34:243-248.
- Park, Y. and M.W. Pariza. 1998. Evidence that commercial calf and horse sera can contain substantial amounts of trans-10,cis-12 conjugated linoleic acid. *Lipid*. 33:817-819
- Peng, Y.S., Brown, M.A. Wu, J.P., Liu, Z. 2010. Different oilseed supplements alter fatty acid composition of different adipose tissues of adult ewes. *Meat Sci*. 85: 542-549.
- Raes, K., De Smet, S., and Demeyer, D. 2004. Effect of dietary fatty acids on incorporation of long chain polyunsaturated fatty acids and conjugated linoleic acid in lamb, beef, and pork meat: a review. *Anim. Feed Sci. and Tech*. 113, 199-221.
- Rule, D.C., Broughton, K.S., Shellito, S.M., Maiorano, G. 2002. Comparison of muscle fatty acid profiles and cholesterol concentrations of bison, beef, cattle, elk, and chicken. *J. Anim. Sci*. 80:628-639.
- Russo, C., Preziuso, G., Casarosa, L. Campodoni, G., Cianci, D. 1999. Effect of diet energy source on the chemical physical characteristics of meat and depot fat of lambs carcasses. *Small Ruminant Res*. 33: 77-85.
- Santercole, V., Mazzette, R., De Santis, E.P., Banni, S., Goonewardene, L. and Kramer, J.K. 2007. Total lipids of sarda sheep meat that include the fatty acid and alkenyl composition and the CLA and trans-18:1 isomers. *Lipid*. 42(4):361-382.
- Sébédio, J.L., Juanéda, P., Dobson, G., Ramilison, I., Martin, J.C., Chardigny, J.M., Christie, W.W. 1997. Metabolites of conjugated isomers of linoleic acid (CLA) in the rat. *Biochim. et Biophys. Acta*. 5-10.
- Shantha, N.C., Crum, A.D., Decker, E.A. 1994. Evaluation of conjugated linoleic acid concentrations in cooked beef. *J. of Agric. and Food Chem*. 42:1757-1760.

Santini, F. J., Villarreal, E., Paván, E., Grigera, J. M. y Grigera Naón, J.J. 2002. Importancia de los CLA (ácido linoleico conjugado) en las carnes bovinas. Balcarce, UBA-Fac. Agronomía, Argentina.

Schmid, A., Collomb, M., Sieber, R., Bee. 2006. Conjugated linoleic acid in meat and meat products: A review. *Meat Sci.* 73:29-41.

SAS, (2003). User's Guide. Statics, Release 8.2. SAS Institute Inc, NC, USA.

Sisk MB, Hausman DB, Martin RJ, Azain MJ. Dietary conjugated linoleic acid reduces adiposity in lean but not obese Zucker rats. *J. Nutr.* 131:1668-1674 (2001).

Washira, A.M., Sinclair, L.A., Wilkinson, R.G., Enser, M., Wood, J.D., Fisher, A.V. 2002. Effects of dietary fat source and breed on the carcass composition, n-3 polyunsaturated fatty acid content of sheep meat and adipose tissue. *Br. J. of Nutr.* 88: 697-709.

Wistuba, T.J., Kegley, E.B., Apple, J.K. 2006. Influence of fish oil in finishing diets on growth performance, carcass characteristics, and sensory evaluation of cattle. *J. Anim. Sci.* 84: 902-909.

## 10. ANEXOS

**Cuadro 10. Efecto de diferentes fuentes de aceites y dos porcentajes de rastrojo en el rendimiento de porciones al momento del sacrificio y proceso dentro de la planta TIF de ovinos de pelo.**

