



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA
PRODUCCIÓN Y DE LA SALUD ANIMAL**

Efecto del clorhidrato de zilpaterol y dos pesos de faena sobre la
calidad de la carne en corderos Katahdin x Dorper o Charollais

T E S I S

PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS

P R E S E N T A

Tania Alejandra Casaya Rodríguez

Tutor principal: Dr. J. Armando Partida de la Peña

Comité tutorial: Dr. Danilo Méndez Medina

Dra. María Salud Rubio Lozano



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTO

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico recibido para la realización de mis estudios de Maestría en Ciencias, a la Fundación Produce Querétaro, A. C., por el financiamiento otorgado para la realización del proyecto experimental y al Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal (CENID-Fisiología Animal) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) por el acompañamiento e instrucción para llevar a cabo esta tesis.

RESUMEN

El objetivo fue determinar las características de la canal y la calidad de la carne de corderos cruzados KatahdinxCharollais (KCh) y KatahdinxDorper (KD), sacrificados a diferentes pesos (45 y 50 kg) y empleando clorhidrato de zilpaterol (zilpaterol) como promotor del rendimiento. Se utilizaron 33 corderos KCh y 28 KD. Se evaluó rendimientos, longitud de la canal, conformación, área de ojo de la chuleta, composición tisular, pH, color muscular y de grasa subcutánea, capacidad de retención de agua, fuerza de corte, compresión, composición química (humedad, proteína, grasa y ceniza) y calidad sensorial (sabor, jugosidad, suavidad y aceptación general). Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial (2x2x2). No se encontraron diferencias entre genotipos en los pesos al nacimiento, al destete, a los 90 y a los 120 días, siendo en promedio 3.8 ± 0.8 ; 22.5 ± 5.3 ; 26.3 ± 6.8 y 35.0 ± 9 kg, respectivamente. La ganancia diaria de peso promedio del nacimiento al sacrificio fue mayor ($P\leq 0.01$) en la crucea KD (284g) que en las de KCh (271g). El uso de zilpaterol elevó ($P\leq 0.01$) el rendimiento verdadero en canal de $55.0\pm 1.9\%$ a $56.7\pm 1.75\%$ en animales 45kg y de $57.9\pm 1.7\%$ a $59.1\pm 1.8\%$ en animales de 50kg. El uso de zilpaterol aumentó ($P\leq 0.01$) el área del ojo de chuleta de 16.3 ± 3.1 a $18.4\pm 2.9\text{cm}^2$ en corderos de 45kg y de 17.8 ± 2.4 a $21.1\pm 2.1\text{cm}^2$ en corderos de 50kg, y redujo la cantidad de grasa de 11.5 ± 1.9 a $9.2\pm 2.3\%$ (45kg) y de 13.31 ± 3.2 a $10.1\pm 2.7\%$ (50kg). No se presentaron diferencias significativas en el pH final (promedio 5.7 ± 0.2). No se presentaron diferencias entre tratamientos en la capacidad de retención de agua ($P>0.05$); el uso de zilpaterol aumentó ($P\leq 0.01$) la dureza de la carne de 4 kg/cm^3 a 5.8 kg/cm^3 . Los corderos KCh tuvieron más grasa intramuscular (3.9%) que los KD (2.19%); el zilpaterol redujo 1.2% la cantidad de grasa intramuscular. El uso de zilpaterol mejora las características de la canal; sin embargo, demerita características de la carne como color, jugosidad y dureza.

Palabras clave: Katahdin, Dorper, Charollais, clorhidrato de zilpaterol, calidad de la carne, peso de corderos al sacrificio.

ABSTRACT

This study was addressed to determine the slaughter weight of crossbred lambs KatahdinxCharollais (KCH) and KatahdinxDorper (KD) based on carcass and meat quality, using zilpaterol hydrochloride as a growth promoter and two slaughter weights (45 and 50 kg). 33 KCH and 28 KD lambs were used. Carcass length, *Longissimus dorsi* area, Ph, muscle and subcutaneous fat color, Water holding capacity, shear force, compression, chemical composition (moisture, protein, fat and ash) and sensory quality analysis (flavor, juiciness, smoothness and overall acceptance) were measured. Data were analyzed using a completely randomized design with a (2x2x2) factorial arrangement using the GLM procedure of SAS to evaluate the effect of crossbreed, slaughter weight and growth promoter.

