



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



**CRECIMIENTO, FINALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL DE
CORDEROS ALIMENTADOS CON DIETAS ALTAS EN GRANO**

Por:

Rubén Oswaldo Cifuentes López

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

Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P.

Octubre 2012



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



**CRECIMIENTO, FINALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL DE
CORDEROS ALIMENTADOS CON DIETAS ALTAS EN GRANO**

Por:

Rubén Oswaldo Cifuentes López

Asesores

Dr. Juan Manuel Pinos Rodríguez

Dr. Héctor Aarón Lee Rangel

Dra. Alicia Grajales Lagunés

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

Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P.

Octubre 2012

El trabajo titulado **“Crecimiento, finalización y características de la canal de corderos alimentados con dietas altas en grano”**, fue realizado por: **Rubén Oswaldo Cifuentes López** como requisito parcial para obtener el grado de **Maestro en Producción Agropecuaria** en el Área **“Producción de Pequeños Rumiantes”** y fue revisado y aprobado por el suscrito Comité de Tesis.

Dr. Juan Manuel Pinos Rodríguez

Asesor Principal

Dr. Héctor Aarón Lee Rangel

Asesor

Dra. Alicia Grajales Lagunés

Asesora

Ejido Palma de la Cruz, Municipio de Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí, a
11 de Octubre de 2012.

DEDICATORIA

A mi HIJA que está por venir y a mi novia HAZEL, motores de mi vida, las amo.

A la memoria de mi Abuelita TOMASA LOREDO GUTIERREZ, por dedicarme parte de su vida.

A mis Padres RUBÉN y ELVIRA, a mis hermanos ULISES, LUCIA, RAFAEL y JUAN, los amo y espero servir de ejemplo.

A mi abuelo RAYMUNDO mi ejemplo de fuerza y entereza.

A mi abuela MARÍA mi admiración y respeto.

A toda mi familia, los quiero mucho, Tío Luis, Celia, Luis, Juliana, Carmelita, Tía Coquí, Tía Lupe, Felipe, Karina, Luisito, Martha, Panchito, Chuy.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

A la Facultad de Agronomía de la U.A.S.L.P.

Al Instituto de Investigación de Zonas Desérticas de la U.A.S.L.P.

A la Facultad de Ciencias Químicas de la U.A.S.L.P.

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

A M.C. Luz Yosahandi Peña Avelino, Prof. Andrés Lee Hernández, M.C. Luis Octavio Negrete Sánchez, I.A. Cecilia Rivera Bautista, Karla Sarahí Loredó González por su ayuda y apoyo en el muestreo y análisis de laboratorio.

Al M.C. Felipe Morón Cedillo, por su amistad y apoyo mientras fue nuestro coordinador.

A todos mis Maestros por dejarme aprender de ellos.

A Gloria Angélica Moreno Chávez por su ayuda durante el trabajo de campo.

Al CONACYT por darme la oportunidad de crecer, a través de la beca 344697.

Al FAI de la U.A.S.L.P. por el apoyo económico a través del convenio C12-FAI-03-15.15 para el proyecto de investigación “Parámetros de fermentación ruminal de dietas altas en grano y bajas en fibra”.

CONTENIDO

| | |
|---|------|
| DEDICATORIA | iv |
| AGRADECIMIENTOS | v |
| CONTENIDO | vi |
| INDICE DE CUADROS | viii |
| RESUMÉN | ix |
| SUMMARY | xii |
| INTRODUCCIÓN | xii |
| Hipótesis..... | xiii |
| Objetivo..... | xiii |
| REVISIÓN DE LITERATURA | 14 |
| Ovinocultura Nacional..... | 14 |
| Requerimientos Nutricionales para Corderos en crecimiento y Finalización..... | 14 |
| Proteína y energía..... | 14 |
| Fibra, forraje y granos..... | 17 |
| Clasificación y Evaluación de Canales..... | 17 |
| Determinación del rendimiento de una canal ovina..... | 17 |
| Peso en pie..... | 17 |
| Peso de la canal caliente..... | 17 |
| Peso de la canal fría..... | 18 |
| Apreciaciones objetivas de la canal ovina..... | 18 |
| Espesor de la grasa subcutánea..... | 18 |
| Longitud de la canal..... | 18 |
| Longitud de las piernas..... | 19 |
| Perímetro de los cuartos traseros o grupa..... | 19 |
| Anchura de la grupa..... | 19 |
| Anchura y profundidad del tórax..... | 19 |
| Área del <i>Longissimus dorsi</i> | 19 |
| Apreciaciones subjetivas de la canal ovina..... | 19 |
| Grado de engrasamiento..... | 19 |
| Cantidad de grasa perirrenal..... | 19 |
| Conformación..... | 20 |
| Maduración de la Carne de Cordero..... | 20 |
| MATERIALES Y MÉTODOS | 22 |
| Localización..... | 22 |
| Ensayo productivo..... | 22 |
| Animales..... | 22 |
| Tratamientos experimentales o dietas..... | 22 |
| Análisis Económico..... | 23 |
| Evaluación de Canales..... | 24 |
| Análisis de LD..... | 24 |
| Fermentación Ruminal..... | 25 |
| Diseño y Análisis Estadístico..... | 26 |

| | |
|--|----|
| RESULTADOS | 27 |
| Ensayo de Crecimiento y Rendimiento en Canal de los Cordero..... | 27 |
| Características y Conformación de la Canal..... | 27 |
| Características de <i>Longissimus dorsi</i> | 29 |
| Fermentación Ruminal..... | 29 |
| Análisis Económico..... | 30 |
| DISCUSIÓN | 32 |
| CONCLUSIONES | 35 |
| LIERATURA CITADA | 36 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | | |
|---|---|----|
| 1 | Ingredientes y Análisis Proximal de las Dietas Experimentales..... | 22 |
| 2 | Peso vivo, Ganancia Diaria de Peso (GDP), Consumo de Materia Seca (CMS), Conversión de Alimento, y Rendimiento en Canal de Borregos Alimentados con Dietas Altas en Grano | 27 |
| 3 | Características y Conformación de Canales de Corderos Alimentados con Dietas Altas en Grano..... | 28 |
| 4 | Características del <i>Longissimus dorsi</i> (LD) de Corderos Alimentados con Dietas Altas en Grano..... | 29 |
| 5 | Fermentación Ruminal en Corderos Alimentados con Dietas Altas en Grano..... | 30 |
| 6 | Análisis Económico por Indicadores de Corderos Alimentados con Dietas Altas en Grano..... | 31 |

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar dietas altas en grano en corderos en finalización, sobre el crecimiento, las características de la canal, la maduración de la carne y la fermentación ruminal. Durante 42 días, 21 corderos Rambouillet (22.1 ± 3.2 kg PV), alojados aleatoriamente en jaulas individuales, fueron alimentados con las siguientes dietas experimentales: a) 1000 g concentrado/kg MS + 0 g forraje/kg MS; b) 950 g concentrado/kg MS + 50 g forraje/kg MS; y c) 900 g concentrado/kg MS + 100 g forraje/kg MS. Diariamente, se midió el consumo de materia seca (CMS) y semanalmente el peso vivo (PV). Así, se calculó la ganancia diaria de peso (GDP) y la conversión alimentaria (CA). Al final del ensayo de crecimiento, los corderos fueron sacrificados, se evaluaron las canales y se recolectó líquido ruminal para la determinación de pH, y cuantificación de ácidos grasos volátiles. Además, se recolectaron muestras del *Longissimus dorsi* (LD) para el análisis de maduración de la carne. El diseño experimental fue completamente al azar y los datos fueron analizados con el procedimiento MIXED en medidas repetidas. El CMS se incrementó linealmente ($P < 0.05$) conforme aumentó el forraje en la dieta. El PV final, la CA y el grado de conformación de las canales se afectaron cuadráticamente ($P < 0.05$) por el nivel de forraje en la dieta, encontrándose los mejores valores en los corderos alimentados con 50 g forraje/kg MS. El rendimiento de la canal fue afectada cuadráticamente ($P < 0.05$) por el nivel de forraje, encontrándose el mejor rendimiento con 100 g forraje/kg MS. Los corderos alimentados con concentrado sin forraje tuvieron las canales con menos grasa y los alimentados con 50 g forraje/kg MS las calificaciones más altas ($P < 0.05$). A los 5 días de maduración del LD, los valores L^* , a^* , b^* se modificaron cuadráticamente con el forraje de la dieta, de forma tal que los valores más altos de L^* fueron en el LD de corderos alimentados con 100 g forraje/kg MS, mientras que los de a^* y b^* fueron para los alimentados con 50 g forraje/kg MS. Los corderos alimentados con 100 g forraje/kg MS tuvieron los valores mayores de pH, las mayores proporciones molares de propionato y butirato, pero las concentraciones menores de nitrógeno amoniacal y lactato ($P < 0.05$). Los corderos alimentados con 50 y 100 g forraje/kg MS ofrecieron las mejores utilidades tanto en pie como en canal. Se concluye que al menos 50 g forraje/kg MS deben incluirse en las dietas para finalizar corderos, ya que este nivel de forraje

ofrece mejor salud en rumen, CA, rendimiento de canal y utilidades que corderos alimentados sin forraje en su dieta.

Palabras clave: Dietas altas en grano, Corderos, *Longissimus dorsi*, Fermentación.

