



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



**ADICIÓN DE GRASA SUPLEMENTARIA EN DIETAS ALTAS EN GRANO
PARA CRECIMIENTO Y FINALIZACIÓN DE CORDEROS**

Por:

Ing. Guadalupe Adriana de la Cruz Gómez

**Tesis presentada como requisito parcial para obtener el grado de
Maestra en Producción Agropecuaria**

Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P.

Diciembre 2013



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VEETERINARIA
COORDINACION DE POSGRADO
MAESTRIA EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA



**ADICIÓN DE GRASA SUPLEMENTARIA EN DIETAS ALTAS EN GRANO
PARA CRECIMIENTO Y FINALIZACIÓN DE CORDEROS**

Por:

Ing. Guadalupe Adriana de la Cruz Gómez

Asesores:

Dr. Juan Manuel Pinos Rodríguez

Dr. Héctor Aarón Lee Rangel

Dra. Alicia Grajales Lagunes

**Tesis presentada como requisito parcial para obtener el grado de
Maestra en Producción Agropecuaria**

Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P.

Diciembre 2013

El trabajo titulado **Adición de Grasa Suplementaria en Dietas Altas en Grano para Crecimiento y Finalización de Corderos**, fue realizado por: **Guadalupe Adriana de la Cruz Gómez** como requisito parcial para obtener el grado de **Maestra en Producción Agropecuaria** en el **Área Terminal de Producción de Pequeños Rumiantes** y fue revisado y aprobado por el suscrito Comité de Tesis.

Dr. Juan Manuel Pinos Rodríguez
Asesor Principal

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'JMP', written over a horizontal line.

Dr. Héctor Aarón Lee Rangel
Asesor

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'HAR', written over a horizontal line.

Dra. Alicia Grajales Lagunes
Asesora

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'ALG', written over a horizontal line.

Ejido Palma de la Cruz, municipio de Soledad de Graciano Sánchez, 10 de diciembre de 2013.

DEDICATORIA

A Dios Padre, Hijo y Espíritu Santo, por darme la oportunidad de tener una relación personal con él y conocerlo a través de su hijo Jesucristo.

A mi esposo Jaime, por su entrega incondicional.

A mis hijas Adriana, Aranza y Alexa, por su paciencia y amor, espero que el esfuerzo sea de ejemplo.

A mis padres, Carmen y Cirilo, mi amor y admiración.

A mis hermanos Jesús, Cirilo, Fernando, Florencio, Alfredo y Daniel, sus esposas, mis sobrinas y sobrinos, los amo.

A toda mi familia y seres queridos que son parte de mi vida.

Al Ing. Jesús Enrique Zamanillo Pérez, por el apoyo otorgado y darme las facilidades, siempre se lo agradeceré.

Al Ing. Augusto D'Argance Stevens por la realización del presente trabajo en su unidad de producción.

Al Sr. Adrián Orozco Gutiérrez (Checo) por su ayuda durante el trabajo de campo.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, específicamente a la Facultad de Agronomía y Veterinaria, al Instituto de Investigación de Zonas Desérticas y a la Facultad de Ciencias Químicas.

Al CONACYT por darme la oportunidad de realizar la maestría a través de la beca 417467/262733.

Al Dr. José Luis Lara Mireles, Director de la Facultad de Agronomía y Veterinaria, por su apoyo durante mi paso por la maestría.

Al Dr. Manuel Rabindranath Thompson Farfán, Jefe del Centro de Investigación y Estudios de Posgrado, por su amistad y apoyo que siempre me brindó.

Al Dr. Juan Manuel Pinos Rodríguez, Dr. Héctor Aarón Lee Rangel y a la Dra. Alicia Grajales Lagunés, por su dirección, asesoría y la oportunidad de aprender de su experiencia y conocimiento.

A Rubén Oswaldo Cifuentes López por su apoyo en el muestreo.

A la Ing. Cecilia Rivera por su apoyo en los trabajos de laboratorio.

A todos mis Maestros, por enseñarme y darme la oportunidad de aprender de su experiencia.

CONTENIDO

	Página
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
CONTENIDO	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
RESUMEN.....	viii
SUMMARY	ix
INTRODUCCIÓN	1
Hipótesis	2
Objetivo	2
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
Lípidos y su Clasificación	3
Metabolismo de Lípidos en el Rumen.....	3
Digestión y Absorción Intestinal.....	4
Efecto de las Grasas en el Consumo, Digestión de Nutrientes y Ambiente Ruminal	4
Efecto de las Grasas Suplementarias en la Canal.....	5
Efectos de Ácidos Omega en la Canal y Grasa Intramuscular y Subcutánea	6
MATERIALES Y MÉTODOS	7
Localización	7
Ensayo Productivo.....	7
Tratamientos o Dietas Experimentales.....	8
Análisis Económico.....	8
Evaluación de Canales.....	9
Fermentación Ruminal	9
Análisis de Longissimus dorsi (LD).....	10
Diseño y Análisis Estadístico	11
RESULTADOS	12

Características y Conformación de la Canal	12
Características del Longissimus dorsi	13
Fermentación Ruminal	14
Análisis Económico.....	15
DISCUSIÓN	17
CONCLUSIONES	19
LITERATURA CITADA.....	20

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
1 Ingredientes y Análisis Proximal de las Dietas Experimentales.....	13
2 Peso vivo, Ganancia Diaria de Peso (GDP), Consumo de Materia Seca (CMS), Conversión de Alimento, y Rendimiento en Canal de Corderos Alimentados con Dietas Adicionadas con Grasa.....	17
3 Características y Conformación de Canales de Corderos Alimentados con Raciones Adicionadas con Grasa.....	18
4 Características del <i>Longissimus dorsi</i> (LD) de Corderos Alimentados con Raciones Adicionadas con Grasa.....	18
5 Fermentación Ruminal en Corderos Alimentados con Dietas Adicionadas con Grasa.....	20
6 Costos, Precios, Utilidad y Análisis Económico por Indicadores de Corderos Alimentados con Dietas con Grasa Suplementaria.....	15

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar la adición de grasa suplementaria en dietas altas en grano sobre el crecimiento y finalización de corderos, en la calidad y características de canal y calidad de carne. El trabajo se desarrolló en una unidad de producción de un productor cooperante. Se utilizaron 15 corderos Rambouillet de 5 a 6 meses de edad con un peso vivo promedio de 28.8 ± 2.8 kg. Los corderos alimentados individualmente y aleatoriamente distribuidos a 3 dietas con 95% concentrado en 3 niveles de grasa suplementaria (en base seca): 0, 2 y 4 %. El diseño experimental utilizado fue un completamente al azar con 3 tratamientos (0, 2 y 4 % cebo/kg MS) y 5 repeticiones (corderos) cada uno. Las ganancias diarias de peso (GDP), pesos finales (PF) y ganancias de peso fueron similares entre tratamientos. El consumo de alimento fue mayor en los corderos alimentados con 2 y 4% de grasa suplementaria, y la conversión alimenticia mayor en los corderos alimentados con 2% grasa. Las canales más pesadas y los mejores rendimientos fueron observados en los corderos alimentados con 2 y 4% de grasa suplementaria en la dieta. La longitud de la pierna, ancho de tórax y el área de *Longissimus dorsi* fueron las canales más largas y anchas en los corderos con dietas de 0 y 4% grasa. El grado conformación y clasificación de las canales disminuyeron linealmente conforme aumentó el nivel de grasa en la dieta. El contenido de mioglobina, catepsina B+L, proteína de Lowry, maduración y color fue similar entre tratamientos a los 5 días de maduración, la proteína de Lowry a los 8 días de maduración tuvo su mayor concentración con 2% de grasa suplementaria. El costo menor fue para la dieta con 4% de grasa. La razón beneficio-costo y la relación beneficio-venta fueron similares entre tratamientos. La adición de 4% de grasa en dietas altas en grano mejoró el rendimiento en canal, la conformación y calidad de la canal, así como la utilidad por concepto de canal.