No differences were found between genotypes in birth weight, weaning, 90 and 120 days age, with an average of 3.8 ± 0.8 , 22.5 ± 5.3 , 26.3 ± 6.8 and 35.0 ± 9 kg respectively. Average daily gain (birth to slaughter) was higher ($P \leq 0.01$) in KD lambs (284g) compared with KCH (271g). Zilpaterol increased ($P \leq 0.01$) real carcass yield from $55.0 \pm 1.9\%$ to $56.7 \pm 1.75\%$ in 45kg animals and $57.9 \pm 1.7\%$ to $59.1 \pm 1.8\%$ in 50kg lambs. Using zilpaterol increased ($P \leq 0.01$) the chop eye area from 16.3 ± 3.1 to $18.4 \pm 2.0 \text{ cm}^2$ in lambs of 45kg and from 17.8 ± 2.4 to $21.1 \pm 2.1 \text{ cm}^2$ in 50kg lambs. Zilpaterol hydrochloride reduced the amount of fat from 11.5 ± 1.9 to $9.2 \pm 2.3\%$ in 45kg and 13.31 ± 3.2 to $10.1 \pm 2.7\%$ in the 50kg animals. There were no significant differences in the final pH (average 5.7 ± 0.2). There were no differences between treatments in water holding capacity ($P > 0.05$), but zilpaterol increased ($P \leq 0.01$) shear force (4 kg/cm^3 to 5.8 kg/cm^3). KCH lambs had higher intramuscular fat (3.9%) than KD (2.19%). Zilpaterol reduced 1.2% intramuscular fat percentage. Using zilpaterol improved carcass characteristics, but reduced meat quality characteristics as color, juiciness and tenderness.

Key words: Katahdin, Dorper, Charollais, zilpaterol hydrochloride, meat quality, slaughter weight.

CONTENIDO

	Página
1 INTRODUCCIÓN	1
2 OBJETIVO GENERAL.....	3
2.1 HIPÓTESIS	3
3 REVISIÓN DE LITERATURA	4
3.1 Descripción de las razas empleadas.....	4
3.2 Heterosis: importancia en la producción ovina	7
3.3 Uso de la heterosis en la producción de ganado	8
3.4 Uso de promotores del crecimiento en la producción ovina	10
4 MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
4.1 Animales experimentales	16
4.2 Mediciones de la canal	17
4.3 Mediciones de la calidad de la carne	19
4.4 Análisis químico.....	20
4.5 Análisis sensorial	23
4.6 Análisis estadístico.....	24
5 RESULTADOS.....	25
5.1 Etapa de desarrollo de los corderos	25
5.2 Características de la canal de los corderos.....	26
5.3 Calidad instrumental de la carne de los corderos	30
5.4 Análisis sensorial.....	34
6 DISCUSIÓN	36
7 CONCLUSIONES	40
8 LITERATURA CITADA.....	42