SUMMARY

The aim of this study was to evaluate the effect of high grain diets in lambs on growth, carcass characteristics, meat maturation and rumen fermentation. For 42 days, 21 Rambouillet lambs (22.1 ± 3.2 kg BW) were randomly housed in individual cages, and fed with the following experimental diets: a) 1000 g concentrate / kg forage DM + 0 g / kg DM, b) 950 g concentrate / kg MS + 50 g forage / kg DM, and c) 900 g concentrate / kg MS + 100 g forage / kg DM. Daily, we measured dry matter intake (DMI) and weekly body weight (BW). Thus, we calculated the average daily gain (ADG) and feed conversion (CA). At the end of the growth trial, the lambs were slaughtered, the carcasses were evaluated and ruminal fluid was collected for the determination of pH and volatile fatty acids (VFA) quantification. In addition, samples of Longissimus dorsi (LD) were collected for the analysis of meat maturation. The experimental design was completely randomized and data were analyzed with the MIXED procedure for repeated measures. The CMS increased linearly ($P < 0.05$) as increased forage in the diet. The PV end, the CA and the grade of conformation of the carcass were affected quadratically ($P < 0.05$) by the amount of forage in the diet, finding the best values in lambs fed 50 g forage / kg DM. The carcass yield was affected quadratically ($P < 0.05$) by forage level, being the best performance with 100 g forage / kg DM. The lambs fed concentrates, without forage had carcasses with less fat and lambs fed with 50 g forage/kg MS the higher carcass scores ($P < 0.05$). After 5 days of maturation of LD, the L^* , a^* , b^* were changed quadratically with diet forage, such that higher values of L^* were in the LD of lambs fed 100 g forage / kg DM, while a^* and b^* were fed to 50 g forage/kg DM. The lambs fed 100 g forage/kg DM had higher pH values, higher molar proportions of propionate and butyrate, but lower concentrations of nitrogen and lactate ($P < 0.05$). Lambs fed 50 and 100 g forage/kg DM offered the best utilities both foot and by channel. We conclude that at least 50 g forage/kg MS should be included in diets for finishing lambs, as this level provides better forage rumen health, CA, carcass yield and utilities, than lambs fed without forage in diet.

Keywords: Diets high in grain, lambs, Longissimus dorsi, Fermentation.

INTRODUCCIÓN

En los últimos 10 años, el inventario nacional ovino se ha mantenido en más de 8 millones de cabezas (SAGARPA, 2010). A pesar de ello, se importan canales congeladas de países como Australia, Nueva Zelanda, E.U.A y Chile. De 2003 a 2008, en el estado de San Luis Potosí, la producción total de carne de ovino disminuyó 15% (de 2,155 a 1,832 ton/año), a pesar de que la demanda nacional se incrementó en un 62%. En México el consumo anual per cápita de carne de ovino fluctúa entre 0.8 a 1.0 kg, siendo el 95% de ese consumo en forma de barbacoa (SIAP, 2010). Por lo anterior, la canal debiera ser la unidad básica de comercialización del ovino y su precio debiera variar en función de la cantidad y calidad de carne que nos pueda proporcionar (Partida, 2011). Sin embargo, la mayoría del comercio ovino aún se realiza con animales pie.

El conocimiento en la alimentación de ovinos en México se ha intensificado considerablemente en los últimos años, pero 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 son diversas, pero lo cierto es que a pesar de la vasta investigación que se ha generado en ovinos a nivel mundial, los estándares de alimentación en México para esta especie son aún poco estudiados y por ende variables (Pinos-Rodríguez, 2010). Por ejemplo, en nuestro país la finalización de ovinos con dietas altas en granos no es muy practicada, aún y cuando se sabe que la digestión ruminal del almidón es un factor determinante para un buen desempeño productivo (Britton y Stock 1986; Huntington, 1997) ya que el decidir usar granos procesados (molidos o rolados) o sin procesar (enteros) puede influir en la salud ruminal, eficiencia alimentaria, ganancia diaria de peso y costos de producción (Umberger, 2009).

Hipótesis

Las dietas altas en granos mejoran el crecimiento, las características de la canal, el grado de conformación de la canal, las características del LD y la fermentación ruminal de corderos en finalización.

Objetivo

Evaluar el efecto de las dietas altas en granos sobre el crecimiento, las características de la canal, el grado de conformación de la canal, las características del LD y la fermentación ruminal de corderos en finalización.

REVISIÓN DE LITERATURA

Ovinocultura Nacional

De acuerdo con el VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal, el rebaño nacional está compuesto por casi 8 millones de cabezas de ovinos. Los estados que aportan los mayores porcentajes de esto animales son México, Hidalgo, Puebla, Guanajuato y Zacatecas quienes concentran el 45% del total nacional. El estado de San Luis Potosí se ubica en el 9° lugar nacional con 287 mil cabezas, distribuidas principalmente en los municipios de Villa de Ramos, Salinas de Hidalgo, Mexquitic de Carmona, Charcas, Villa de Arriaga y Santo Domingo (INEGI, 2011).

La calidad de carne de cordero así como la eficiencia con la que el animal aprovecha los nutrientes depende de diferentes factores como el genotipo, etapa productiva, ambiente y la alimentación, de los cuales este último es determinante. En México, los sistemas de alimentación de ovinos van desde los extensivos basados en el apacentamiento de forrajes principalmente zacates nativos y arbustos hasta los confinados que emplean dietas altas en concentrados y subproductos agroindustriales (Pinos-Rodríguez, 2010).

Requerimientos Nutricionales para Corderos en Finalización

Proteína y energía

Algunos investigadores (Murphy *et al.* 1994; Mahgoub *et al.* 2000; Borton *et al.*, 2005; González *et al.*, 2009; Nkosi *et al.* 2010) indican que las dietas para finalizar corderos deben contener de 2.0 a 2.7 Mcal/kg EM y de 140 a 160 g/kg de proteína cruda (PC). Algunos otros indican que más de 140 g/kg de PC puede resultar excesivo (Jolly y Wallace, 2007), por lo que recomiendan no más de 130 g/kg de PC (Kreikemeier *et al.* 1987) para obtener ganancias diarias de peso (GDP) superiores a los 300 g/día. El NRC, (1985) para corderos de 20 a 50 kg de peso vivo (PV) con GDP superior a 200 g, recomienda un consumo diario de 1.2 kg materia seca (MS) con un contenido de 169 g PC/kg y 2.8 Mcal EM/kg MS.

Fibra, forraje y granos

A manera de estandarizar el concepto de fibra efectiva, Mertens (1997) propuso los conceptos de (1) fibra físicamente efectiva (peFDN), la cual hace referencia a las características físicas de la fibra, particularmente tamaño de partícula, y fibra que afecta la actividad de masticación y que establece la estratificación bifásica del contenido ruminal y (2) fibra efectiva (eFDN), que hace referencia a la habilidad total de un ingrediente para reemplazar forraje en la dieta de forma tal que la producción de saliva derivada de la masticación tenga capacidad buffer a nivel ruminal. La ausencia de material fibroso en el rumen reduce la masticación y la rumia (Balch *et al.*, 1955; Sudweeks *et al.*, 1980) y reduce la motilidad ruminal disminuyendo el tono muscular (Colvin *et al.*, 1978; Nocek y Kesler, 1980).

Las dietas que contienen grandes cantidades de granos de cereales con carbohidratos rápidamente fermentables tienden a crear un ambiente ácido a nivel ruminal ya que favorecen el crecimiento de bacterias amilolíticas (Sudweeks *et al.*, 1981). Por el contrario, los ingredientes fibrosos mantienen promueven la masticación y la producción de saliva, la cual contiene bicarbonatos y otras sustancias buffers que mantienen óptimo un apropiado pH ruminal que favorece una mayor productividad y salud de los animales (Sudweeks *et al.*, 1980). Por ello, 153 g eFDN/kg MS de 120 a 180 g/kg es un nivel deseable para una óptima ganancia diaria de peso en bovinos (Mertens, 2002). Fox y Tedeschi (2002) reportan que un rango de 70 a 100 g/kg de peFDN es suficiente para mantener un pH ruminal por encima de 5.7, ya que a valores más bajos de pH, los rumiantes experimentan una reducción en el consumo de materia seca. En el caso de corderos en finalización, Smith (2008) estableció que las dietas deben contener 150 g FDN/kg MS, y/o 130 g peNDF/kg MS proveniente de heno de alfalfa molido en una criba de 12.5 mm. En efecto, las evidencias de diversos estudios indican que la inclusión de hasta 300 g forraje por kg MS en dietas altas en grano para finalizar corderos ofrece buenos resultados en relación al CMS, GDP y CA (Hatfield *et al.*, 1997; Haddad *et al.*, 2009; Papi *et al.*, 2011), aunque cantidades superiores de forraje no representan mayores ventajas productivas en especial en características de canal y carne, ya que corderos alimentados con dietas altas en grano y poco forraje tuvieron mejores rendimientos de canal y de conformación, menor deposición de grasa

subcutánea (Kempster *et al.* 1976; Orskov y Grubb, 1977; Crouse *et al.* 1978,1981; Lord *et al.* 1988; Beauchemin *et al.* 1995; Hatfield *et al.*, 1997; Haddad *et al.*, 2009). Las evidencias indican que el rendimiento en canal, área de LD, peso de canal caliente, y el grado de conformación no se modifican por el nivel de grano en la dieta, pero se encontró un mayor espesor de grasa subcutánea (Whitney y Lupton 2010), y mejores características de canal (Reinhardt *et al.*, 2007; Schauer *et al.*, 2008; Félix *et al.*, 2012) conforme aumenta el nivel de forraje en la dieta.

En corderos, las dietas altas en granos consisten en granos enteros complementados con un concentrado proteico y sin forraje, lo cual da como consecuencia un concentrado con alto contenido energético (2.8 a 3.0 Mcal/kg). De esta forma, del total de los granos consumidos, sólo un tercio son masticados y los restantes son regurgitados durante la rumia para una nueva masticación. Así, la acción de regurgitar y masticar contribuye a una mayor producción de saliva, pH y salud ruminal (Sahin *et al.*, 2003; Haddad y Husein 2004; Askar *et al.*, 2006; Rodriguez *et al.*, 2007; Umberger, 2009). El molido de los granos promueve que las bacterias amilolíticas tengan mayor acceso a los gránulos de almidón, incrementando así, su velocidad de fermentación y digestión ruminal (McAllister y Cheng 1996). Por el contrario, los granos enteros tienen una menor velocidad de fermentación (Beauchemin *et al.*, 2001; Offner *et al.*, 2003), lo cual aumenta el tiempo de rumia (Orskov *et al.*, 1974) el pH ruminal y reduce el riesgo de acidosis ruminal (Brent, 1976) rumenitis (Orskov, 1973), úlceras abomasales (Bide y Dorwad, 1975; Julien y Conrad, 1977), paraqueratosis ruminal (Nocek y Kelsner, 1980) y laminitis (Brent, 1976). De esta forma, la alimentación de corderos con dietas altas en granos enteros ofrece ventajas sobre los molidos, en especial sobre la CA, GDP y los costos de alimentación (Tait y Bryant, 1972; Stanton y Levalley, 2006).