Palabras clave: grasa suplementaria, corderos, finalización, calidad de canal.

SUMMARY

The aim of this study was to evaluate the addition of supplemental fat in high grain diets on growth performance, quality and carcass characteristics and meat quality of lambs. The research was conducted in a sheep farm of a cooperating producer. Fifteen Rambouillet lambs with 5 to 6 months of age and 28.8 ± 2.8 kg body weight were used. Lambs were individually fed and randomly assigned to three diets with three levels of supplemental fat (dry basis): 0, 2 and 4%. The experimental design was a completely randomized with 3 treatments (0, 2 and 4% tallow/kg DM) and 5 reps (lambs) each. Average daily gain (ADG), final body weight (were similar between treatments. The feed intake was higher in lambs fed 2 and 4% supplemental fat. Feed conversion was higher in lambs fed 2 % fat. The heavier carcasses and the best carcasses dressing were observed in lambs fed supplemental fat in the diet. The leg length, chest width and area of Longissimus dorsi were longer and wider carcasses in lambs fed 0 and 4 % fat. The conformation and carcass classification grade decreased linearly as the fat in the diet, increased. The content of myoglobin, cathepsin B + L, Lowry protein, maturation and color was similar between treatments. The highest Lowry protein content after 8 days of ripening was for lambs fed 2% supplemental fat. The lowest cost was for diet with 4% fat. The cost-benefit and profit-sales ratio were similar between treatments. Carcass dressing, conformation and quality were improved by 4% supplemental fat, as well as profitability by carcasses weight of finishing lambs fed high grain diets.

Keywords: Supplemental fat, lambs, finishing, carcass characteristics.

INTRODUCCIÓN

En México, el conocimiento en la alimentación de ovinos se ha intensificado considerablemente en los últimos años. A pesar de ello, estos nuevos conocimientos son limitados y los productores aun realizan evaluaciones en el engorde de corderos bajo un sistema de "ensayo y error". La tasa o velocidad con la que un cordero crece y gana peso es determinante para la rentabilidad del sistema. Desafortunadamente, la tasa media de crecimiento de los corderos en finalización está por debajo de los estándares de otros países de América del Norte, Europa, Asia y Oceanía. Las razones pueden ser explicadas desde perspectivas ambientales, culturales y económicas. Lo cierto es, que a pesar de la vasta investigación en ovinos que se ha generado en el mundo, aun los requerimientos de nutrientes para esta especie son poco estudiados y por ende bastante variables (Pinos, 2010).

La adición de grasa en dietas para rumiantes fue inicialmente evaluada en ganado lechero, por Maynard y McCay (1929). Los resultados fueron posteriormente estudiados por Palmquist y Jenkins (1980) y Palmquist (1984) encontrando la utilidad de aumentar los niveles de grasas en la dieta de vacas lecheras. La grasa se utiliza para aumentar la densidad energética de la dieta, pero tiene otros beneficios potenciales, como el aumento de la absorción de los nutrientes solubles en grasa y pulverización reducida de alimentos (NRC, 2001), aunque también se notó que los aceites disminuían la digestibilidad de la fibra y la relación acético: propiónico en ovinos (Palmquist y Jenkins, 1980; Jenkins, 1993).

Cuando alguna fuente de grasa es añadida a la dieta, es posible reducir la cantidad de almidón e incrementar la de fibra. La adición de grasa puede mejorar la fermentación ruminal, ya que más fibra puede ser añadida y se puede reducir la cantidad de carbohidratos fácilmente fermentables sin afectar la densidad energética de la ración (Pinos, 2010).

Hipótesis

La adición de grasa suplementaria en dietas altas en grano mejora la ganancia de peso, las características de la canal y de la carne de corderos en finalización.

Objetivo

El objetivo de este estudio fue evaluar la adición de grasa suplementaria en dietas altas en grano para crecimiento y finalización de corderos, calidad de canal y calidad de la carne.

REVISIÓN DE LITERATURA

Lípidos y su Clasificación

El término grasa se utiliza generalmente como un término genérico para describir los compuestos que tienen un alto contenido de ácidos grasos de cadena larga como los triglicéridos, fosfolípidos no esterificados y sales de cadena larga (NRC, 2001). Bioquímicamente, las grasas son sustancias apolares y por ello son insolubles en agua. Esta apolaridad se debe a que sus moléculas tienen muchos átomos de carbono e hidrógeno unidos de modo covalente puro y por lo tanto no forman dipolos que interactúen con el agua (Choppin, 1986). Los lípidos son compuestos químicos formados por alcoholes y ácidos grasos siendo estos la fuente más importante de energía. También ayudan en la absorción de vitaminas solubles en grasa y carotenoides. Los lípidos son compuestos solubles en éter y cloroformo (Church, 1993).

Metabolismo de Lípidos en el Rumen

Los microbios del rumen modifican rápida y ampliamente los lípidos de la dieta durante su permanencia en el rumen. En condiciones típicas muy poca grasa sale ileso del rumen. Los ácidos grasos aparecen típicamente en forma esterificada al menos en las dietas convencionales y los microbios del rumen las hidrolizan rápidamente hasta ácidos grasos libres, glicerina y otros compuestos, dependiendo de la naturaleza del lípido consumido. Tras la lipólisis se produce biohidrogenación la cual depende de la presencia de un grupo carboxilo libre. La lipólisis es una primera etapa obligatoria en la modificación de los lípidos esterificados que aporta la dieta. En dietas a base de granos, la fracción de microorganismos lipolíticos es pequeña, permitiendo un mayor escape de lípidos intactos. Aunque la lipólisis es rápida, la velocidad es un factor limitativo que sirve posiblemente para prevenir la formación de cantidades excesivas de ácidos grasos poliinsaturados que pueden interferir sobre la digestión de la fibra y pueden inhibir la biohidrogenación. Los aceites vegetales como el aceite de linaza son hidrolizados típicamente sobre el 90%, mientras que los aceites de pescado experimentan una hidrólisis menor al 50% (Church, 1993).

Digestión y Absorción Intestinal

A diferencia de los no rumiantes, la grasa que aparece en el intestino delgado puede mostrar poco parecido con la grasa de la dieta, ya que llega en forma de ácidos grasos no esterificados, altamente insaturados y ligados en forma no iónica en un complejo insoluble a la materia particulada. El pH de la ingesta que fluye del abomaso es bajo y se mantiene así en su recorrido a través de la mitad proximal del intestino delgado debido a la limitada actividad tampón de las secreciones pancreáticas. Como consecuencia, los ácidos grasos son ionizados con este pH y los jabones de ácidos grasos insolubles en el rumen son solubilizados, aumentando la absorción tanto de los ácidos grasos como de los minerales (Church, 1993).