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Comportamiento productivo de corderos de las cruzas Katahdin x Charollais y Katahdin x Dorper	25
Cuadro 2. Efecto de la triple interacción entre los efectos de la raza, el clorhidrato de zilpaterol y el peso al sacrificio (PS) de corderos de las cruzas Katahdin x Charollais y Katahdin x Dorper.....	26
Cuadro 3. Rendimiento en canal de las cruzas Katahdin por Charollais y Dorper finalizados a dos pesos de sacrificio, con o sin uso de clorhidrato de zilpaterol	27
Cuadro 4. Efectos mayores de raza, peso al sacrificio y uso o no del clorhidrato de zilpaterol sobre las características de la canal de corderos cruzados Katahdin x Charollais o Dorper	27
Cuadro 5. Efecto del peso de sacrificio y el clorhidrato de zilpaterol sobre la composición tisular de corderos Katahdin x Dorper y Katahdin x Charollais	29
Cuadro 6. Efecto del clorhidrato de zilpaterol y el peso de sacrificio sobre el color de la carne de corderos Katahdin x Charollais y Katahdin x Dorper	31
Cuadro 7. Efecto del clorhidrato de zilpaterol y el peso a sacrificio sobre la composición química de la carne de corderos Katahdin x Charollais y Katahdin x Dorper	31
Cuadro 8. Interacción entre la raza y el uso de clorhidrato de zilpaterol en el porcentaje de proteína y grasa en el músculo <i>Longissimus dorsi</i> , en corderos Katahdin x Charollais y Katahdin x Dorper	32
Cuadro 9. Efecto del clorhidrato de zilpaterol sobre la capacidad de retención de agua (CRA) de la carne de corderos Katahdin x Charollais y Katahdin x Dorper	33
Cuadro 10. Efecto de la raza y el uso de zilpaterol sobre la textura de la carne de corderos Katahdin x Charollais y Katahdin x Dorper	33
Cuadro 11. Análisis sensorial de la carne de corderos de las cruzas Katahdin x Charollais y Katahdin x Dorper efectuado mediante una prueba múltiple de consumidores	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Efecto del tipo de craza y el peso a sacrificio en la conformación de la canal.....	28
Figura 2. Efecto del tipo de craza y el uso de clorhidrato de zilpaterol en el área del ojo de la chuleta.....	30

1 INTRODUCCIÓN

En México, la ovinocultura está orientada principalmente a la producción de carne. El valor de la producción de carne ovina en 2008 fue de MN\$128,257,000 según datos reportados por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). En el año 2009, el inventario nacional de ovinos en México fue de 7,800,000 y originó una producción de 53,740 ton de carne *versus* una importación en el mismo año de 22,838 ton. Esto lleva a una participación porcentual de la producción nacional de 70% y el 30% restante corresponde a las importaciones, según datos oficiales reportados por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA, 2009).

La mayor parte de la carne ovina en México, es destinada al mercado de platillos tradicionales como la barbacoa y los mixiotes, productos que tienen gran aceptación en la zona central del país, principalmente en los estados de México, Hidalgo, Tlaxcala, Puebla, Querétaro, Morelos y el Distrito Federal (Cuéllar, 2006; Gómez, 2009; Lastra *et al.*, 2000).

Entre las características de la producción nacional ovina se puede señalar que los corderos finalizados son animales lanares, de pelo o sus cruza, con una edad que oscila entre 5 y 12 meses, y con pesos variables que van desde los 35 hasta los 50 kg. Cabe mencionar que la mayor parte de la producción nacional ovina se comercializa en pie, por lo que el peso y la edad a la venta son los principales criterios que fijan el precio (Gómez, 2009).

De las importaciones hechas en el año 2007, la carne ovina proviene principalmente de Nueva Zelanda, Australia, Chile y Estados Unidos y es introducida por empresas distribuidoras y tiendas de autoservicio (Gómez, 2009; Martínez *et al.*, 2010).

A través del tiempo, se evidencia en el país una mayor diversidad genética del rebaño ovino nacional. Las primeras razas ovinas traídas a México (en tiempos

de la colonia) eran de tipo Merino, Churras y Lachas. A finales del siglo XX se introdujeron, como parte de un programa gubernamental de apoyo al agro, razas tales como Rambouillet, Lincoln y Corriedale (Medrano, 2000). El fenotipo predominante antes del año 2000 era de tipo criollo cara negra proveniente de la cruce con Suffolk y Hampshire. En los últimos años se han introducido otras razas tales como la Dorper, Katahdin, Damara, Suffolk, Hampshire y Charollais, cuyo fin es la comercialización como pie de cría y producción de carne (Martínez *et al.*, 2010; Cuéllar. 2006).

Dada la necesidad de generar información para los ovinocultores y desarrollar tecnologías que brinden opciones de producción de carne y calidad organoléptica, se han llevado a cabo estudios sobre el desempeño productivo y la calidad de carne en cruzamientos terminales de ovejas Katahdin con sementales de razas cárnicas especializadas. Esto ha dado como resultado, canales con rendimiento más elevado y con distintas opciones de calidad para satisfacer las necesidades del mercado y dar un mayor valor monetario a la canal o a sus productos (Kirton A.H. 1989; Martínez *et al.*, 2000).