Variable	16% de rastrojo de maíz				26% de rastrojo de maíz				SEM	P efecto (P=)		
	C	CLA	LA	LZ	C	CLA	LA	LZ		C vs aceite	rastrojo 16 vs. 26	rastrojo x aceite
Sangre	3.74	4.26	3.90	3.74	3.72	4.15	4.33	3.93	0.32	0.98	0.74	0.75
Cabeza	4.76	4.74	4.39	4.76	4.67	4.74	4.55	4.47	0.25	0.53	0.82	0.80
Piel	7.95	7.44	8.27	7.95	7.99	8.59	9.95	8.87	0.62	0.03	0.06	0.81
Digesta Gastrointestinal	10.68	11.50	9.70	10.68	10.53	9.64	9.65	10.82	1.16	0.97	0.29	0.51
Pulmones, tráquea y corazón	3.76	3.75	3.65	3.76	3.66	3.78	3.41	3.55	0.18	0.32	0.49	0.63
Hígado	1.60	1.90	1.60	1.60	1.99	1.83	2.08	1.77	0.18	0.17	0.17	0.97
Pierna derecha	6.47	6.08	6.70	6.47	6.44	6.77	6.32	6.72	0.28	0.35	0.48	0.87
Pierna izquierda	6.45	6.20	6.72	6.45	6.51	6.86	6.84	6.90	0.29	0.96	0.10	0.87
Falda derecha	3.03	2.75	2.74	3.03	2.93	3.36	2.23	2.69	0.47	0.24	0.79	0.64
Falda izquierda	2.88	2.80	2.69	2.88	2.78	3.33	2.17	2.75	0.47	0.35	0.58	0.44
Costilla derecha	2.90	3.01	3.34	2.90	3.19	3.08	3.57	3.25	0.20	0.08	0.49	0.07
Costilla izquierda	3.05	2.96	3.39	3.05	2.96	3.08	3.17	3.23	0.17	0.70	0.90	0.71
Extremidad delantera derecha	4.53	4.80	5.04	4.53	4.61	5.15	4.52	4.87	0.29	0.57	0.76	0.16
Extremidad delantera izquierda	4.66	5.01	4.95	4.66	4.49	5.15	4.60	4.88	0.33	0.39	1.00	0.31
Lomo	5.54	6.59	6.74	5.54	6.27	6.19	6.72	6.02	0.69	0.51	0.41	0.32
Cuello	3.62	3.37	3.92	3.62	3.67	3.81	3.24	4.16	0.33	0.87	0.67	0.71

C: no se suplemento aceite, CLA: ácido linoleico conjugado, LA: ácido linoleico, LZ: linaza

**Cuadro 11. Efecto de diferentes fuentes de aceites y porcentajes de forraje en las propiedades sensoriales de la carne de ovinos de pelo.**

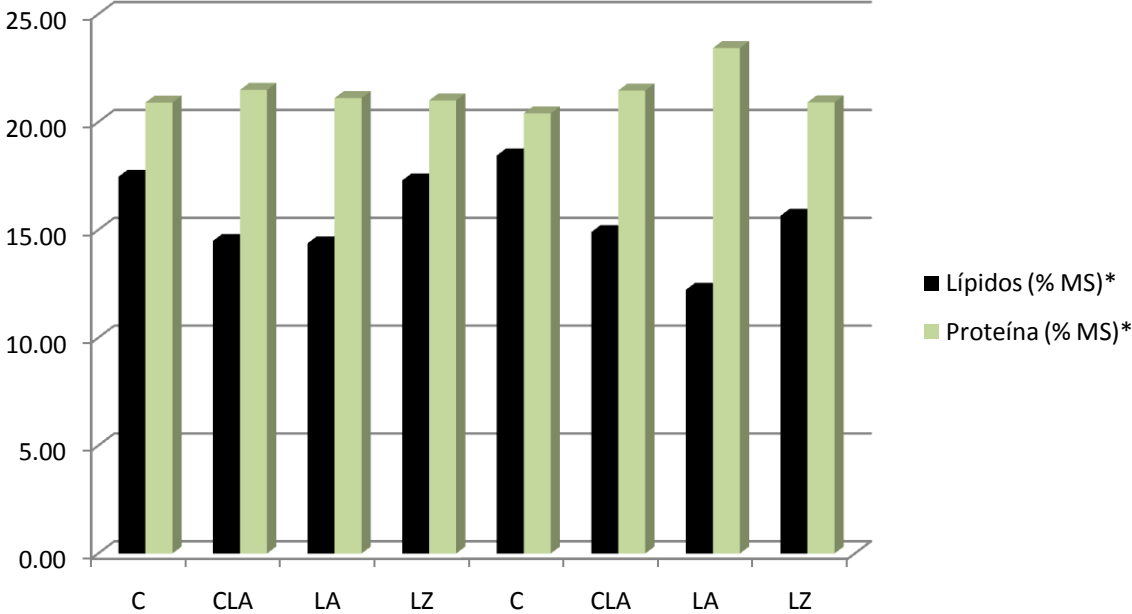
Variable*	16% de rastrojo de maíz				26% de rastrojo de maíz				SEM	P efecto (P=)		
	C	CLA	LA	LZ	C	CLA	LA	LZ		C vs aceites	rastrojo 16 vs 26	rastrojo x aceites
Calidad general <sup>2</sup>	6.94	7.28	7.12	9.31	6.96	7.52	6.98	7.27	0.87	0.37	0.43	0.53
Intensidad del olor a ovino <sup>1</sup>	9.61	7.04	7.02	7.06	7.30	6.65	7.27	7.49	0.85	<b>0.05</b>	0.40	0.35
Jugosidad <sup>3</sup>	6.84	7.32	6.61	7.01	6.44	10.29	7.26	7.21	0.88	0.17	0.17	0.24
Sabor <sup>1</sup>	8.04	7.00	7.91	6.96	6.77	7.31	7.03	7.75	0.45	0.83	0.41	0.07
Apariencia de mejor color <sup>1</sup>	8.23	7.47	7.65	7.10	7.57	7.84	7.75	7.57	0.42	0.33	0.81	0.53
Suavidad <sup>4</sup>	7.07	5.95	6.77	7.89	6.50	6.07	6.92	6.82	0.47	0.90	0.30	0.50