Efecto de las Grasas en el Consumo, Digestión de Nutrientes y Ambiente Ruminal

Los triglicéridos son hidrolizados rápidamente por microorganismos lipolíticos en el rumen. Tras la hidrólisis, los ácidos grasos insaturados son hidrogenados por microorganismos ruminales, pero el grado de hidrogenación es dependiente del grado de instauración, nivel y frecuencia de la alimentación. La hidrogenación ruminal de los ácidos grasos polinsaturados es de 60 a 90% (Bickerstaffe *et al.*, 1972; Mattos y Palmquist 1977) y de 30 a 40% si se proporciona como sales de calcio (Klusmeyer y Clark, 1991).

Los niveles altos de grasa en la dieta (> 6% de grasa como porcentaje de la MS) tienen efectos negativos sobre la digestibilidad de la fibra en el rumen, los cuales están asociados con la inhibición de la actividad microbiana, particularmente de los microorganismos celulolíticos y metanogénicos (Devendra y Lewis, 1974) por acción directa de los ácidos grasos en la membrana celular de los microorganismos o por efectos indirectos de una reducción en la disponibilidad de Ca^{2+} y Mg^{2+} (Davison y Woods, 1963). Sin embargo, esta reducción en la digestibilidad puede ser inhibida mediante la adición de minerales a través de la reacción de cationes divalentes con ácidos grasos libres con la formación de jabones cálcicos (Palmquist, 1984).

Efecto de las Grasas Suplementarias en la Carne

El efecto del alimento en el contenido y tipo de ácidos grasos en la carne de los rumiantes ha sido revisado por Martínez (2007). Diversos estudios se han realizado adicionando variadas fuentes de grasa como semilla de lino (Enser *et al.*, 1999; Wachira *et al.*, 2002; Raes *et al.*, 2003; Aharoni *et al.*, 2004; De La Torre *et al.*, 2006) semilla de cártamo (Bolte *et al.*, 2002; Kott *et al.*, 2003), semilla de girasol expandida (Santos-Silva *et al.*, 2003), haba de soya extrusionada (Madron *et al.* 2002; Aharoni *et al.* 2005), aceite de cártamo, (Mir *et al.* 2000), aceite de maíz, (Gillis *et al.*, 2004), aceite de girasol, (Noci *et al.*, 2005), aceite de soya, (Engle *et al.*, 2000; Beaulieu *et al.*, 2002; Griswold *et al.*, 2003; Santos-Silva *et al.*, 2004; Aharoni *et al.*, 2005; Bessa *et al.* 2005), aceite de pescado (Enser *et al.*, 1999; Wachira *et al.*, 2002).

Los resultados obtenidos en los diferentes estudios se relacionaron con el efecto de la dieta basal y la cantidad de ácidos grasos poliinsaturados aportados sobre el proceso de biohidrogenación ruminal y la deposición tisular que con el tipo de grasa utilizada, de ahí las diferencias en las respuestas (Martínez, 2007). Por otro lado, la absorción intestinal de una elevada cantidad de ácidos grasos poliinsaturados no modificados puede ocasionar un efecto depresor de la actividad de la enzima delta-9-desaturasa, lo que a su vez, reduciría aún más la síntesis de ácido linoleico conjugado en los tejidos (Griswold *et al.*, 2003). Igualmente, aquellas raciones que favorezcan un ambiente ruminal en el que la isomerización de los ácidos grasos poliinsaturados resulte en una mayor proporción del isómero C18:2trans-10, cis-12, también ocasionarán menor deposición tisular de ácido ruménico por la inhibición que ejerce aquel isómero sobre la actividad de la enzima delta-9-desaturasa (Beaulieu *et al.*, 2002; Bessa *et al.*, 2005).

La medida más efectiva para incrementar el ácido eicosapentaenoico y ácido docosahexaenoico en la carne de los rumiantes ha sido la incorporación en la dieta de fuentes de grasa ricas en dichos ácidos grasos (Ponnampalam *et al.*, 2001; Wachira *et al.*, 2002; Cooper *et al.*, 2004; Demirel *et al.*, 2004; Elmore *et al.*, 2005). La harina de pescado es una fuente adecuada de AEP y ADH pero su utilización en la alimentación de los rumiantes está actualmente prohibida en la Unión Europea. El aceite de pescado

presenta el inconveniente de las repercusiones negativas que tiene sobre la digestión ruminal, por tanto, no lo hacen un producto especialmente indicado como fuente suplementaria de grasa, salvo que esté acondicionado para la digestión ruminal (Kitessa *et al.*, 2001 a,b).

Efectos de Ácidos Omega en la Canal y Grasa Intramuscular y Subcutánea

La incorporación a la ración de semilla de lino permite aumentar el contenido de ácido linolénico de la grasa intramuscular de terneros desde 0.35 hasta 0.88% (Aharoni *et al.*, 2004; Barton *et al.*, 2007) y de 1.4 a 3.1% en corderos (Wachira *et al.*, 2002), pero para conseguir un aumento del contenido de ácido eicosapentaenoico utilizando dicha fuente de grasa es necesario comenzar el suministro al inicio del período de crecimiento dando tiempo suficiente para la síntesis endógena e incorporación del ácido eicosapentaenoico a los fosfolípidos (Raes *et al.*, 2003). Por otro lado, el incremento del aporte de ácido linolénico no tiene un efecto cuantitativamente importante sobre el contenido de ácido docosahexaenoico (Wachira *et al.*, 2002; Raes *et al.*, 2003; Demirel *et al.*, 2004). La medida más efectiva para incrementar el contenido de ácido eicosapentaenoico y ácido docosahexaenoico en la carne de los rumiantes es incorporando a la ración fuentes de grasa ricas en dichos ácidos grasos (Ponnampalam *et al.*, 2001a,b; Cooper *et al.*, 2004; Demirel *et al.*, 2004; Elmore *et al.*, 2005). Por esta vía, la concentración de ácido eicosapentaenoico en la grasa intramuscular de los corderos se puede aumentar de 0.68 a 2.32% y la de ácido docosahexaenoico de 0.28 a 0.79% (Wachira *et al.*, 2002), de forma tal que su carne suponga un aporte de ácido eicosapentaenoico + ácido docosahexaenoico a la dieta humana de unos 80 a 100 mg por cada ración de 100 g. (Ponnampalam *et al.*, 2001; Cooper *et al.*, 2004; Demirel *et al.*, 2004).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El presente estudio se realizó en un predio de un productor cooperante, ubicado en el municipio de Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P. El clima es seco templado, con una temperatura media anual de 16.8° C, la temperatura cálida comprende los meses de marzo a octubre y el período frío de noviembre a febrero. La precipitación media anual es de 322 mm, sus coordenadas geográficas son 22°11' latitud norte y 100°56' longitud oeste, y una altitud de 1850 msnm (INEGI, 2011).

Ensayo Productivo

Se utilizaron 15 corderos enteros Rambouillet de 5 a 6 meses de edad con un peso vivo (PV) promedio de 28.8 ± 2.8 kg. Antes del inicio del estudio, los corderos se identificaron, inmunizaron (Bobac 8, Intervet México, Schering-Ploug), desparasitaron (Ivermectinas; Ivomec plus, Merial, Brasil) y vitaminaron (ADE Vigantol, Bayer, México). Los corderos fueron alojados en jaulas metabólicas individuales (0.8 m x 1.2 m) equipadas con comederos y bebederos, bajo un cobertizo durante todo el periodo experimental, incluidas dos semanas de adaptación a las mismas. Los corderos fueron aleatoriamente distribuidos a 3 raciones experimentales consistentes en 3 niveles suplementarios de grasa 0, 2 y 4 % (en base seca de la ración). Las raciones se formularon de acuerdo a los requerimientos del NRC (1985).