El presente es un proyecto de continuidad, que pretende dar respuesta a algunas incógnitas generadas en un trabajo previo, el cual fue desarrollado para determinar los mejores cruzamientos terminales entre borregas de pelo Katahdin y sementales de cuatro razas cárnicas Suffolk, Dorper, Texel y Charollais (Vázquez 2001). Generalmente en México se sacrifican los corderos para abasto entre 35 y 40 kg. Al elevar el peso de sacrificio se logra un incremento en el rendimiento en canal (Caro *et al.*, 1999; Cloete *et al.*, 2000). Sin embargo, conforme aumenta el peso vivo, el depósito de grasa en la canal aumenta a mayor velocidad que la de músculo (Solomon *et al.*, 1980). Es por esto que el trabajo pretende evaluar dos pesos de faena de los animales utilizando un β -agonista que permita obtener mejores rendimiento de carne y evaluando la calidad de la carne obtenida para cada una de las cruces estudiadas.

2 OBJETIVO GENERAL

El propósito de este estudio fue evaluar el desempeño productivo, las características de la canal y la calidad de la carne de corderos cruzados Katahdin x Charollais y Katahdin x Dorper, llevados a dos pesos de sacrificio empleando clorhidrato de zilpaterol como promotor del rendimiento.

2.1 HIPÓTESIS

El uso de clorhidrato de zilpaterol realizar el sacrificio de los animales a un mayor peso, sin incrementar sustancialmente la cantidad de grasa corporal.

3 REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 DESCRIPCIÓN DE LAS RAZAS EMPLEADAS

3.1.1 Katahdin

Esta raza de ovinos de pelo posee atributos deseables tales como sus características maternas, rusticidad y su tolerancia a parásitos intestinales en comparación con la mayoría de las razas de lana; lo que le permite participar como raza para vientre en muchos sistemas de producción por su destacada habilidad materna (Notter, 2000; Vanimisetti *et al.*, 2007). Sin embargo, las tasas de crecimiento y tamaño a la madurez de los corderos de pelo es menor que la que presentan las razas lanares (Burke *et al.*, 2003; Burke, 2005).

La raza Katahdin se desarrolló a finales de los años 50's en Estados Unidos a partir de las razas St. Croix y razas británicas Suffolk y Wiltshire Horn en la búsqueda de un animal de mucha rusticidad. Hoy en día se extiende en Canadá y en todas las zonas de México, desde zonas de climas fríos y templados hasta los tropicales.

Las ovejas Katahdin son resistentes, adaptables, y producen corderos con alto contenido de carne y bajo en grasa. La Katahdin es una raza con pesos desde los 55 hasta los 75 kg de peso vivo en hembras adultas y entre 120 y 130 kg en carneros maduros.

Las ovejas y carneros muestran una pubertad temprana y generalmente tiene larga vida productiva. Por su parte, los corderos producidos para el consumo presentan una buena conformación, bien musculados y con poca grasa, caracterizándose por un sabor muy suave; además, de destacar por su ganancia de peso postdestete en condiciones de engordas intensivas, así como su comportamiento en pastoreo (AMCO, Catalogo de razas).

3.1.2 Dorper

La raza Dorper fue desarrollada en Sudáfrica como resultado de la cruce entre las razas Dorset con cuernos y Persa Cabeza Negra alrededor de 1940 (Cloete *et al.*, 2000). Con esta nueva raza se buscaba una mayor resistencia de los animales a las condiciones áridas sudafricanas y para mejorar el tamaño de las canales y la calidad de las mismas. Además de su buena adaptación al medio y su fácil manejo, como lo señala Leymaster (2002), los animales alcanzan pesos promedios entre 36 y 45 kg a una edad de 3.5 meses en condiciones únicamente de pastoreo (AMCO). En su introducción a México se han obtenido buenos resultados en el trópico y en el norte del país, lo que los hace ideales para el cruzamiento con genotipos criollos al ser ésta una raza con aptitudes cárnicas (Burke *et al.*, 2003; Schoeman *et al.*, 2010).