C: no se suplemento aceite, CLA: ácido linoleico conjugado, LA: ácido linoleico, LZ: linaza

\*Evaluación sensorial (<sup>1</sup>0 = menos intenso a 12= más intenso, <sup>2</sup>0=mala a 12=excelente, 30= seca a 12= extremadamente jugosa y 40= abundante tejido conectivo a 12= extremadamente tierna).

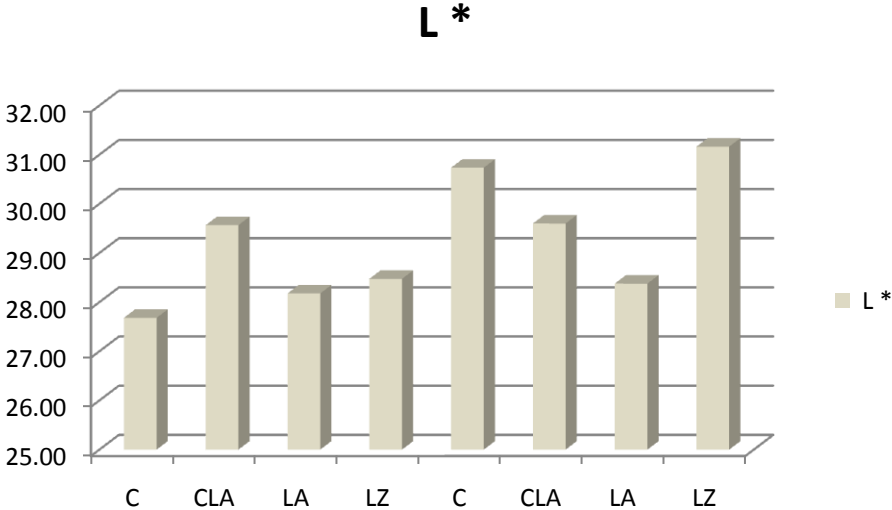


**Figura 5. Efecto de diferentes fuentes de aceites y dos porcentajes de rastrojo en el porcentaje de lípidos y proteína de la carne de ovinos de pelo.**



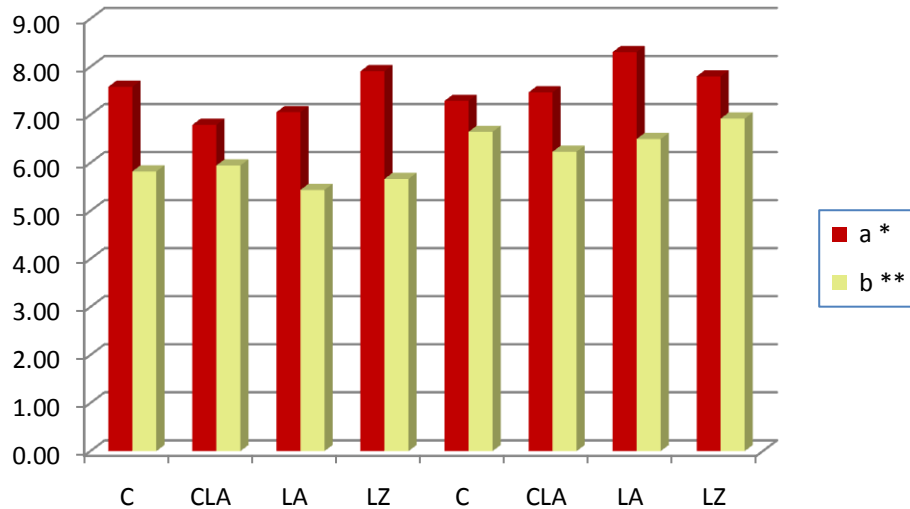
C: no se suplemento aceite, CLA: ácido linoleico conjugado, LA: ácido linoleico, LZ: linaza  
\*Diferencias estadísticas

**Figura 6. Efecto de diferentes fuentes de aceites y dos porcentajes de rastrojo en la luminosidad (L\*) de la carne de ovinos de pelo.**