El periodo de finalización fue de 45 días, cada 14 días se preparó la cantidad de ración necesaria para el periodo. La mezcla de la ración se realizó de forma manual. Las raciones se ofrecieron diariamente a libre acceso por la mañana y por la tarde, durante 45 días, asegurando un rechazo del 3%. La alimentación se ajustó paulatinamente conforme el consumo aumentó. Los corderos tuvieron agua fresca a libre acceso durante todo el periodo de estudio. La cantidad de alimento ofrecido y rechazado se midió diariamente con una báscula electrónica con capacidad de 5 kg, calculando el consumo de alimento expresado en base seca. Se realizó el pesaje de los animales, cada dos semanas.

Tratamientos o Dietas Experimentales

Las dietas experimentales consistieron en (1) 1000 g concentrado/kg MS; (2) 980 g concentrado/kg MS + 20 g cebo de res kg/MS y (3) 960 g concentrado/kg + 40 g cebo de res kg/MS (Cuadro 1) lo cual representa 0, 2 y 4% de grasa suplementaria de la ración. En las dietas se determinó el contenido de proteína cruda de acuerdo con el AOAC (1990) así como la fibra detergente neutro (FDN) (Van Soest *et al.*, 1991), (AOAC, 1990). Además se cuantificó la digestibilidad *in situ* a las 12 h.

Cuadro 1. Ingredientes y Análisis Proximal de las Dietas Experimentales.

	Grasa %		
	0	2	4
Ingredientes, g/kg MS			
Cebo	0	20	40
Heno de alfalfa	50	50	50
Maíz grano entero	660	520	380
Pasta de soya, 48% PC	120	100	90
Melaza de caña	80	80	80
Salvado	0	140	270
Vitaminas y minerales ¹	90	90	90
Análisis proximal			
Proteína cruda, g/kg MS	13.9	13.3	12.5
Fibra detergente neutro, g/kg MS	14.0	17.2	20.9
Fibra detergente ácido, g/kg MS	4.0	5.1	6.4
Digestibilidad <i>in situ</i> 12 h, g/kg MS	76.6	79.5	79.8
Energía digestible, Mcal/kg	3.1	3.0	3.2
Energía metabolizable, Mcal/kg	2.5	2.5	2.4

¹ En base seca: proteína cruda en forma de nitrógeno no proteico, 14.4%; Ca, 27.3 %; Na, 3.6%; Se, 12.9 mg/kg; vitamina A, 173 KUI/kg; vitamina E, 527 UI/kg; lasalocida sódica, 1290 mg/kg.

Análisis Económico

Con los datos del ensayo de crecimiento y las características de la canal se realizó un análisis de factibilidad económica con base en los indicadores descritos por el Comité sistema producto-ovino del estado de Yucatán (2013).

- Valor de la producción=precio x peso de canales producidas
- Costo de la producción=costo de las canales + costo de la alimentación

- Beneficio bruto=valor de la producción-costo de la producción
- Razón beneficio-costo=beneficio bruto/costo de la producción
- Razón beneficio-ventas=beneficio bruto/valor de la producción

Evaluación de Canales

Al término del ensayo de crecimiento, después de 14 horas de ayuno, los corderos fueron sacrificados y las canales obtenidas para su evaluación. Se registró el peso de la canal caliente, inmediatamente después del sacrificio. Las características de la canal fueron evaluadas conforme a la Norma Mexicana de Clasificación de Carne de Ovino en Canal (NMXFF-106-SCFI-2006) de acuerdo a los criterios de conformación, edad, peso y grado de engrasamiento y clasificándolas en las siguientes 4 categorías: México extra, México 1 (selecta), México 2 (comercial) y fuera de clasificación (SAGARPA 2010). El área de *Longissimus dorsi* en la 13^a costilla, se midió con cinta métrica en los ejes longitudinal y transversal del ojo de chuleta, los dos en el punto más distante. También se midió la longitud de la canal, desde la articulación atlante-occipital hasta la primera vértebra coccígea. La longitud de la pierna se realizó desde la epífisis proximal del fémur hasta el nivel de la articulación tarso-metatarsiana. El perímetro de la pierna se midió en su parte más ancha. Las mediciones anteriormente descritas se realizaron de acuerdo Colomer–Rocher (1984). La grasa dorsal fue medida con vernier a la altura de la sexta costilla, así como entre la 12^a y 13^a costilla. Los componentes no incluidos en la canal (tráquea, pulmones, corazón, hígado, bazo; aparato digestivo lleno y vacío, cabeza, piel y patas con excepción de los testículos), fueron pesados individualmente, para los cálculos de rendimiento en canal (Colomer–Rocher, 1988).

Fermentación Ruminal

Inmediatamente después del sacrificio, se realizó una incisión de 10 cm en la parte dorsal del rumen para tomar líquido ruminal, el cual fue filtrado en 9 mantas. Aproximadamente 100 ml de líquido ruminal se depositaron en un vaso de precipitado e inmediatamente se midió el pH con un potenciómetro (pH Testr37® Double Junction, Waterproof, USA). Posteriormente, con una pipeta de 10 ml se recolectó una muestra de

4 ml de líquido ruminal y se depositaron en viales con 1 ml de ácido metafosfórico. Las muestras fueron congeladas para su posterior análisis. El nitrógeno amoniacal (N-NH_3) se determinó mediante la técnica propuesta por McCullough (1967), en un espectrofotómetro de luz ultravioleta (Agilent® 8453, USA) a 630 nm. El lactato se determinó enzimáticamente con lactato deshidrogenasa y se cuantificó en un espectrofotómetro UV-VIS (Agilent® 8453, USA) a 540 nm (Gutman y Whilhelm, 1974). La cuantificación de ácidos grasos volátiles se realizó en un cromatógrafo de gases (HP® 6890 Agilent, USA) de acuerdo con Erwin *et al.* (1961).

Análisis de Longissimus dorsi (LD)

Una vez sacrificados los corderos, se tomaron muestras de los lomos y estos fueron empacados al alto vacío y congelados a -20°C para su conservación y posterior análisis. El índice de maduración fue evaluado en carne cruda a través de la resistencia miofibrilar a una compresión lineal del 20% de deformación con un equipo universal INSTRON (3365, software Serie IX/s, Grove City, Pennsylvania, USA). Para este índice de maduración en el LD fueron cortados cubos de 1x1x3 cm. La longitud más grande correspondió al sentido de la fibra muscular. Las muestras de LD fueron sometidas a una compresión perpendicular al eje de las fibras musculares, donde la deformación es paralela al eje de las fibras. Una celda de compresión particular fue utilizada, con el fin de limitar la deformación libre de la muestra en una sola dirección (Lepetit y Buffiere, 1993). La compresión fue producida por un pistón de forma cuadrada (1 cm^2) desplazándose verticalmente a una velocidad uniforme de 50 mm/min.

Los trozos del LD fueron triturados y homogeneizados utilizando Ultraturrax (Waring, Comercial modelo 51BL32 700, Torrington, Connecticut, USA). De la muestra homogeneizada se tomaron 3 g/kg por duplicado y se adicionaron 6 ml de tampón de extracción que contiene, acetato de sodio, EDTA y tritón. La temperatura de la muestra fue llevada a 25°C (Torley *et al.*, 2000). Las mediciones de color se llevaron a cabo mediante los parámetros CIE L^* , a^* y b^* obtenidos con un colorímetro (Konica Minolta On Color CM-2500d Online, Osaka, Japón). Antes de cada medición el equipo fue calibrado. Las muestras fueron cortadas en cubos de 1.5 cm los cuales fueron colocados

bajo el sensor del colorímetro para obtener los parámetros CIE, L (luminosidad), a^* (rojez) y b^* (amarillez). Los valores finales de estos parámetros se obtuvieron de la media de las mediciones. Dicho procedimiento se realizó al 5° y 8° día de almacenamiento. El contenido de mioglobina del LD se determinó mediante la metodología descrita por Trout (1991), para la determinación de las catepsinas B y B+L se utilizó la metodología descrita por Etherington y Wardale (1982).