El pH ruminal es menor a 6 cuando los corderos son alimentados con dietas altas en grano (Grubb y Dehority 1975; Stewart, 1977; Mackie y Gilchrist, 1979). Conforme la proporción de granos en la dieta se incrementa, generalmente la proporción molar de propionato y butirato aumenta, mientras que la de acetato disminuye (Eadie *et al.*, 1970; Mackie *et al.*, 1978; Olumeyan *et al.*, 1986; Goad *et al.*, 1998; Brossard *et al.*, 2003; Brossard *et al.*, 2003 y 2004; Ramos *et al.*, 2009) reflejando cambios importantes en las poblaciones de bacterias ruminales, reduciendo las poblaciones de bacterias fibrolíticas, e incrementando las poblaciones de bacterias amilolíticas (Goad *et al.*, 1998; Tajima *et al.*, 2001) y la producción de ácido láctico (Mackie y Gilchrist, 1979; Goad *et al.* 1998;

Brossard *et al.*, 2003). De esta forma, el incremento en la concentración de ácidos grasos volátiles y de lactato induce la disminución de los valores del pH ruminal (Mackie *et al.*, 1978), aunque ello dependerá del nivel de forraje en la dieta. Por ejemplo, en corderos alimentados con 100 hasta 400 g forraje/kg MS, se observó que la concentración de bacterias utilizadoras de lactato no cambiaron con 400 g forraje/kg MS, pero sí con 300 g forraje/kg MS (Grubb y Dehority 1975; Mackie y Gilchrist, 1979), y que la mayor concentración de lactato se encontró con 100 g forraje/kg MS (Byers y Goodall, 1979). Una baja concentración de nitrógeno amoniacal ha sido observada en el líquido ruminal de rumiantes alimentados con dietas altas en grano (Devant *et al.*, 2000; Askar *et al.*, 2006) como resultado de la reducción en la desaminación proteica inducida por un pH bajo en rumen (Lana *et al.*, 1998).

Clasificación y Evaluación de Canales Ovinas

La canal ovina es el cuerpo del animal, sacrificado, sangrado, desollado, eviscerado, sin cabeza (separada a nivel de la articulación occipito-atlantoidea) y sin pies ni patas (separados a nivel de la articulación carpo-metacarpiana y tarso-metatarsiana). La canal entera retiene la cola, los pilares y porción periférica carnosa del diafragma, los riñones, la grasa perirrenal, la grasa de la cavidad pélvica, el timo y los testículos en los machos no castrados, excluyendo, sangre, piel, patas, cabeza, vísceras torácicas y abdominales, pene en los machos y aparato reproductor y mamario en las hembras. (Vergara *et al.*, 2000; NMX-FF-106-SCFI-2006).

Determinación del rendimiento de una canal ovina

Los rendimientos en canal son expresados en porcentaje (%) y se deben tener claros los conceptos que a continuación se describen (NMX-FF-106-SCFI-2006):

Peso en pie

Es el peso (kg) de un ovino al sacrificio.

Peso de la canal caliente

Es la cantidad (kg) de una canal después del proceso de sacrificio y faenado, previa al lavado final de la misma.

Peso de la canal fría

Es la cantidad (kg) de una canal que alcanza una temperatura, en el centro de las masas musculares entre 0 y 4°C, 24 h después del sacrificio.

Una vez obtenido el peso vivo del animal y durante el proceso del faenado se deben pesar la sangre, piel, patas, cabeza, incluida la lengua, pulmón más tráquea, corazón, diafragma, hígado, vesícula biliar, bazo, vejiga de la orina, aparato reproductor, esófago, rumen, retículo, omaso y abomaso, intestino delgado, intestino grueso. El rumen, retículo, omaso, abomaso, intestino delgado y grueso deben ser vaciados y lavados en agua corriente para pesarlo vacío. La diferencia entre el peso del aparato digestivo lleno y vacío, permite calcular el peso vivo vacío del animal y determinar el rendimiento verdadero o relación entre peso de la canal caliente/peso vivo vacío. Las canales deben pesarse calientes (10 y 15 minutos después del sacrificio), para determinar las pérdidas de peso por oreo y refrigeración se toma el peso de la canal fría después de permanecer por 24 horas en una cámara frigorífica a 4° C (Colomer-Rocher *et al.*, 1988).

Apreciaciones objetivas en la canal

En las evaluaciones objetivas de la canal se determina su rendimiento (%), y mediante una cinta métrica, se miden la longitud, el perímetro, la profundidad de la canal, de la pierna y del tórax. Se evalúan las dimensiones del ojo de la chuleta (músculo LD) (Partida, 2011). Estas se realizan sobre la canal fría tras 24 horas de refrigeración a 4° C, suspendiendo la canal por los corvejones, separados por una distancia de 14 cm en corderos de engorda.

Espesor de la grasa subcutánea

Se realiza mediante incisiones en la sexta y treceava costilla y se mide con una regla en una posición perpendicular con relación a la superficie externa de la canal, a 6 cm de la apófisis de la vértebra dorsal (Colomer-Rocher, 1984).

Longitud de la canal

Es la distancia máxima entre el borde anterior de la sínfisis isquiopubiana y el borde anterior de la primera costilla en su punto medio (Pálsson, 1939).

Longitud de las piernas

Es la distancia entre el punto más caudal del periné y el punto más distal del borde medial de la superficie articular tarso-metatarsiana (Ruíz de Huidobro *et al.*, 2000).

Perímetro de los cuartos traseros o grupa

Se mide a nivel de las apófisis de ambos fémures. Esta correlacionada con el peso del músculo, y es buen predictor de la proporción de grasa en la canal.

Anchura de la grupa

Es la anchura máxima entre las apófisis de ambos fémures. Su valor se ve fuertemente influido por la separación entre corvejones. Debe procurarse que las tibias queden paralelas con una separación de 14 cm entre los corvejones (Pállsson, 1939).

Anchura y profundidad del tórax

La anchura máxima de la canal es tomada a nivel de las costillas. La profundidad comprende la distancia máxima entre el esternón y el dorso de la canal a nivel de la sexta vertebra torácica.

Área de *Longissimus dorsi*

Se mide sobre un corte al nivel de la treceava vertebra torácica. Dibujando el perfil o perímetro de la superficie de corte sobre papel vegetal o acetato, con un rotulador fino, y después se determina el área por planimetría.

Apreciaciones subjetivas en la canal

Grado de engrasamiento

Se refiere a la grasa de cobertura y se califica visualmente, utilizando una escala de 5 puntos reflejada en patrones fotográficos. La calificación 1 hace referencia a canales muy magras, y 5 a canales con exceso de grasa (Miguel *et al.*, 2003).

Grasa perirrenal

Se evalúa mediante la apreciación visual de la grasa que recubre los riñones y la cavidad pélvica según la clasificación siguiente (Colomer-Rocher *et al.*, 1988): (1) escasa, los riñones están recubiertos de grasa en su extremo caudal y la cavidad pélvica

está cubierta por una fina capa de grasa. (2) normal, los riñones están parcialmente recubiertos de grasa, particularmente el riñón izquierdo. El riñón derecho esta descubierto en su extremo craneal. La grasa depositada en la cavidad pélvica es aparente y de mediano espesor, pero no aparecen acúmulos grasos en forma de racimos. (3) excesiva, los dos riñones están totalmente cubiertos y la capa que los recubre es muy gruesa. La cavidad pélvica presenta acúmulos grasos muy gruesos y en forma de racimos muy aparentes y numerosos.

Conformación

Se entiende por conformación el espesor de los planos musculares y adiposos con relación al tamaño del esqueleto (De Boer *et al.*, 1974). Es la forma de la canal, su grado de redondez y de compacidad. Es la forma y volumen del cuerpo del animal en canal, tomando como base su contorno (NMX-FF-106-SCFI-2006).

Esta se determinará visualmente de acuerdo a un patrón fotográfico (Kempster *et al.*, 1976,1982; Ruiz de Huidobro *et al.*, 2000; Ruiz de Huidobro *et al.*, 2003; NMX-FF-106-SCFI-2006), donde: (1) excelente, son canales con músculos gruesos y amplios en comparación con la longitud de la misma; amplio llenado de las piernas y los cuartos delanteros. (2) buena, son canales con músculos moderados en comparación con la longitud de la misma, piernas y cuartos delanteros moderadamente delgados. (3) deficiente, son canales con músculos delgados en comparación con la longitud de la misma con piernas y cuartos delanteros delgados y cóncavos.