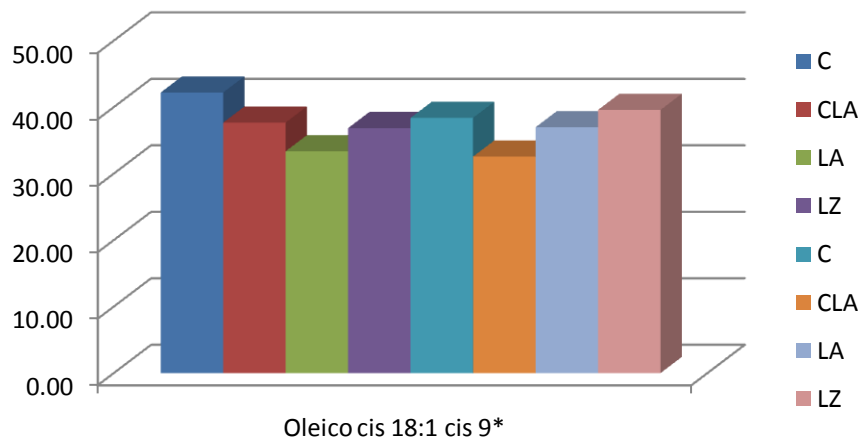
C: no se suplemento aceite, CLA: ácido linoleico conjugado, LA: ácido linoleico, LZ: linaza  
L\* Sin Diferencias estadísticas

**Figura 7. Efecto de diferentes fuentes de aceites y dos porcentajes de rastrojo en el color rojo (a\*) y amarillo (b\*) de la carne de ovinos de pelo.**



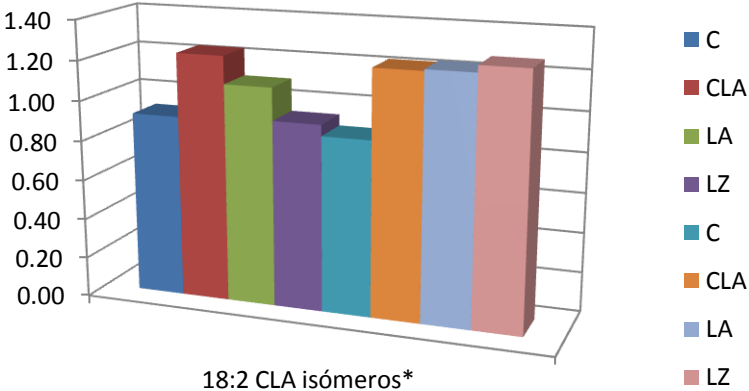
C: no se suplemento aceite, CLA: ácido linoleico conjugado, LA: ácido linoleico, LZ: linaza  
a\* Sin Diferencias estadísticas y b\*\* Con Diferencias estadísticas

**Figura 8. Efecto de la dieta en la composición de ácidos oleico (%) en la carne de ovinos de pelo.**



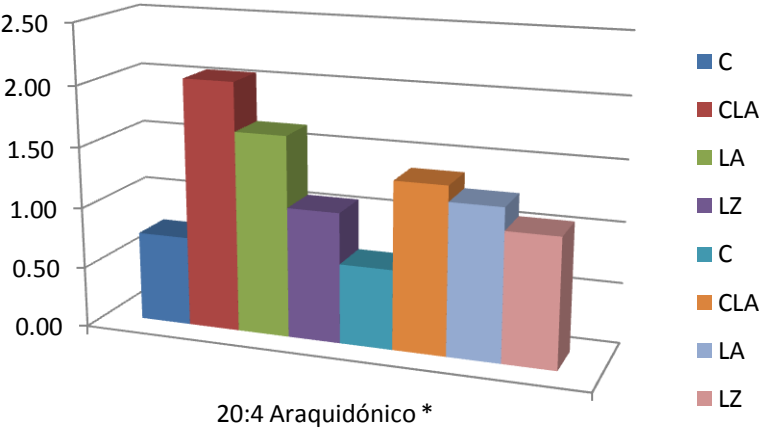
C: no se suplemento aceite, CLA: ácido linoleico conjugado, LA: ácido linoleico, LZ: linaza  
\*Diferencias estadísticas

**Figura 9. Efecto de la dieta en la composición de ácidos linoléico conjugado (%) en la carne de ovinos de pelo.**



C: no se suplemento aceite, CLA: ácido linoleico conjugado, LA: ácido linoleico, LZ: linaza  
 \*Diferencias estadísticas

**Figura 10. Efecto de la dieta en la composición de ácidos araquidónico (%) en la carne de ovinos de pelo.**



C: no se suplemento aceite, CLA: ácido linoleico conjugado, LA: ácido linoleico, LZ: linaza  
 \*Diferencias estadísticas