Diseño y Análisis Estadístico

El diseño experimental utilizado fue un completamente al azar con 3 tratamientos (0, 2 y 4% de grasa suplementaria en la ración) y 5 repeticiones (corderos) cada uno. Los datos se analizaron con un procedimiento de efectos mixtos (MIXED de SAS, 2001). Para evaluar el efecto de los niveles de grasa en la dieta sobre las características de crecimiento, canal, carne y fermentación ruminal, se realizó un análisis polinomial de efectos lineal y cuadrático.

RESULTADOS

Los corderos alimentados con 0, 2 y 4% de grasa suplementaria tuvieron ganancias diarias de peso (GDP), pesos finales (PF) y ganancias de peso similares. Los consumos de materia seca (CMS) fueron más altos ($P<0.05$) en los corderos alimentados con 2 y 4% de grasa suplementaria. Así la conversión alimenticia fue mayor ($P<0.05$) en los corderos alimentados con 2% de grasa suplementaria seguida de los alimentados con 4 y 0% (Cuadro 2).

El peso de la canal caliente fue afectado cuadráticamente ($P<0.05$) por el nivel de grasa en la dieta, el rendimiento de la canal de forma tal que las canales más pesadas y los mejores rendimientos fueron observados en los corderos alimentados con 2 y 4% de grasa suplementaria en la dieta.

Cuadro 2. Peso vivo, Ganancia Diaria de Peso (GDP), Consumo de Materia Seca (CMS), Conversión de Alimento, y Rendimiento en Canal de Corderos Alimentados con Dietas Adicionadas con Grasa.

	Grasa %			EEM
	0	2	4	
Desempeño productivo				
Peso inicial, kg ^C	28.8 ^{ab}	30.2 ^a	27.6 ^b	0.57
Peso final, kg	44.0	44.6	42.9	1.08
Ganancia total, kg	15.2	14.4	15.3	0.72
GDP, g	0.253	0.239	0.246	9.98
CMS, g/d ^C	980.0 ^b	1130.0 ^a	1080.0 ^{ab}	32.99
CA (CMS /GDP) ^C	2.9 ^c	3.8 ^a	3.1 ^b	0.79
Rendimiento en canal				
Peso de la canal, % ^C	19.2 ^b	23.2 ^a	23.2 ^a	0.51
Rendimiento de la canal caliente	43.6 ^c	52.0 ^b	54.3 ^a	0.54

^LEfecto lineal ($P<0.05$); ^CEfecto cuadrático ($P<0.05$); EEM, error estándar de la media.

Características y Conformación de la Canal

La longitud de canal, perímetro de la grupa, ancho de la grupa y espesor de la grasa dorsal, fueron similares en los corderos alimentados con 0, 2 y 4% de grasa suplementaria en la dieta. La longitud de la pierna, el ancho del tórax y el Área de *Longissimus dorsi*, se modificaron cuadráticamente con el nivel de grasa en la dieta,

encontrándose que las canales más largas y anchas fueron en los corderos alimentados con 0% y 4% de grasa suplementaria en la dieta (cuadro 3).

Cuadro 3. Características y Conformación de Canales de Corderos Alimentados con Raciones Adicionadas con Grasa.

	Grasa %			EEM
	0	2	4	
Características de canal				
Longitud de la canal, cm	67.8	66.4	67.2	0.48
Longitud de la pierna, cm ^C	44.4 ^a	41.2 ^b	43.8 ^a	0.51
Perímetro de la grupa, cm	60.6	62.2	61.6	0.61
Ancho de la grupa, cm	19.0	18.2	19.4	0.41
Ancho de tórax, cm ^L	14.4 ^b	18.2 ^a	14.6 ^b	0.28
Área de <i>Longissimus dorsi</i> , cm ^{2C}	18.2 ^b	21.3 ^a	18.9 ^a	0.47
Espesor de la grasa dorsal, mm	1.0	1.0	1.0	1.00
Conformación de la canal				
Grado de conformación ^{2L}	2.6 ^a	1.8 ^b	1.4 ^c	0.42
Estado de engrasamiento ^{3L}	3.4 ^c	4.2 ^b	4.6 ^a	0.48
Grasa perirrenal ^{4L}	1.4 ^c	2.2 ^b	2.6 ^a	0.14
Clasificación de canales ^{1L}	2.6 ^a	1.8 ^b	1.4 ^c	0.10

^L Efecto lineal (P<0.05); ^C Efecto cuadrático (P<0.05); EEM, error estándar de la media.

¹ De acuerdo con la norma oficial Mexicana NMX-FF-106-SCFI-2006, donde; 1 México extra (MEX EXT); 2 México 1 (Mex 1); 3 México 2 (Mex 2); 4 Fuera de clasificación (F/C).

² Grado de conformación, escala 1-3 donde; 1 Excelente, 2 Buena, 3 Deficiente.

³ Estado de engrasamiento, escala 1-5 donde: 1 Muy magra, 2 Magra, 3 Medianamente grasa, 4 Grasa, 5 Muy grasa.

⁴ Grasa perirrenal, escala 1-3 donde; 1 Escasa; 2 Normal; 3 Excesiva.

El grado conformación y clasificación de las canales disminuyeron linealmente (P<0.05) conforme aumentó el nivel de grasa en la dieta. El mayor grado de engrasamiento y la grasa perirrenal aumentó linealmente (P<0.05) conforme el porcentaje de grasa suplementaria en la dieta aumentó.

Características del *Longissimus dorsi*

A los 5 días de maduración del LD, el contenido de mioglobina, catepsina B+L, proteína de Lowry, maduración y color fue similar para los tratamientos. Sin embargo, el contenido de catepsina B fue cuadráticamente (P<0.05) afectada por el porcentaje de grasa suplementaria, siendo el LD de los corderos alimentados con 2% de grasa suplementaria los que tuvieron mayor concentración de esta proteína (Cuadro 4).

A los 8 días de maduración, la proteína de Lowry fue afectada cuadráticamente ($P<0.05$) por el porcentaje de grasa suplementaria en la dieta encontrándose la concentración más alta en los corderos alimentados con 2% de grasa suplementaria. El resto de las características del LD no fueron afectadas por el porcentaje de grasa en la dieta.

Cuadro 4. Características del *Longissimus dorsi* (LD) de Corderos Alimentados con Raciones Adicionadas con grasa.