Maduración de la Carne de Corderos

El efecto del tiempo sobre la maduración de la carne es evidente, es decir la carne presenta ablandamiento conforme los días de congelación se prolongan, atribuido principalmente a la acción del complejos enzimáticos e inhibidores (calpaína-calpastatína y en menor grado a las catepsinas) (Beltran 1988; Sañudo, 1992). Aun se discute si el ablandamiento de la carne es resultado de la desnaturalización en grados variables de las proteínas del sarcoplasma y de las miofibrillas (Lawrie, 1998; Hoopkins y Thompson, 2002), o del tejido conjuntivo. Evidencias reportadas por Panea, (2002), señalan cierto grado de proteólisis del colágeno durante la maduración, producto de la desaparición de los proteoglicanos que protegen el colágeno del ataque enzimático. El

ablandamiento que ocurre conforme avanza la maduración es ejercido sobre el componente miofibrilar y no sobre el tejido conjuntivo (Medel *et al.*, 2002). El musculo semimembranoso resulta más tierno frente a los demás (LD), pero esta diferencia disminuyen conforme avanzaba el tiempo de maduración de la carne (Beltrán *et al.*, 2001; Martínez-cerezo *et al.*, 2002). La tasa de ablandamiento avanza conforme la maduración, pero la alimentación, genética (asociado a la presencia o no del gen callipyge) y temperatura durante la fase de rigor mortis, influyen considerablemente reportándose las mayores tasas de ablandamiento en animales alimentados a pasto (Realini *et al.* 2004), en corderos que no presentan el gen que provoca la hipertrofia muscular (Kuber Duckett *et al.*, 2003) y con temperaturas de rigor entre 4-18 °C (Hopkins y Thompson, 2002). La maduración de la carne de ovino, tiene tiempos intermedios entre la carne de vacuno (14 días) y la carne de cerdo (5 días) (Etherington *et al.*, 1987; Dransfield, 1994; Koohmaraie *et al.*, 2003; Bianchi *et al.*, 2006), coincidiendo con los 8 días de maduración postmortem a 4 °C. Etherington *et al.*, (1987) reportan la misma diferencia en el rango de maduración postmortem de la carne, por ejemplo, cerca del 80% de la maduración en la carne de cerdo, se presenta en aproximadamente 4 días, en 14 días para la carne de res y en 8 días para la de cordero. A los 14 días de refrigeración, la carne de cordero presenta la menor resistencia miofibrilar (4.10 N/cm²) (Dransfield *et al.*, 1981), por otra parte Koohmaraie *et al.* (1991) señalan que a partir del séptimo día de refrigeración la maduración presenta una resistencia miofibrilar de 3.86 N/cm². El pH postmortem de la carne baja hasta 5.6 conforme se instala el rigor mortis (Etherington *et al.*, 1987) y Obeidat *et al.*, (2008) reportaron valores en la escala de color de L* = 33.1 a 36.6, a* = 4.4 a 5.0, y b* = 8.8 a 11.1 para el LD de corderos en finalización.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El presente trabajo se realizó en instalaciones comerciales ovinas en Portezuelo municipio de Cerro de San Pedro, S. L. P., México. Las coordenadas geográficas de la localidad son 100° 48' de longitud oeste y 22° 13' de latitud norte, a 2,040 msnm. El clima es seco templado, con una temperatura media anual de 16° C y una precipitación media anual de 400 mm (INEGI, 2011).

Ensayo Productivo

Animales

Se utilizaron 21 corderos machos enteros de la raza Ramboulliet con un peso vivo (PV) de 22.57 ± 3.24 kg y con una edad aproximada de tres meses. La fase experimental productiva duro 42 días, más 10 días de adaptación a las dietas. Al inicio del experimento los corderos se identificaron, pesaron y ubicaron al azar en jaulas metabólicas individuales con comedero y bebedero. Los corderos fueron vacunados (Bobac 8, Intervet Schering-Ploug) y desparasitados (Ivermectina + Closantel, Oviver®). Los 10 días de adaptación a las dietas fue gradual de acuerdo a lo descrito por Umberger, (2009). En este periodo de adaptación se midió el consumo voluntario para posteriormente asignar un 10% adicional respecto del día anterior para obtener rechazos. Los corderos fueron pesados cada 14 días en una balanza tipo romana (Rottér® 100 kg). Las raciones fueron formuladas de acuerdo a los requerimientos del NRC (1985). Se preparó la cantidad de ración necesaria para 4 semanas. La mezcla fue elaborada de manera manual con palas de acero. Las raciones fueron ofrecidas diariamente a libre acceso por la mañana (8:00 h) y por la tarde (14:00 h) durante 42 días, asegurando un rechazo del 10%. El consumo de alimento fue ajustado conforme el consumo del día previo. Los corderos dispusieron de agua fresca a libre acceso durante todo el periodo experimental. La cantidad de alimento ofrecido y rechazado se midió diariamente con una balanza electrónica marca Camry® con capacidad de 5 kg, con lo cual se calculó el consumo de alimento expresado en base seca.

Tratamientos o dietas experimentales

Las dietas experimentales consistieron en: (1) 1000 g concentrado/kg MS; (2) 950 g concentrado/kg MS + 50 g forraje/kg MS; y (3) 900 g concentrado/kg MS + 100 g forraje/kg MS (Cuadro 1). En las dietas se determinó el contenido de MS, cenizas, proteína cruda y extracto etéreo 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 (Orskov, 1985).

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

| | Forraje, g/kg MS | | |
|---|------------------|-----|-----|
| | 0 | 50 | 100 |
| Ingredientes, g/kg MS | | | |
| Heno de alfalfa | 0 | 50 | 100 |
| Maíz grano entero | 799 | 758 | 717 |
| Pasta de soya, 48% PC | 141 | 132 | 123 |
| Melaza de caña | 50 | 50 | 50 |
| Vitaminas y minerales ¹ | 10 | 10 | 10 |
| Análisis proximal | | | |
| Materia seca, g/kg | 917 | 915 | 913 |
| Materia orgánica, g/ kg MS | 884 | 874 | 868 |
| Proteína cruda, g/kg MS | 129 | 129 | 129 |
| Fibra detergente neutro, g/kg MS | 130 | 162 | 183 |
| Fibra detergente ácido, g/kg MS | 39 | 60 | 82 |
| Extracto etéreo, g/kg MS | 33 | 41 | 46 |
| Digestibilidad <i>in situ</i> 12 h, g/kg MS | 883 | 825 | 783 |
| Energía digestible, Mcal/kg ² | 3.9 | 3.6 | 3.5 |
| Energía metabolizable, Mcal/kg ² | 3.2 | 3.0 | 2.9 |

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; lasolacida sódica, 1290 mg/kg.

² Valores calculados de acuerdo al NRC (1985).

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 siguientes indicadores (Comité sistema producto-ovino del estado de Yucatán, 2011):

- 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 y el peso de la canal fría después de 48 h de reposo en refrigeración a 4°C. Las características de la canal fueron evaluadas conforme a la Norma Mexicana de Clasificación de Carne de Ovino en Canal (NMXFF-106-SCFI-2006) que conjunta 4 factores de evaluación (conformación, edad, peso y grado de engrasamiento) clasificándolas en las siguientes 4 categorías: México extra, México 1 (selecta), México 2 (comercial) y fuera de clasificación (SAGARPA, 2010). El área de LD en la 13ª 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 atlanto-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 12ª y 13ª 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 (Colomer–Rocher, 1988) para los cálculos de rendimiento en canal.

Análisis de LD

Una vez sacrificados los corderos, las canales fueron refrigeradas a 4°C durante 48 horas, inmediatamente después de su evaluación el LD del lado derecho de cada canal fue seccionado con un cuchillo, desde la 6ª a la 13ª costilla. Los lomos 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 cm²) desplazándose verticalmente a una velocidad uniforme de 50 mm/min.

Para la medición del pH, trozos del LD fueron triturados y homogeneizados utilizando una licuadora (Waring, Comercial modelo 51BL32 700, Torrington, Connecticut, USA). De la muestra homogeneizada se tomaron 3 g /kg por triplicado y se adicionaron 50 ml de agua destilada. La temperatura de la muestra fue llevada a 25°C (Torley *et al.*, 2000). La medición del pH (pHmeter, Termo-Orión 410Aplus, Torrington, Connecticut, USA) de cada muestra se realizó a 5 y 10 días de maduración. 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 10° día de almacenamiento. El contenido de mioglobina del musculo LD se determinó mediante la metodología descrita por Trout (1990), para la determinación de las catepsinas B y B+L se utilizó la metodología descrita por Etherington y Wardale (1982).

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-NH₃) 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 Wilhelm, 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).

Diseño y Análisis Estadístico

El diseño experimental utilizado fue un completamente al azar con 3 tratamientos (0, 50 y 100 g forraje/kg MS) y 7 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 forraje en la dieta sobre las características de crecimiento, canal, carne y constantes de fermentación ruminal, se realizó un análisis polinomial de efectos lineal y cuadrático.

RESULTADOS

Ensayo de crecimiento y Rendimiento en Canal de los Corderos

El PV inicial y final de los corderos fueron afectados cuadráticamente ($P < 0.05$) conforme aumentó el nivel de forraje en la dieta, siendo los valores más altos en los corderos alimentados con 50 g forraje/kg MS. La ganancia total y la GDP fueron similares entre tratamientos. El CMS aumentó ($P < 0.05$) linealmente conforme incrementó el nivel de forraje en la dieta. La CA fue afectada cuadráticamente con el nivel de forraje, encontrándose los mejores valores en los corderos alimentados con 50 g forraje/kg MS. El peso de la canal caliente, el peso de la canal fría, el rendimiento de la canal caliente y el rendimiento de la canal fría fueron afectados cuadráticamente ($P < 0.05$) por el nivel de forraje en la dieta, de forma tal que las canales más pesadas y los mejores rendimientos fueron para los corderos alimentados con 50 y 100 g forraje/kg MS.

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

| | Forraje g/kg MS | | | EEM |
|--|-----------------|------|------|-------|
| | 0 | 50 | 100 | |
| Desempeño productivo | | | | |
| Peso inicial, kg ^C | 21.0 | 24.9 | 21.9 | 1.11 |
| Peso final, kg ^C | 32.4 | 38.2 | 35.0 | 1.55 |
| Ganancia total, kg | 11.4 | 13.3 | 13.1 | 1.22 |
| GDP, kg | 0.27 | 0.32 | 0.31 | 0.028 |
| CMS, kg/d ^L | 0.86 | 1.00 | 1.02 | 0.045 |
| CMS /GDP ^C | 3.2 | 3.1 | 3.3 | 0.66 |
| Rendimiento en canal | | | | |
| Peso canal caliente, kg ^C | 15.5 | 17.1 | 18.4 | 0.76 |
| Peso canal fría, kg ^C | 14.6 | 16.1 | 17.6 | 0.71 |
| Rendimiento canal caliente, % ^C | 47.8 | 44.8 | 52.6 | 0.48 |
| Rendimiento canal fría, % ^C | 45.1 | 42.1 | 50.3 | 0.63 |

^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 la pierna, el área del *Longissimus dorsi* y el espesor de la grasa subcutánea fueron similares entre tratamientos. La longitud de la canal y el perímetro de

la grupa se modificaron cuadráticamente con el nivel de forraje en la dieta, encontrándose que las canales más largas y anchas fueron en los corderos alimentados con 50 y 100 g forraje/kg MS. La anchura de la grupa y el ancho del tórax también se modificaron cuadráticamente ($P<0.05$) con el nivel de forraje en la dieta, obteniéndose las canales más anchas en los corderos alimentados con 50 y 100 g forraje/kg de MS.