Los Dorper son ovinos cárnicos de tamaño medio, cuyos individuos alcanzan un peso adulto de 90 a 105 kg en los machos y de 70 a 95 kg en las hembras. El trabajo de selección de esta raza ha buscado enfatizar características como la conformación, el tamaño, la distribución de la grasa, el patrón de color y la reducción de su cubierta lanar (Notter, 2000). Son animales fornidos con patas cortas y una altura a la cruz aproximada de 60 cm. Existen dos variedades, una que es totalmente blanca y otra que presenta la cabeza y la parte baja del cuello de color negro y el resto del cuerpo blanco.

La raza tiene excelente desempeño en condiciones semidesérticas, mostradas en África, Texas, Arizona y Australia; así como en los climas más fríos de Canadá, Suiza y la zona sur de Nueva Zelanda (Cloete *et al.*, 2000).

De manera similar a sus dos ancestros, la Dorper es una raza “no estacional”, esto significa que es posible que tengan crías continuamente durante ocho meses del año. Son comunes los partos gemelares. Los corderos tienen un peso al nacimiento promedio de 3.5 kg y logran alcanzar los 36 kg en 3-4 meses de edad (Kovács *et al.*, 2008).

3.1.3. Charollais

Esta raza tuvo sus inicios en 1820 en Francia (Saone-et-Loire), pero tomó importancia a partir de 1850 como resultado de la caída de la industria lanera cuando los ganaderos buscaban una raza que les ayudara a lograr canales pesadas, de excelente calidad y poca grasa. Pero no fue sino hasta 1974 cuando esta raza fue oficialmente reconocida por el Ministerio de Agricultura de Francia.

La raza está permanentemente evolucionando y tiene más de 30 años de moldeo por los seleccionadores de la Unidad Nacional de Selección y Promoción de la Raza (UPRA por sus siglas en francés), cuyos objetivos de selección son:

- Prioridad a la mejora de las aptitudes cárnicas (crecimiento rápido y económicamente productivo, conformación, desarrollo y estado de engrasamiento).
- Mantenimiento de las cualidades maternas y de cría (prolificidad, capacidad lechera y rusticidad).

En México ha mostrando un sobresaliente desempeño al usarla como raza pura o en cruzamientos con otras líneas (British Charollais Sheep Society).

En la actualidad, la Charollais se considera la mejor raza cárnica en el mundo y el prototipo modelo por sus excelentes cualidades maternas, como prolificidad y capacidad lechera e inmejorables aptitudes cárnicas, buena conformación de la canal, rápido crecimiento, excelente conversión alimenticia y elevada ganancia de peso.

Es una raza de talla media, muy pesada, fuerte, con lomos largos, pecho amplio y excelente desarrollo muscular. Los machos adultos pesan entre 110 y 140 kg y las hembras de 80 a 100 kg.

3.2 HETEROSIS: IMPORTANCIA EN LA PRODUCCIÓN OVINA

De manera conceptual la heterosis, mediante la cruce de individuos de origen genético distinto (especies, razas o líneas dentro de razas), es un término utilizado en genética y en el mejoramiento selectivo tanto de animales como de plantas y produce el “vigor híbrido” que se define como la diferencia del comportamiento promedio de la progenie mestiza con respecto al promedio de los padres. (Fitch, 2007; Leymaster, 2002). Magofke y García (2002) señalan que los logros de un buen programa de cruzamiento para la producción animal dependerán de la magnitud del vigor híbrido y la productividad de las razas que den origen a los mestizos; de esta última premisa deriva la importancia de poder elegir las razas más productivas para una situación en particular.

Las especies tienen un número definido e invariable de cromosomas; tanto éstos como los genes se disponen en pares. A estos pares de cromosomas se les denomina cromosomas homólogos, ya que presentan los genes dispuestos en un orden similar y además tienen igual forma y tamaño. Estos pares contienen dos copias de cada gen y se encuentran situados en un punto específico llamado *locus*.