	%			EEM
	0	2	4	
Maduración 5 días				
Mioglobina, mg/g	0.29	0.28	0.25	0.026
Catepsina B ¹	275.49 ^{ab}	369.71 ^a	265.61 ^b	27.27
Catepsina B+L ¹	304.90	395.37	314.26	37.91
Proteína de Lowry mg/ml	0.42	0.38	0.39	0.38
Maduración ² (20%)	7.85	8.70	9.54	0.93
Color				
L ^{*C}	39.86	45.45	42.37	1.67
a ^{*C}	6.48 ^a	9.31 ^b	7.01 ^{ab}	0.71
b ^{*C}	11.99	13.69	10.34	0.95
Maduración 8 días				
Mioglobina (mg/g)	0.31	0.306	0.28	0.026
Catepsina B ¹	320.94	341.73	354.20	37.38
Catepsina B+L ¹	343.54	388.99	391.58	35.94
Proteína de Lowry mg/ml	0.36 ^b	0.47 ^a	0.39 ^b	0.22
Maduración ² (20%)	1.88	1.50	1.61	0.43
Color				
L [*]	42.89	44.41	41.14	1.21
a [*]	7.55	6.87	6.98	0.83
b [*]	14.07	13.01	11.96	1.22

^L Efecto lineal ($P<0.05$); ^C Efecto cuadrático ($P<0.05$); EEM, error estándar de la media.

¹ Expresados en $\mu\text{molcou}/\text{min}$ por mg de proteína.

² Expresado en N/cm^2 .

Fermentación Ruminal

El pH se modificó cuadráticamente ($P<0.05$) con el porcentaje grasa suplementaria en la dieta, de forma tal que los valores de pH más bajos fueron observados en los corderos alimentados con 2% de grasa suplementaria en la dieta y los más altos con 0 y 4% (Cuadro 5).

Cuadro 5. Fermentación Ruminal en Corderos Alimentados con Dietas Adicionadas con Grasa

	Grasa %			EEM
	0	2	4	
pH ^C	5.72 ^a	5.45 ^b	5.70 ^a	0.08
Nitrógeno amoniacal, mg/L	5.8	5.2	6.1	1.83
Acetato, mol/100 mol	47.7	44.7	45.2	2.43
Propionato, mol/100 mol	38.3	38.5	37.3	3.52
Butirato, mol/100 mol	14.0	16.8	18.4	2.14
Tasa acetato: propionato	1.2	1.1	1.2	1.70

^LEfecto lineal (P<0.05); ^CEfecto cuadrático (P<0.05); EEM, error estándar de la media.

Análisis Económico

El costo de la ración fue menor para la dieta con 4% de grasa suplementaria. El precio de venta en canal y precio de venta en peso vivo fueron similares entre tratamientos. El costo por kg en peso vivo fue menor (P<0.05) para los corderos alimentados con 4% grasa. El costo por kg en canal fue mayor en los corderos que no recibieron grasa suplementaria. La utilidad por kg PV fue similar entre tratamientos, mientras que la utilidad por kg de canal fue mayor (P<0.05) en los corderos alimentados con 2 y 4% grasa de tal forma que se obtuvieron mayores ganancias con las dietas con grasa suplementarias.

Cuadro 6. Costos, Precios, Utilidad y Análisis Económico por Indicadores de Corderos Alimentados con Dietas con Grasa

	% grasa			EEM
	0	2	4	
Costo de la ración, US\$/kg MS ^C	0.234	0.229	0.225	
Precio de venta, US\$/kg en canal ^L	3.76	3.76	3.76	
Precio de venta, US\$/kg PV ^L	1.90	1.90	1.90	
Costo, US\$/ kg ganancia PV ^C	3.61 ^a	3.16 ^b	2.90 ^c	0.03
Costo, US\$/ kg ganancia en canal ^C	0.19 ^a	0.13 ^b	0.12 ^b	0.00
Utilidad, US\$/ kg PV ^C	1.21	1.17	1.24	0.02
Utilidad, US\$/ kg en canal ^C	5.03 ^a	5.08 ^a	5.09 ^b	0.00
Análisis Económico por Indicadores				
Valor de la producción, US\$ ^C	165.44	167.69	159.42	3.80
Costo de la producción, US\$ ^C	110.56 ^a	115.86 ^{ab}	106.01 ^b	2.16
Beneficio bruto, US\$ ^C	54.87	51.82	53.40	2.25
Razón Beneficio-Costo ^C	0.49	0.44	0.50	0.01
Razón Beneficio-Venta ^C	0.33	0.30	0.33	0.00

Tipo de cambio en ventanilla, precio de venta 13.2 pesos por dólar al 9 de septiembre de 2013.

El valor de la producción fue similar entre tratamientos. Contrariamente las canales que menos ($P<0.05$) costó producirlas fueron las de corderos con 4% de grasa suplementaria. El costo de producción se modificó de manera cuadrática ($P<0.05$) con el nivel de grasa en la dieta. El beneficio bruto se modificó cuadráticamente ($P<0.05$) con el nivel de forraje en la dieta. La razón beneficio-costo y la relación beneficio-venta fueron similares entre tratamientos.

DISCUSIÓN

Los resultados indicaron que el 2% de grasa complementaria a la dieta aumentó el consumo de alimento y por tanto la conversión alimenticia. Lo anterior pudo ser resultado a que la adición de grasa permitió reducir la cantidad de carbohidratos de fácil fermentación y por tanto mejorar las condiciones ruminal, permitiendo así una mejor digestión y mayor consumo. Contrariamente, estudios previos (Zinn y Plascencia, 1993) mostraron que la grasa suplementaria disminuye el consumo de alimento, lo cual puede ser atribuido a una reducción en la digestibilidad de la fibra en el rumen, como resultado de una inhibición de la actividad microbiana, particularmente de microorganismos celulolíticos y metanogénicos (Jhonson y McClure, 1973; Devendra y Lewis, 1974) por acción directa de los ácidos grasos en la membrana celular o por efectos indirectos de una reducción en la disponibilidad de Ca^{2+} y Mg^{2+} (Davison y Woods, 1963). Sin embargo, esta reducción en la digestibilidad puede ser inhibida mediante la adición de minerales (Palmquist, 1984).

La grasa suplementaria mejoró el rendimiento de la canal y el grado de engrasamiento y grasa perirrenal en los corderos. Martinez-Cerezo, *et al.* (2005) encontraron en borregos de lana que un incremento en el peso al sacrificio aumenta el engrasamiento y la longitud de canal. Asimismo (Colomer y Rocher, 1988; Whitney y Lupton, 2010) mencionan que el rendimiento en canal se modifica por la deposición de la grasa de la canal y el ancho de masas musculares. Estudios previos (Ngidi, *et al.*, 1990) encontraron que el rendimiento en canal de novillos se redujo por la adición de grasa cálcica a la dieta. A pesar que nuestros resultados no muestran efectos consistentes de la grasa suplementaria en la maduración de *Longissimus dorsi*, existen evidencias (Lawrie, 1998; Hopkins y Thompson 2002), que sugieren un ablandamiento conforme avanzan los días de refrigeración a 4° C, como resultado de la proteólisis del complejo enzimático catepsina, (Beltran, 1988; Sañudo, 1922). A los cinco días de maduración, el contenido de catepsina fue mayor en los corderos alimentados con 2% grasa, no obstante que mioglobina, catepsina B+L, proteína de Lowry, maduración y color fue similar entre niveles de grasa suplementaria. La proteína de Lowry tuvo la concentración más alta a los 8 días de maduración en los corderos alimentados con 2% grasa. Datos descritos por investigadores (Eterington *et al.*, 1987; Dransfield, 1994; Koohmaraie *et al.*, 2003;

Bianchi *et al.*, 2006) acerca de la maduración al 20% de compresión, describen que a los 8 días de refrigeración, la carne presenta una fuerza de corte de 4.10 N/ cm², los cuales no coinciden con lo encontrado en la presente, ya que a los 10 días la fuerza de corte fue de 7.8 N/ cm². La ración con un costo mejor fue con 4% grasa, así como el costo por kg en peso vivo, aunque el costo por kg en canal fue mayor en los corderos que se alimentaron sin grasa, no hay evidencias de estudios realizados con corderos alimentados con estos niveles de grasa suplementaria.