Cuadro 3. Características y Conformación de Canales de Corderos Alimentados con Dietas Altas en Grano.

| | Forraje g/kg MS | | | |
|--|-----------------|------|------|------|
| | 0 | 50 | 100 | EEM |
| Características de canal | | | | |
| Longitud de la canal, cm ^C | 55.6 | 61.6 | 60.6 | 1.25 |
| Longitud de la pierna, cm | 32.7 | 33.6 | 33.1 | 0.51 |
| Perímetro de la grupa, cm ^C | 58.5 | 62.4 | 60.1 | 1.01 |
| Ancho de la grupa, cm ^C | 14.7 | 18.9 | 19.5 | 0.54 |
| Ancho de tórax, cm ^C | 13.7 | 17.7 | 18.9 | 0.58 |
| Área de <i>Longissimus dorsi</i> , cm ² | 16.1 | 16.6 | 18.4 | 1.20 |
| Espesor de la grasa dorsal, mm | 4.6 | 4.6 | 4.6 | 0.11 |
| Conformación de la canal | | | | |
| Grado de conformación ^{2C} | 2.4 | 1.7 | 2.0 | 0.07 |
| Estado de engrasamiento ^{3C} | 1.3 | 2.0 | 1.4 | 0.06 |
| Grasa perirrenal ^{4C} | 1.3 | 2.0 | 2.0 | 0.08 |
| Clasificación de canales ^{1C} | 2.4 | 2.0 | 2.0 | 0.06 |

^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 Mexico 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 Exesiva.

El grado conformación de la canal se modificó cuadráticamente ($P<0.05$) con el nivel de forraje en la dieta, encontrándose los mejores valores en corderos alimentados con 50 g forraje/kg MS. Las canales con mejor grado de calificación fueron las de corderos alimentados con 50 y 100 g forraje/kg MS. Las canales más magras se encontraron en los corderos que no consumieron forraje en la dieta, como resultado la cantidad de grasa perirrenal y estado de engrasamiento fueron afectadas cuadráticamente ($P<0.05$) conforme aumentó el nivel de forraje en la dieta.

Características del LD

El pH, maduración al 20%, contenido de mioglobina, catepsinas B y B+L, fueron similares entre tratamientos a los 5 días de maduración de la carne. El rango de color ($P < 0.05$) fue modificado cuadráticamente con el nivel de forraje en la dieta, presentando mejores valores de L^* , a^* , b^* en LD de corderos alimentados con 50 y 100 g forraje/kg MS. Sin embargo, a los 10 días de maduración del LD, el pH, maduración al 20%, color (L^* , a^* , b^*), contenido de mioglobina y catepsinas B y B+L fueron estadísticamente iguales.

Cuadro 4. Características del *Longissimus dorsi* (LD) de Corderos Alimentados con Dietas Altas en Grano.

| | Forraje g/kg MS | | | EEM |
|-------------------------------|-----------------|------|------|-------|
| | 0 | 50 | 100 | |
| Maduración 5 días | | | | |
| Mioglobina, mg/g | 2.9 | 2.9 | 2.8 | 0.09 |
| pH | 5.5 | 5.6 | 5.6 | 0.12 |
| Catepsina B ¹ | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.009 |
| Catepsina B+L ¹ | 0.4 | 0.3 | 0.3 | 0.05 |
| Maduración ² (20%) | 11.0 | 10.5 | 12.7 | 1.03 |
| Color | | | | |
| L^{*C} | 43.0 | 48.3 | 48.6 | 1.78 |
| a^{*C} | 6.4 | 8.3 | 8.1 | 0.21 |
| b^{*C} | 9.1 | 12.4 | 11.8 | 0.36 |
| Maduración 10 días | | | | |
| Mioglobina (mg/g) | 3.1 | 3.1 | 2.8 | 0.11 |
| pH | 5.6 | 5.6 | 5.6 | 0.10 |
| Catepsina B ¹ | 0.5 | 0.1 | 0.05 | 0.02 |
| Catepsina B+L ¹ | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.04 |
| Maduración ² (20%) | 8.2 | 8.7 | 9.2 | 1.01 |
| Color | | | | |
| L^* | 48.0 | 50.0 | 48.0 | 1.78 |
| a^* | 6.2 | 6.0 | 7.0 | 0.21 |
| b^* | 10.4 | 11.0 | 10.2 | 0.36 |

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

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

² Expresado en N/cm^2 .

Fermentación Ruminal

El pH y la tasa acetato: propionato se modificaron cuadráticamente ($P < 0.05$) con el forraje en la dieta, de forma tal que los valores de pH más cercanos a la neutralidad y la mejor tasa acetato: propionato fueron para los de corderos alimentados con 100 g forraje/kg MS (Cuadro 5). Por su parte, las concentraciones ruminales de nitrógeno amoniacal y lactato disminuyeron linealmente ($P < 0.05$) con el nivel de forraje en la dieta, encontrándose que las mayores concentraciones de estos compuestos fueron en los corderos que no recibieron forraje. Los porcentajes molares de propionato disminuyeron y los de butirato aumentaron linealmente ($P < 0.05$) conforme aumentó el nivel de forraje en la dieta. No se encontró diferencia ($P < 0.05$) en los porcentajes molares de acetato.

Cuadro 5. Fermentación Ruminal en Corderos Alimentados con Dietas Altas en Grano.

| | Forraje g/kg MS | | | EEM |
|--|-----------------|-------|------|-------|
| | 0 | 50 | 100 | |
| pH ^C | 5.6 | 6.5 | 6.7 | 0.09 |
| Nitrógeno amoniacal, mg/L ^L | 12.6 | 5.7 | 4.5 | 1.83 |
| Lactato, mmol/mL ^L | 253.0 | 114.0 | 91.0 | 29.29 |
| Acetato, mol/100 mol | 49.6 | 50.6 | 48.3 | 3.93 |
| Propionato, mol/100 mol ^L | 36.5 | 33.5 | 30.0 | 2.2 |
| Butirato, mol/100 mol ^L | 13.9 | 15.9 | 21.7 | 3.91 |
| Tasa acetato: propionato ^C | 1.3 | 1.5 | 1.6 | 0.04 |

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

Análisis Económico

El costo de la ración, precio de venta en canal, precio de venta en peso vivo, costo por kg de canal y utilidad por kg de canal fueron similares entre tratamientos. El costo por kg de peso vivo producido y la utilidad por kg de peso vivo producido se modificaron cuadráticamente ($P < 0.05$), de forma tal que resultó más barato y con mejor utilidad el alimentar corderos con 100 g forraje/kg MS. El valor de la producción se modificó cuadráticamente ($P < 0.05$) con el nivel de forraje en la dieta, de forma tal que el mejor valor fue para los corderos alimentados con 50 g forraje/kg MS. Contrariamente las canales que menos costó producir fueron las de corderos que no recibieron forraje. El costo de producción se modificó de manera cuadrática ($P < 0.05$) con el nivel de forraje en la dieta. El beneficio bruto disminuyó linealmente ($P < 0.05$)

conforme aumento el nivel de forraje en la dieta, siendo mayor para los corderos que no se alimentaron con forraje. La razón beneficio-costo y la relación beneficio-venta fueron similares entre tratamientos.

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

| | Forraje g/kg MS | | | |
|---|-----------------|-------|-------|-------|
| | 0 | 50 | 100 | EEM |
| Costo de la ración, US\$/kg MS | 0.35 | 0.34 | 0.33 | |
| Precio de venta, US\$/kg en canal | 5.22 | 5.22 | 5.22 | |
| Precio de venta, US\$/kg PV | 1.6 | 1.6 | 1.6 | |
| Costo, US\$/ kg ganancia PV ^C | 0.70 | 0.45 | 0.35 | 0.031 |
| Costo, US\$/ kg ganancia en canal | 0.23 | 0.19 | 0.20 | 0.022 |
| Utilidad, US\$/ kg PV ^C | 0.84 | 1.1 | 1.2 | 0.051 |
| Utilidad, US\$/ kg en canal | 4.97 | 5.02 | 5.00 | 0.063 |
| Análisis Económico por Indicadores | | | | |
| Valor de la producción, US\$ ^C | 566.8 | 673.9 | 530.2 | 21.6 |
| Costo de la producción, US\$ ^C | 331.1 | 455.9 | 414.9 | 19.4 |
| Beneficio bruto, US\$ ^L | 235.7 | 218.0 | 115.3 | 8.4 |
| Razón Beneficio-Costo | 0.46 | 0.47 | 0.50 | 0.031 |
| Razón Beneficio-Venta | 0.31 | 0.32 | 0.33 | 0.022 |

Tipo de cambio en ventanilla, precio de venta 13.4 pesos por dólar al 19 de julio de 2012.