Los dos genes del par de cromosomas homólogos no siempre son idénticos, ya que la secuencia del ADN puede variar. A las distintas versiones de un gen ubicado en un *locus* se le denomina alelo. Puede existir una relación simple entre un gen determinado y un carácter específico; o un gen puede participar en el control de dos o más caracteres del cuerpo; o muchos genes pueden influir regulando la exteriorización de un solo carácter. Las variables del valor comercial como la producción de leche, carne, huevos, lana, etc., y las medidas de productividad se encuentran influidas por muchos pares de genes diferentes.

La heterosis fluctúa comúnmente entre valores de 0 y 40%; dando como resultado las siguientes clasificaciones:

- Valores bajos entre 0 y 9%
- Valores medios entre 10 y 19%
- Valores altos entre 20 y 30%
- Valores muy elevados aquellos que superan el 30%.

El mayor éxito obtenido con cruzamientos en animales es en producción de carne que presenta un nivel de heterosis del 17.8%. La magnitud del vigor híbrido en caracteres tales como el peso al nacer, incremento de peso nacimiento-destete, fertilidad en machos y hembras y mortalidad tanto intrauterina como entre el nacimiento y el destete tiene por lo general magnitudes inferiores al 10%.

3.3 USO DE LA HETEROSIS EN LA PRODUCCIÓN DE GANADO

En países industrializados, el uso práctico de la heterosis en la productividad del ganado ha sido apreciado durante mucho tiempo por los productores a nivel comercial. En la producción animal, el uso de la heterosis generalmente se refiere a la cruce de sementales de razas cárnicas con madres de razas con buenas habilidades reproductoras con el fin de obtener crías con una elevada tasa de crecimiento, canales de mejor calidad y mayor proporción de carne que permitan rendimientos elevados al despiece (Notter, 2000; Novelo *et al.*, 2007; Finti Furnols *et al.*, 2009; Shrestha *et al.*, 2007; Schoeman *et al.*, 2010). Las razas cárnicas son utilizadas en su mayoría como línea paterna, ya que son más grandes y producen canales mejores (Leymaster, 2002). Sin embargo, las razas cárnicas no están tan bien adaptadas a muchas de las condiciones bajo las cuales se produce ganado ovino (Fitch, 2007).

Kempster (1989) señala que el valor de la canal ovina depende principalmente del peso, la conformación, la distribución de tejidos, el grosor del músculo y la calidad de la carne. Una de las determinantes de la calidad de la carne y de la canal es la edad al sacrificio. La edad influye en la madurez

fisiológica del animal, lo cual repercute en la composición corporal y por ende en la calidad de la carne. Las características que pueden ser medidas *post-mortem* son más relevantes para reflejar algunos de los efectos que tiene el proceso de matanza en las características de la calidad de la carne, tales como la suavidad (Lambe *et al.*, 2009).

La maduración de los diferentes componentes del cuerpo presenta diferentes patrones dependiendo de la tasa de crecimiento, el estado de desarrollo, el genotipo y el sexo (Black, 1989); conforme los animales van creciendo el depósito de grasa se hace más evidente, comenzando por grasa interna, subcutánea, intermuscular y por último la intramuscular (Judge *et al.*, 1988 y Caro *et al.*, 1999). Por lo anterior, se prefieren animales jóvenes a los de edad avanzada.

Para el consumidor las características sensoriales y el valor nutricional son propiedades importantes de la carne. El tipo y la cantidad de grasa contenida en la carne influyen tres de sus atributos, que son la suavidad, el sabor y la jugosidad (Webb y O'Neill, 2008; Indurain *et al.*, s.f.). Se han estudiado los efectos que tienen la raza y el peso al sacrificio sobre la acumulación y el perfil de ácidos grasos en el tejido adiposo. Por ejemplo, el espesor del tejido adiposo subcutáneo es diferente entre razas y aumenta con el incremento del peso al sacrificio (Martínez-Cerezo *et al.*, 2002; Zea Salgueiro *et al.*, 2008). La grasa en el ganado ovino se caracteriza por un alto contenido de ácidos grasos saturados y bajo contenido de ácidos grasos poliinsaturados (Manso *et al.*, 2009). Los lípidos, ya sea en el tejido adiposo o muscular, tienen un papel primordial en la generación del aroma cárnico y son centrales para el sensorial de la carne (Hui *et al.*, 2006). La aceptación y percepción de la calidad de la grasa varía significativamente en términos de calidad, color, consistencia y composición química.