CONCLUSIONES

La adición de 4% de grasa en dietas altas en grano mejoró el rendimiento en canal, la conformación y calidad de la canal, así como la utilidad por concepto de canal. La grasa en la dieta de ovinos ayuda a la maduración (características sensoriales: color, jugosidad, flavor (olor y aroma) y suavidad).

LITERATURA CITADA

- Aharoni, Y., Orlov, A., Brosh, A. 2004. Effects of high-forage content and oilseed supplementation of fattening diets on conjugated linoleic acid (CLA) and trans fatty acids profiles of beef lipids fractions. *Anim. Feed Sci. Technol.* 117:43-60.
- Aharoni, Y., Orlov, A., Brosh, A., Granit, R., Kanner, J. 2005. Effects of soybean oil supplementation of high forage fattening diet on fatty acid profiles in lipid depots of fattening bull calves, and their levels of blood vitamin E. *Anim. Feed Sci. Technol.* 119:191- 202.
- AOAC, 1990. Official Methods Analysis, 17th ed. Association of Official Chemists, Gaithersburg, MD, USA.
- Barton, L., Marounek, M., Kudrna, V., Bures, D., Zahradkova, R. 2007. Growth performance and fatty acid profiles of intramuscular and subcutaneous fat from Limousin and Charolais heifers fed extruded linseed. *Meat Sci.* 76:517-523.
- Beaulieu, A.D., Drackley, J.K., Merchen, N.R. 2002. Concentrations of conjugated linoleic acid (cis-9, trans-11-octadecadienoic acid) are not increased in tissue lipids of cattle fed a high-concentrate diet supplemented with soybean oil. *J. Anim. Sci.* 80:847- 861.
- Beltrán, J.A. 1988. Efecto de la temperatura sobre el desarrollo del rigor mortis y la maduración en músculos de ternasco. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza. Facultad de Veterinaria. Departamento de producción Animal y Ciencia de los Alimentos. 255p.
- Bessa, R.J.B., Portugal, P.V., Mendes, I.A., Santos-Silva J. 2005. Effect of lipid supplementation on growth performance, carcass and meat quality and fatty acid composition of intramuscular lipids of lambs fed dehydrated lucerne or concentrate. *Livest. Prod. Sci.* 96:185-194.
- Bianchi, G., O. Betancur, C. Sañudo. 2006. Meat ageing as a tool to improve tenderness and sensory quality in lambs. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 26: 39-55.
- Bickerstaffe, R.D.F. Noakes and E.E Annison. 1972. Quantitative Aspects of Fatty Acids Biohydrogenation, Absorption and Transfer into Milk Fat in the Lactating Goat, with Special Reference to the cis- and trans-Isomers of octadecenoate and linoleate. *Biochem. J.* 120-607 609.
- Bolte, M.R., Hess, B.W., Means, W.J., Moss, G.E., Rule, D.C. 2002. Feeding lambs high-oleate or high-linoleate safflower seeds differentially influences carcass fatty acid composition. *J. Anim. Sci.* 80: 609-616.
- Choppin, R.G. 1986. Química Orgánica. Publicaciones cultural. P. 432-438
- Church, D.C. 1993. El Rumiante, Fisiología Digestiva y Nutrición. Acribia. Zaragoza, España.

- Colomer-Rocher, F. 1984. Metodología de clasificación de canales ovinas. Cuadernos INIA No. 17. Instituto de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria Ministerio de Ciencia y Tecnología, Zaragoza, España.
- Colomer-Rocher, F., R. Delfa, I. Sierra Alfranca. 1988. Método normalizado para el estudio de los caracteres cualitativos y cuantitativos de las canales ovinas producidas en el área mediterránea según los sistemas de producción. Monografías INIA. Instituto de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria Ministerio de Ciencia y Tecnología, Zaragoza, España.
- Comité sistema producto ovinos del estado de Yucatán. 2013. http://w4.siap.gob.mx/sispro/IndModelos/PRector/31_YUC/PE_Ovinos.pdf [Consulta 2013 febrero 20].
- Cooper, S.L., Sinclair, L.A., Wilkinson, R.G., Hallet, 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.
- Davison K.L., Woods W. 1963. Effect of calcium and magnesium upon digestibility of a ration containing corn oil by lambs. *J. Animal. Sci.* 22:27-29.
- De La Torre, A., Gruffat, D., Durand, D., Micol, D., Peyron, A., Scislowski, V., Bauchart, D. 2006. Factors influencing proportion and composition of CLA in beef. *Meat Sci.* 73:258-268.
- Demirel, G., Wachira, A.M., Sinclair, L.A., Wilkinson, R.G., Wood, J.D., Enser, M. 2004. Effects of dietary n-3 polyunsaturated fatty acids, breed and dietary vitamin E on the fatty acids of lamb muscle, liver and adipose tissue. *Br. J. Nutr.* 91:551-565.
- Devendra C., Lewis D. 1974. The interaction between dietary lipids and fibre in the sheep. *Animal Prod.* 19:67-79.
- Dransfield, E. 1994. Optimisation of Tenderisation, Ageing and Tenderness. *Meat Science.* 36: 105-121.
- Engle, T. E., Spears, J.W., Armstrong, T.A., Wright, C.L., Odle, J. 2000. Effects of dietary copper source and concentration on carcass characteristics and lipid and cholesterol metabolism in growing and finishing steers. *J. Anim. Sci.* 78:1053-1059.
- Enser, M., Scollan, N.D., Choi, N.J., Kurt, E., Hallet, K., Wood, J.D. 1999. Effect of dietary lipid on the content of conjugated linoleic acid (CLA) in beef muscle. *Anim. Sci.* 69:143-146.
- Elmore, J.S., Cooper, S.L., Enser, M., Mottram, D.S., Sinclair, L.A., Wilkinson, R.G., Wood, J.D. 2005. Dietary manipulation of fatty acid composition in lamb meat and its effect on the volatile aroma compounds of grilled lamb. *Meat Sci.* 69:233-242.
- Erwin, E.S., G.J. Marco., E. Emery. 1961. Volatile fatty acid analysis of blood and rumen fluid by gas chromatography. *J. Dairy Sci.* 44: 1798-1776.