DISCUSIÓN

Los corderos que fueron alimentados con 50 g forraje/kg MS tuvieron la mejor GDP (38.2 kg) y CA (3.1), los resultados concuerdan con Papi *et al.* (2011) quienes encontraron incrementos en CA (7.35) y PV final (61 kg) conforme aumenta el forraje en la dieta, con una inclusión de hasta 300 g forraje/kg MS en dietas altas en grano; los corderos en el tratamiento 100% grano tuvieron 16% menos de CMS con respecto a los que se les ofreció 100 g forraje/kg MS. Stanton y LeValley (2006) encontraron que el CMS no se afecta en dietas sin forraje (1.6 kg/día), lo cual difiere con la presente investigación, en estudios previos el CMS fue menor cuando disminuyó la cantidad de forraje en la dieta (Hatfield, 1997). Fox y Tedeschi (2002) señalan que la reducción en el CMS se debe a los cuadros de acidosis que se presentan cuando los corderos son alimentados únicamente con concentrado, condición generada por el aumento en la producción de lactato y ácidos grasos volátiles (Mackie *et al.*, 1978). El rendimiento en canal caliente y fría (52.6 y 50.3 %) fue mayor para corderos alimentados con 100 g forraje/kg MS, se han reportado incrementos para el rendimiento de la canal caliente y fría de corderos alimentados con 300 g forraje/kg MS (35.9 y 35.1 %), aunque se reporta que pesos y rendimientos en canal no se modifican con la utilización de dietas altas en grano (Papi *et al.*, 2010). El rendimiento en canal se modifica por la deposición de la grasa en la canal y el ancho de las masas musculares, (Colomer y Rocher, 1988; Whitney y Lupton, 2010), las canales mejor conformadas y con mayor calificación se obtuvieron de corderos alimentados con 50 g forraje/kg MS, en condiciones similares el grado de conformación de las canales y calificación no se modifican alimentando corderos con niveles bajos de forraje (0, 50, 100 y 300 g forraje/kg MS) de dietas altas en grano (Haddad *et al.*, 2009).

La concentración promedio de lactato en los tratamientos fue de 152.6 mmol/mL, Brossard *et al.* (2004) afirman que más de 90 mmol lactato/mL de líquido ruminal es un indicador de que los corderos se encuentran en acidosis subclínica, lo cual sugiere que los animales en estos tratamientos se encontraban en esta condición, aunque el pH de los grupos alimentados con 50 y 100 g forraje/kg MS fue de 6.5 y 6.7. Estudios previos aseguran que la alimentación con dietas altas en grano el pH es menor a 6.0 (Grubb y Dehority 1975; Stewart, 1977; Mackie y Gilchrist, 1979). Ramos *et al.* (2009) señalan que en corderos alimentados con 300 g forraje/kg MS la concentración molar de acetato

(60.6 mmol/100 mol) disminuye, la de propionato (17 mmol/100 mol) y butirato (16.7 mmol/100 mol) aumenta. Brown *et al.* (2006), reportan que al utilizar 300 g forraje/kg MS la concentración de acetato disminuye, y la concentración de propionato y butirato se incrementa, esta tendencia en la fermentación ruminal, se debe a que las condiciones que promueven un rápido flujo de la glucosa pueden conducir a limitaciones en la oxidación y reducción de equivalentes, como consecuencia, los grandes flujos de glucosa y el bajo pH producido por la alimentación alta en granos promueve la disposición de electrones para formar propionato y lactato a partir de piruvato y no a partir de acetato (Russell, 1998). La tendencia a incrementar la concentración de butirato cuando las dietas contienen aproximadamente 700 g concentrado/kg MS puede estar relacionada con el mayor número de protozoarios del género *Entodinium* (Hungate, 1966) y bacterias del género *Megaspharea* (Kristensen *et al.*, 2000) los cuales producen butirato; las vías del acetato y del butirato dependen del pH, y la producción de butirato a partir de lactato es mayor a pH más bajo, sin embargo, la síntesis de butirato utiliza hidrogeno el cual puede proveer protección contra el incremento en la acidez ruminal (Brossard *et al.*, 2003). La inhibición del uso del hidrogeno por las bacterias metanogénicas debido a la disminución del pH pueden representar hasta el 25% del cambio en la relación acetato: propionato (Russell, 1998), la relación acetato: propionato fue de 1.6, la cual es superior a lo reportado por Linington *et al.* (1998) en corderos alimentados con 100 g forraje/kg MS (Relación acetato: propionato es 2.3).

Las mejoras que presentaron los corderos en crecimiento y finalización se atribuyen la mejora en la fermentación ruminal, que fue mejor conforme aumentaba el nivel de forraje en la dieta, debido a esto, la inclusión de forraje favoreció la rumia y la producción de saliva (Mertens, 1997), con lo que se mejoró la salud ruminal (Sahin *et al.*, 2003; Haddad y Husein 2004; Askar *et al.*, 2006; Rodriguez *et al.*, 2007). Asimismo, se influyó de una manera positiva sobre las utilidades por kg de PV producido, obtenidas, ya que de acuerdo con evidencias posteriores (Stanton y LeValley, 2006; Umberger, 2009), los costos por kg de PV producido disminuyen cuando los corderos son alimentados con dietas altas en grano.

Por otra parte, no se encontró diferencia entre tratamientos para las características de maduración del LD, pero existen evidencias (Lawrie, 1998; Hoopkins y Thompson, 2002), que indican un ablandamiento conforme avanzan los días de refrigeración a 4°C, producto de la proteólisis producida por el complejo enzimático catepsinas, de acuerdo

con Beltran, (1988) y Sañudo, (1992) esta actividad puede llegar a ser nula, en el presente estudio se encontró una pobre actividad enzimática a los 5 y 10 días de maduración (Catepsína B, 0.05 y Catepsína B+L, 0.3 $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mg}$ proteína) . La maduración al 20% de compresión descrita por Etherington *et al.* (1987); Dransfield, (1994); Koohmaraie *et al.* (2003); Bianchi *et al.* (2006) reporta que a los 8 días de refrigeración la carne presenta una resistencia miofibrilar de 4.10 N/ cm^2 , estos datos no coinciden con lo encontrado en la presente investigación, ya que a los 10 días de maduración la resistencia miofibrilar aún se encontraba en 8.7 N/ cm^2 . El pH promedio del LD de corderos fue 5.6, lo que concuerda con lo descrito por Etherington *et al.* (1987) quienes afirman que después de instalarse el rigor mortis el pH baja hasta 5.6 y se mantiene. La escala de color L*, a*, b* que se encontró en el presente estudio fue diferente a la reportada por Obeidat *et al.* (2008), así, el LD de los corderos en los tratamientos se aclaró conforme avanzaba el tiempo de maduración, posiblemente por las diferencias en la alimentación.

CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio permiten concluir que al menos 50 g forraje/kg MS deben incluirse en las dietas para finalizar corderos, ya que este nivel de forraje ofrece mejor salud en rumen, CA, rendimiento en canal y utilidades. Es necesario realizar evaluaciones que determinen el costo del manejo y procesamiento del forraje utilizado para la elaboración de dietas integrales, a manera de tomar en cuenta los costos por mermas, los costos de mano de obra y los costos de energía por el picado o molido del forraje.

LITERATURA CITADA

- AOAC, .2000. Official Methods Analysis, 17th ed. Association of Official Chemists, Gaithersburg, MD, USA.
- AOAC, .1990. Official Methods Analysis, 15th ed. Association of Official Chemists, Gaithersburg, MD, USA.1298 P.
- Askar, A.R., J.A. Guada, J.M. González, A. de Vega, C. Castillo. 2011. Effects of sodium bicarbonate on diet selection and rumen digestion by growing lambs individually fed whole barley grain and protein supplement at their choice. *Anim.Feed.Sci.Tech.* 164: 45-52.
- Askar, A.R., J.A. Guada, J.M. González, A. de Vega. C. Castillo.2006. Diet Selection by growing lambs offered whole barley and protein supplement, free choice: effects on performance and digestion. *Livest.Sci.*101: 81-93.
- Balch, C. C., D.A. Blach., S. Bartlett., M.P. Bartrum., V.W. Jhonson., S.J. Rowland., J.Turner. 1955. Studies on the secretion of milk of low fat content by cows on diets low in hay and high in concentrates.VI. The effects on the physical and biochemical process of the reticulo-rumen. *J. Dairy. Sci.* 22: 270.
- Beauchemin, K. A., L. A. McClelland., S. D. M. Jones., G. C., Kozub. 1995. Effects of crude protein content, protein degradability and energy concentration of the diet on growth and carcass characteristics of market lambs fed high concentrate diets. *Can. J. Anim. Sci.* 75: 387-395.
- Beauchemin, K.A., W.Z. Yang, L.M. Rode. 2001. Effects of barley grain processing on the site and extent of digestion of beef feedlot finishing diets. *J. Anim. Sci.* 79: 1925-1936.
- 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.

- Beltrán, J.A., C. Sañudo, I. Medel. 2001. Maduración en Canal: Cuartos al vacío. Informe Euroagri-Cleanlamb. 15p.
- 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.
- Bide, R. W., W.J. Dorward. 1975. Clinical chemistry of gain-feed cattle II. Liver functions. *Can. J. Anim. Sci.* 55: 23.
- Borton, R.J., S.C. Loerch., K.E. McClure., D.M. Wulf. 2005. Comparison of characteristics of lambs fed concentrate or grazed on ryegrass to traditional or heavy slaughter weights. I. Production, carcass, and organoleptic characteristics. *J. Anim. Sci.* 83: 679-685.
- Brent, B.E. 1976. Relationship of acidosis to other feedlot ailments. *J. Anim. Sci.* 43: 930.
- Britton, R.A., R.A. Stock. 1986. Acidosis, rate of starch digestion and intake. In: Agricultural experiment station Oklahoma state University (ed.). Symposium Proceedings: Feed Intake by beef cattle. Pp: 125-136.
- Brossard, L., C. Martin, B. Michalet-Doreau. 2003. Ruminal fermentative parameters and blood acido-basic balance changes during the onset and recovery of induced latent acidosis in sheep. *In: Anim. Res.* 52: 513-530.
- Brossard, L., C. Martin, F. Chaucheyras-Durand, B. Michalet-Doreau. 2004. Protozoa involved in butyric rather than lactic fermentative pattern during latent acidosis in sheep. *Reprod. Nutr. Dev.* 44: 195-206.
- Brown, M.S., C.H. Ponce, R. Pulikanti. 2006. Adaptation of beef cattle to high-concentrate diets: performance and ruminal metabolism. *J. Anim. Sci.* 84: E25-E33.
- Brown, M. S., C.R. Krehbiel, M.L. Galyean, M.D. Remmenga, J. P. Peters, B. Hibbard, J. Robinson. W. M. Moseley. 2000. Evaluation of models of acute and subacute acidosis on dry matter intake, ruminal fermentation, blood chemistry, and endocrine profiles of beef steers. *J. Anim. Sci.* 78:3155-3168.

- Byers, F.M., S.R. Goodall. 1979. Effect of energy level on ruminal D(-) and L(+) lactic acid metabolism. *J. Anim. Sci.* 48: 624-632.
- 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 Madrid –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. p 19-41.
- Colvin, H. W. Jr., R.D. Digesti, J.A. Louvier. 1978. Effect of succulent and nonsucculent diets on rumen motility and pressure before, during and after eating. *J. Dairy. Sci.* 61: 1414.
- Crouse, J. D., J. R. Busboom, R. A. Field, C. L. Ferrell. 1981. The effects of breed, diet, sex, location and slaughter weight on lamb growth, carcass composition and meat flavor. *J. Anim. Sci.* 53: 376-386.
- Crouse, J. D., R. A. Field, J. L. Chant, C. L. Ferrell. 1978. Effect of dietary energy intake on carcass composition and palatability of different weight carcasses from ewe and ramb lambs. *J. Anim. Sci.* 70: 1365-1374.
- De Boer, H., B. L. Dumont, R.W. Pomeroy, J.H. Weninger. 1974. Manual on E.A.A.P. reference methods for the assessment of carcass characteristics in cattle. *Livest.Prod.Sci.* 1:151-164.
- Devant, M., A. Ferret, J. Gasa, S. Casamiglia, R. Casals. 2000. Effect of protein concentration and degradability on performance, ruminal fermentation, and nitrogen metabolism in rapidly growing heifers fed high-concentrate diets from 100 to 230 kg body weight. *J. Anim. Sci.* 78: 1667-1676.
- Devine, C.E., S.R. Payne, B.M. Peackey, T.E. Ingram, C.J. Cock. 2002. High and low rigor temperature effects on sheep meat tenderness and ageing. *Meat Science.* 60: 141-146.

- Dixon, R.M., C.R. Stockdale.1999. Associative effects between forages and grains: consequences for feed utilization. *Aust. Agric. Res.* 50, 757-773.
- Dransfield, E. 1994. Optimisation of Tenderisation, Ageing and Tenderness. *Meat Science.* 36: 105-121.
- Dransfield, E., R.C.D. Jones., H.J.H. MacFie. 1981. Tenderising in M. Longissimus dorsi of beef, veal, rabbit, lamb and pork. *Meat Sci.* 5: 139.
- Eadie, J.M., J. Hyldgaard-Jensen, S.O. Mann, R.S. reid, F.G. Whitelaw. 1970. Observations on the microbiology and biochemistry of the rumen in cattle given different quantities of a pelleted barley ration. In: *Br. J. Nutr.*, 24. p. 157-177.
- Elloit, J. M., J. K. Loosli. 1959. Relationship of milk production efficiency to the relative proportions of the rumen volatile fatty acids. *J. Dairy Sci.* 42: 843.
- 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., M. A. J. Taylor., E. Dransfield. 1987. Conditioning of meat from different species. Relationship between tenderizing and the levels of Cathepsin B, Calpain I, Calpain II and B-Glucorinidase. *Meat Science.* 20: 1-18.
- 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.
- Eusebio, A. N., J. C. Shaw, J. C. Leffel, E. C. Lakshamanan, R. N. Doetsch. Effect on rumen volatile fatty acids and rumen microbial dissimilation of glucose- C¹⁴ of corn meal hen fed exclusively and in combination whit hay or certain additives. *J. Dairy Sci.* 42: 692.
- Fox, D.G., L.O. Tedeschi. 2002. Application of physically effective fibre in the diets for feedlot cattle. *CNCPS. New papers.v.5.0.34.*
- Goad, D.W., C.L. Goad, T.G. Nagaraja. 1998. Ruminant microbial and fermentative changes associated with experimentally induced subacute acidosis in steers. In: *J. Anim. Sci.* 76. p. 234-241.

- Gonzalez-Momita, M.L., J.R. Kawas., R. García-Castillo., C. Gonzalez-Morteo., J.Aguirre-Ortega., G. Hernandez-Vidal., H.Fimbres-Durazo., F.J. Picón-Rubio., C.D. Lu. 2009. Nutrient intake, digestibility, mastication and ruminal fermentation of pelibuey lambs fed finishing diets with ionophore (monensin or lasolamid) and sodium malate. *Small Rumin. Res.*83: 1-6.
- Grubb, J.A., B.A. Dehority. 1975. Effects of an abrupt change in ration from all roughage to high-concentrate upon microbial numbers in sheep. *Appl. Microbiol.* 30: 404-412.
- Haddad, S.G., M.A. Ata. 2009. Growth performance of lambs fed on diets varying in concentrate and wheat Straw. *Small Rumin.Res.* 81: 96-99.
- Haddad, S.G., M.Q. Husein. 2004. Effect of dietary energy density on growth performance and slaughtering characteristics of fattening Awassi lambs. *Livest.Prod.Sci.* 87: 171-177.
- Hamlin, L. J., R. E. Hungate. 1956. Culture and physiology of a starch-digesting bacterium (*Bacteroides amilophilus* N.Sp.) from the bovine rumen. *Journal of bacteriology.* 72(4): 548.
- Hatfield, P.G., J.A. Hopkins, G.T. Pritchard, C.W. Hunt. 1997. The effects of amounts of whole barley, barley bulk density, and form of roughage on feedlot lamb performance, carcass characteristics, and digesta kinetics. *J. Anim. Sci.*75: 3353–3366.
- 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.
- Hrsitov, A.N., M. Ivan, L. M. Rode, T.A. McAllister. 2001. Fermentation characteristics and ruminal ciliate protozoal populations in cattle fed medium- or high-concentrate barley-based diets. *J. Anim. Sci.* 79: 515-524.
- Hungate, R.E. 1966. *The Rumen and its Microbes.* Academic press, New York, NY.
- Huntington, G.B. 1997. Starch utilization by ruminants. From basics to the bunk. *J Anim. Sci.* 75: 852-867.

- INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2011. México en cifras. Información nacional, por entidad federativa y municipios. [Consulta 2012 febrero28].<http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?ent=24>
- INRA, Institut National de la Recherche Agronomique. 1989. Ruminant nutrition, recommended allowances and feed tables. Paris, Francia.
- Jolly, S., A. Wallace. 2007. Best practice for production feeding of lambs: A review of the literature. *Meat and Livestock Australia Limited*. North Sydney, Australia.
- Julien, W.E., H.R. Conrad. 1977. Influence of dietary protein on susceptibility to alert downer syndrome. *J. Dairy. Sci.* 60: 210.
- Kempster A. J., D. Croston, D.W. Jones. 1981. Value of conformation as an indicator of sheep carcass composition within and between breeds. *Anim. Prod.* 23:39-49
- Kempster, A.J., P. R. D. Avis, A. Cuthbertson, G. Harrington. 1976. Prediction of the lean content of lamb carcasses of different breed types. *J. Agric. Sci.* 86: 23-24.
- Koohmaraie, M., E. Veiseth, E. Kent, S.D. Shakelford, T.L. Wheeler. 2003. Understanding and Managing Variation in Meat Tenderness. In: 40^a Reuniao Brasileira de Zootecnia. 21-24/07/2003. Santa Maria. R.S. Brasil.
- 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.
- Kuber, P.S., S.K. Duckett, J.R. Busboom, G.D. Snowder, M.V. Doobon, J.L. Vierck, J.F. Bailey. 2003. Measuring the effects of phenotype and mechanical restraint on proteolytic degradation and rigor shortening in callipyge lambed muscle during extended ageing. *Meat Science.* 63: 325-331.
- Kristensen, N. B., S.G. Pierzynowsky, A. Danfaer. 2000. Net portal appearance of volatile fatty acids in sheep intraruminally infused with mixtures of acetate, propionate, isobutyrate, butyrate, and valerate. *J. Anim. Sci.* 78: 1372-1379.
- Lana, R.P., J.B. Russell, M.E. Van Amburgh. 1998. The role of pH in regulation of ruminal methane and ammonia production. *J. Anim. Sci.* 76: 2190-2196.

- Lawrie, R.A. 1998. Ciencia de la carne. Tercera Edición. Editorial Acriia, S.A. Zaragoza. España. 367 p.
- Leedle, J.A.Z., M.L. Coe, R.A. Frey. 1995. Evaluating of health and ruminal variables during adaptation to grain-based diets in beef cattle. *Am. J. Vet. Res.* 56: 885-892.
- Lepetit, J., C. Buffiere. 1993. Comparaison de deux méthodes mécaniques de mesure de la résistance myofibrillaire de la viande crue. *Viandes et produits carnés.* 14: 39-42.
- Linington, M. J., J.H.F. Meyer, J. G. Van der walt. 1998. Ruminal VFA production rates, whole body metabolite kinetics and blood hormone concentrations in sheep feed high and low fiber. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 28: 2
- Lord, E. A., P. F. Fennessy, R. P. Littlejohn. 1988. Comparison of genotype and nutritional effects on body and carcass characteristics of lambs. *N. Z. J. Agric. Res.* 31. 13-19.
- Mackie, R.I., F.M.C. Gilchrist, A.M. Roberts, P.E. Hannah, H.M. Schwartz. 1978. Microbiological and chemical changes in the rumen during the stepwise adaptation of sheep to high concentrate diets. *In: J. Agric. Sci.* 90.p. 241-254.
- Mackie, R.I., F.M.C. Gilchrist, S. Heath. 1984. An in vivo study of ruminal microorganisms influencing lactate turnover and its contribution to volatile fatty acid production. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 103:37-51.
- Mackie, R.I., F.M.C. Gilchrist. 1979. Change in lactate-producing and lactate-utilizing bacteria in relation to pH in the rumen of sheep during stepwise adaptation to high-concentrate diet. *Appl. Environ. Microbiol.* 38:422-430.
- Mahgoub, O., C.D. Lu., R.J. Early. 2000. Effects of dietary energy density on feed intake, body weight gain and carcass chemical composition of Omani growing lambs. *Small. Rumin. Res.*37: 35-42.