- Etherington, D. J., Wardale, R. J. 1982. The mononuclear cell population in rat leg muscle: its contribution to the lysosomal enzyme activities of whole muscle extracts. *J. Cell Sci.* 58: 139-148.
- Gillis, M.H., Duckett, S.K., Sackmann, J.R. 2004. Effects of supplemental rumen-protected conjugated linoleic acid or corn oil on fatty acid composition of adipose tissues in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 82:1149-1427.
- Griswold, K.E., Apgar, G.A., Robinson, R.A., Jacobson, B.N., Johnson, D., Woody, H.D. 2003. Effectiveness of short-term feeding strategies for altering conjugated linoleic acid content of beef. *J. Anim. Sci.* 81:1862-1871.
- Gutman, I., Whilhelm, A.W., 1974. L_y(-)-Lactate. Determination with lactate dehydrogenase and NAD. In: Bergmeyer, H.E. (Ed.), *Methods of Enzymatic Analysis*. Academic Press, New York, pp. 1464±1468.
- Hopkins, D.L., J. M. Thompson. 2002. Factors contributing to proteolysis and disruption of myofibrillar proteins and the impact on tenderisation in beef and sheep meat. *Australian Journal of Agriculture Research*. 53: 149-166.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2011. México en cifras. Información nacional, por entidad federativa y municipios. [Consulta 2012 junio 17]. <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?ent=24>
- Jenkins, T.C. 1993. Lipid metabolism in the rumen *J. Dairy Sci.* 76:3851-3863
- Johnson, R., McClure K., 1973. High rat rations for ruminants II. Effects of fat added to corn plant material prior to ensiling on digestibility and voluntary intake of the silage. *J Animal Sci.* 36:397-406.
- Kitessa, S.M., Gulati, S.K., Ashes, J.R., Fleck, E., Scott, T.W., Nichols, P.D. 2001a. Utilisation of fish oil in ruminants I. Fish oil metabolism in sheep. *Anim. Feed Sci. Technol.* 89:189-199.
- Kitessa, S.M., Gulati, S.K., Ashes, J.R., Fleck, E., Scott, T.W., Nichols, P.D. 2001b. Utilisation of fish oil in ruminants II. Transfer of fish oil fatty acids into goat's milk. *Anim. Feed Sci. Technol.* 89:201-208.
- Klusmeyer, T. H., J.H Clark 1991. Effects of dietary and protein on fatty acid flow to the duodenum and in milk produced by dairy cows. *J. Dairy Sci.* 74:3055-3067.
- Koohmaraie, M., G. Whipple., D. H. Kretchmar., J.D. Crouse., H.J. Mersman. 1991. Postmortem proteolysis in Longissimus muscle from beef, lamb and pork carcasses. *J. Anim. Sci.* 69: 617-624.
- Kott, R.W., Hatfield, P.G., Bergman, J.W., Flynn, C.R., Van Wagoner, H., Boles, J.A. 2003. Feedlot performance, carcass composition, and muscle and fat CLA concentrations of lambs fed diets supplemented with safflower seeds. *Small Rum. Res.* 49:11-17.
- Lawrie, R.A. 1998. *Ciencia de la carne*. Tercera Edición. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza. España. 367 p.

- Lepetit, J., Buffiere, C. 1993. Comparaison de deux méthodes mécaniques de mesure de la résistance myofibrillaire de la viande crue. *Viandes et Produit Carnés. Industries Alimentaires et Agricoles*, 14, 39-42.
- Madron, M.S., Peterson, D.G., Dwyer, D.A., Corl, B.A., Baumgard, L.H., Beerman, D.H., Bauman, D.E. 2002. Effect of extruded full-fat soybeans on conjugated linoleic acid content of intramuscular, intermuscular, and subcutaneous fat in beef steers. *J. Anim. Sci.* 80:1135-1143.
- Martínez, A. L. 2007, Influencia de la nutrición sobre el contenido y tipo de ácidos grasos en la carne de los rumiantes. *Arch. Zootec.* 56:45-66.
- Martínez-Cerezo, S., Sañudo, C., Panea, B., Medel, I., Delfa, R., Sierra, I., Olleta, JL (2005). Breed, slaughter weight and ageing time effects on physico-chemical characteristics of lamb meat. *Meat Science*, 69:325-333.
- Mattos, W., D. L Palmquist. 1977. Biohydrogenation of availability and linoleic acid in lactating cows. *J. Nutr.* 107:1755-1761
- Maynard, L. A, McCay, C.A, 1929. The influence of a low-fat diet upon fat metabolism during lactation. *J. Nutr.* 2:67-81.
- McCulloch, H. 1967. The determination of ammonia in whole blood by direct colorimetric method. *Clin. Chem. Acta.* 17: 297-304.
- Mir, Z., Rushfeldt, M.L., Mir, P.S., Paterson, L.J., Weselake, R.J. 2000. Effect of dietary supplementation with either conjugated linoleic acid (CLA) or linoleic acid rich oil on the CLA content of lamb tissues. *Small Rum. Res.* 36:25-31.
- National Research Council. 1985. *Nutrient Requirements of Sheep. Sixth Revised Edition.* National Academy Press, Washington, D.C. USA.
- National Research Council. 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Seventh Revised Ed.* National Academy Press. Washington, D. C. USA.
- Ngidi, E. 1990. Effects of calcium soaps of longchain fatty acids on feedlot performance, carcass characteristics and rumen metabolism steers. *J. Anim. Sci.* 68:2555-2566.
- Noci, F., O'kiely, P., Monahan, F.J., Stanton, C., Moloney, A.P. 2005, Conjugated linoleic acid concentration in Longissimus dorsi from heifers offered sunflower oil-based concentrates and conserved forages. *Meat Sci.* 69:509-518.
- Pinos, R. J. M. 2010. Uso de dietas altas en granos en la alimentación de ovinos para carne. En: *Curso Avances de Nutrición Ovina III Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma del Estado de México. El Cerrillo, Edo. De México, 23 de sep.*
- Palquimst, D.L., 1984. *Fats in Animal Nutrition.* Ed. Butterworths, London, p.357.
- Palmquist D.L. 1984. Use of fats in diets for lactating dairy cows. In: *Fat in Animal Nutrition*, ed. Wiseman J. Butterworth; London, UK. p.407-435.
- Palquimst, D.L y T.C Jenkins., 1980. Fat in lactation rations: Review. *J. Dairy Science* 63:1-14

- Ponnampalam, E.N., Sinclair, A.J., Egan, A.R., Blakeley, S.J., Li, D., Leury, B.J. 2001. Effect of dietary modification of muscle long-chain n-3 fatty acid on plasma insulin metabolites, carcass traits, and fat deposition in lambs. *J. Anim. Sci.* 79:895-903.
- Raes, K., De Smet, S., Balcaen, A., Claeys, E., Demeyer, D. 2003. Effect of diets rich in n-3 polyunsaturated fatty acids on muscle lipids and fatty acids in Belgian Blue double-muscled young bulls. *Reprod. Nutr. Dev.* 43:331-345.
- SAGARPA, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2010. www.sagarpa.gob.mx/v1/ganaderia/NOM/nmx-ff-106-scfi-2006.pdf. <http://www.sagarpa.gob.mx/v1/buscador.html> [Consulta 2012 junio 17]
- Santos-Silva, J., Bessa, R.J.B., Mendes, I.A. 2003. The effect of supplementation with expanded sunflower seed on carcass and meat quality of lambs raised on pasture. *Meat Sci.* 65:1301-1308.
- Santos-Silva, J., Mendes, I.A., Portugal, P.V., Bessa, R.J.B. 2004. Effect of particle size and soybean oil supplementation on growth performance, carcass and meat quality and fatty acid composition of intramuscular lipids of lambs. *Livest. Prod. Sci.* 90:79-88.
- SAS Institute Inc. 2004. SAS/STAT® 9.1 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Torley, P. J., Arcy, R.D., Trout, B. y Graham, R. 2000. The effect of ionic strength, polyphosphates type, pH, cooking temperature and preblending on the functional properties of normal and pale, soft, exudative (*PSE*) pork. *Meat Sci.* 55:451-462.
- Trout, G.R. 1991. The rate of metmyoglobin formation in beef, pork, and turkey meat as influenced by pH, sodium chloride, and sodium tripolyphosphate. *Meat Sci.* 28: 203-210.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci.* 74: 3583-3597.
- Wachira, 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 and conjugated linoleic acid content of sheep meat and adipose tissue. *Br. J. Nutr.* 88:697-709.
- Zinn, R. A., Plascencia A. 1993. Interaction of whole cottonseed and supplemental fat in digestiva function in cattle. *J. Anim. Sci.* 71:11-17.