- Martínez-Cerezo, S., C. Sañudo., J.L. Medel., B. Panea., S. Macie., I. Sierra. 2002. Breed, weight and ageing effects on meat lamb tenderness assessed by consumers. In: 48th ICoMST. Rome, 25-30 August 2002. Vol. I: 142-143.
- McAllister, T.A., K.J. Cheng. 1996. Microbial strategies in the ruminal digestion of cereal grains. *Anim. Feed Sci. Technol.* 62: 29-36.
- Mcculloch, H. 1967. The determination of ammonia in whole blood by direct colorimetric method. *Clin. Chem. Acta.* 17: 297-304.
- Medel, I., C. Sañudo., P. Roncales., B. Panea., S. Martinez., J.A. Beltrán. 2002. Sensory quality of loin and leg lamb chops packaged in modified atmosphere. In: 49th ICoMST. 2nd Brazilian Congress of Meat Science and Technology. pp: 205-206.
- Mertens, D.R. 1997. Creating a system for measuring the fiber requirements of dairy cows. *J. Anim. Sci.* 80: 1463-1481.
- Mertens, D.R. 2002. Measuring fibre and its effectiveness in ruminant diets. CNCPS. *Model Development papers.* v.5.0.34.
- Meyer, J. W. 1960. A theoretical rumen fermentation balance. Department of Dairy Science, University of Illinois, Urbana. 1452-1459
- Miguel, E., E. Onega, V. Cañeque, S. Velasco, M.T. Díaz, S. Lauzorica, C. Pérez, B. Blázquez, F. Ruiz de Huidobro. 2003. Carcass classification in suckling lambs. Discrimination ability of the European Union scale. *Meat Science* 63:107-117.
- Mondragón, J., I.A. Domínguez-Vara, J.M. Pinos-Rodríguez. M. González, J.L. Bórquez, A. Domínguez, M.L. Mejía. 2010. Effects of feed supplementation of zilpaterol hydrochloride on growth performance and carcass trait of finishing lambs. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A-Animal Science.* 60:47-52.
- Moody, M.L., G.I. Zanton, J.M. Daubert, A.J. Heinrichs. 2007. Nutrient utilization of different forage-to-concentrate ratios by growing Holstein heifers. *J.Dairy.Sci.* 90, 5580-5586.
- Nkosi, B.D., R. Meeske., H.J. Van Der Merwe., O. Acheampong-Boateng. T. Langa. 2010. Effects of dietary replacement of maize grain with popcorn waste products

- on nutrient digestibility and performance by lambs. *South African J. Anim Sci.* 40: 2.
- NMX-FF-106-SCFI-2006, 2006. Productos Pecuarios - Carne de Ovino en Canal – Clasificación. 21 P.
- Nocek, J.E., E.M. Kelsner. 1980. Growth and rumen characteristics of Holstein steers feed pelleted or conventional diets. *J. Dairy Sci.* 63: 249.
- NRC (National research Council). 1985. Nutrient requirements of sheep. Sixth revised edition. National Academy press, 2101 Constitution avenue, NW, Washington. p 47-51.
- Obeidat, B.S., Abdullah, A. Y., Al-Lataifeh, F. A. 2008. The effect of partial replacement of barley grains by *Prosopis juliflora* pods on growth performance, nutrient intake, digestibility, and carcass characteristics of Awassi lambs fed finishing diets. *Anim. Feed Sci. Technol.* 146: 42–54.
- Offner, A., A. Bach., D. Sauvant. 2003. Quantitative review of in situ degradation in the rumen. *Anim. Feed Sci. Technol.* 106: 81-93.
- Orskov, E. R., D. A. Grubb. 1977. The use of whole barley diets fortified with solutions of urea, minerals and vitamins for lambs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2: 307-314
- Orskov, E.R. 1973. The effect of no processing barley on rumenitis in sheep. *Res. Vet. Sci.* 14: 110-112.
- Orskov, E.R. 1974. Effect of processing of cereals on rumen fermentation, digestibility, rumination time, and firmness of subcutaneous fat in lambs. *Br. J. Nutr.* 56: 441-248.
- Pálsson, H. 1939. Meat qualities in the sheep with special reference to Scottish breeds and crosses, Part I. Carcass measurements and sample joints as indices of quality and composition. *J. Agric. Sci.* p 544-626.
- Panea, B. 2002. Influencia de la raza –sistema de producción sobre el tejido conjuntivo y la textura de la carne bovina. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza. Facultad de Veterinaria. 224. p.

- Papi, N., A. Mostafa-Tehrani, H. Amanlou, M. Memarian.2011. Effects of dietary forage-to-concentrate ratios on performance and carcass characteristics of growing fat-tailed lambs. *Anim. Feed. Sci. Tech.* 163: 93-98.
- Partida de la Peña, J.A. 2011.Calidad de la carne y evaluación de canales ovinas. *In: Memorias del 1er Simposio de razas terminales ovinas.* 3:1-12.
- Pinos-Rodríguez, J.M. 2010. Finalización de Corderos con Dietas Bajas en Fibra y Altas en Grano. *In: Conferencias Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto de Investigación de Zonas Desérticas.* pp. 1-6.
- Ramos, S., M.L. Tejido, M.E. Martínez, M.J. Ranilla, M.D. Carro. 2009. Changes in ruminal fermentation in sheep fed either alfalfa hay or grass hay after changing to a high concentrate diet. *Nutritional and Foraging Ecology of Sheep and Goats.* 85: 285-290.
- Realini, C.E., S.K. Duckett., G.W. Brito., M. Zallardi., D. De Mattos. 2004. Effect of pasture vs. Concentrate feeding with or without antioxidants on carcass characteristics, fatty acid composition and quality of uruguayan beef. *Meat Science.* 66: 567-577.
- Rodríguez, A.B., R. Bodas., B. Fernández., O. López-Campos., A.R. Mantecón., F.J. Giráldez. 2007. Feed intake and performance of growing lambs raised on concentrate-based diets under cafeteria feeding systems. *Anim. Feed Sci. Technol.* 1. 459-466.
- Ruiz de Huidobro, F., E. Miguela, M.T. Díaz, S. Velasco, S. Lauzurica, C. Pérez, E. Onega, B. Blázquez, V. Cañeque.2003. Carcass classification in suckling lambs. II. Comparison among subjective carcass classification methods: fatness scales and conformation scales with 0.25 point-intervals. *Meat Sci.* 66: 135–142.
- Ruiz de Huidobro, F., V. Cañeque, E. Onega, S. Velasco.2000. Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes. Morfología de la canal ovina. Monografías INIA. Instituto de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria Ministerio de Ciencia y Tecnología. Madrid –España. 2.2: 83-102.

- Russell, J.B., 1998. The importance of pH in the regulation of ruminal acetate to propionate ratio and methane production in vitro. *J. Dairy. Sci.* 81: 3222-3230.
- SAGARPA, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2010. www.sagarpa.gob.mx/v1/ganaderia/NOM/nmx-ff-106-scfi-2006.pdf. [Consulta 2010 julio 17].
<http://www.sagarpa.gob.mx/v1/buscador.html>
- Sahin, A., M. Keskin., O. Bicer., S. Gul. 2003. Diet selection by Awassi lambs fed individually in a cafeteria feeding system. *Livest. Prod. Sci.* 82: 163-170.
- SIAP, Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera. 2010. Inventario Ovino Nacional. http://www.campomexicano.gob.mx/portal_siap/Integracion/EstadisticaBasica/Pecuario/PoblacionGanadera/ProductoEspecie/ovino.pdf
- Sinclair, L.A., R.G. Wilkinson. 2000. Feeding systems for sheep. In: Feeding systems and feed evaluations models. Eds. M.K, Theodorou and J. France. CABI Publishing, Wallingford, UK, pp 155-1180.
- Smith, P.S. 2008. Dietary fibre requirements of feedlot lambs. Dissertation of Magister Scientiae Agriculturae. Faculty of Natural and Agricultural Sciences, Department of Animal, Wildlife and grassland Sciences, university of the free State, Bloemfontein, South Africa.
- Stanton, T.L., S.B. LeValley. 2006. Lamb feedlot nutrition. Colorado State University Extension. Livestock Series Magnament. 4 p.
- Stewart, C.S. 1977. Factors affecting the cellulolytic activity of rumen contents. *In: Appl. Environ. Microbiol.* 33: 1463-1481.
- Sudweeks, E.M., L.O. Ely., D.R. Mertens., L.R. Sisk. 1981. Assessing minimum amounts and form of roughages in ruminant diets: roughage value index system. *J. Anim. Sci.* 53: 1406-1411.
- Sudweeks, E.M., L.O. Ely., L.R. Sisk. 1980. Effect of intake on chewing activity of steers. *J. Dairy. Sci.* 63: 152.

- Tait, R.M., R.G. Bryant. 1973. Influence of a energy source and physical form of all-concentrate rations on early weaned lambs. *Can. J. Anim. Sci.* 53: 89-94.
- Tajima, K., R.I. Aminov, T. Nagamine, H. Matsui, M. Nakamura, Y. Benno. 2001. Diet-dependent shifts in the bacterial population of the rumen revealed whit real-time PCR. In: *Appl. Environ. Microbiol.* 67.p. 2766-2774.
- Torley, P. J., Arcy, R.D., Trout, B. y Graham, R. 2000. The effect of ionic strenght, 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. 1990. 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.
- Umberger, S.H. 2009. Whole-grain diets forfinishing lambs. Publication 410-024. Virginia Cooperative Extension, College of Agriculture and life Sciences, Virginia Polytechnic institute and state University. P: 4.
- Van Soest, P.J., J.B. Robertson., B.A. Lewis. 1991. Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre, and nonstarch polisaccharides in relation to animal nutrition. Symposium: Carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. *J. Dairy. Sci.*74: 3583-3597.
- Vergara, H., L. Gallego. 2000. Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes. Composición de la canal ovina. Monografías INIA. Instituto de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria Ministerio de Ciencia y Tecnología. Madrid, España. p130.