Estudios previos sobre el rendimiento y características de la canal en ovinos de pelo (Katahdin, Pelibuey) y sus cruzas con razas lanares (Suffolk, Dorset, Rambouillet, Hampshire Down, Dorper, Charollais y Texel) realizados en el

Centro Nacional de Investigación en Fisiología y Mejoramiento Animal del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) señalan que el uso de cruzamientos terminales es una alternativa utilizada para mejorar el desempeño productivo de animales destinados al abasto y la calidad del producto final. El cruzamiento permite generar canales con rendimientos más elevados y con diferentes características en su morfología y estructura; lo que conlleva a poder satisfacer las distintas preferencias del mercado (Busetti *et al.*, 2007). Partida (2009), menciona que la cruce de ovejas Katahdin y Charollais comparadas con las realizadas entre Katahdin y Dorper, Katahdin y Suffolk y Katahdin con Texel, permitió generar un ganado con mayor peso (7, 10 y hasta 15 kg más que las cruces mencionadas respectivamente), mejor rendimiento en canal (3% más rendimiento que los corderos Katahdin x Texel) y obtener el área del ojo de chuleta más grande (17 cm² en corderos Katahdin x Charollais comparado con 15.9, 15.5 y 13.9 para corderos con cruce Dorper, Suffolk y Texel).

3.4 USO DE PROMOTORES DEL CRECIMIENTO EN LA PRODUCCIÓN OVINA

Se ha demostrado que el uso de promotores de crecimiento en producción animal genera mejoras en algún modo en los procesos metabólicos, por ejemplo modificando la fermentación ruminal, o reduciendo la acumulación de grasa corporal, lo que normalmente debiera mejorar la rentabilidad de las actividades pecuarias (Del Real; Baker *et al.*, 1984; Shelver *et al.*, 2005; Dikeman, 2007; Nourozi *et al.*, 2008). Particularmente, el uso de β -agonistas adrenérgicos mejora el rendimiento en canal, estimula el crecimiento de tejido magro mientras que limita el de grasa de varias especies domésticas (cerdo, aves, bovinos y ovinos) (Sumano *et al.*, 2002).

La acumulación de grasa en el animal es una de las causas que reduce la eficiencia biológica del sistema de producción y por ende, disminuye la rentabilidad de la empresa porque se requieren altos niveles de energía para su depósito (Baker *et al.*, 1984). La tendencia actual en la producción animal se orienta hacia un incremento de la masa muscular y la producción de carne más magra. Sin embargo, en términos de calidad de la carne, la grasa es un factor cuya contribución es de suma importancia en cuanto a las características de sabor, jugosidad, aroma y suavidad, y la calidad de la misma se encuentra dada por la cantidad, el color, la consistencia y la composición química (Webb y O'Neill, 2008).

En bovinos el uso de agonistas β -adrenérgicos como el clenbuterol, como promotores del rendimiento productivo, induce un aumento de la presión sanguínea, un incremento transitorio de la frecuencia cardíaca durante aproximadamente 24 horas e incremento en la tasa metabólica (Sumano *et al.*, 2002). Además, se evidencia alteración en la composición de ácidos grasos en novillos. Una gran proporción de ácido oleico fue depositado en grasa subcutánea en estudios de suplementación con β -agonistas, así como alteraciones en la composición de ácidos grasos a nivel del músculo *L. dorsi* particularmente por su efecto oxidante en el ácido palmítico (C16:0), ácido palmitoleico (C16:1) y ácido oleico (C18:1) (Webb y O'Neill, 2008).

Existen estimuladores de agonistas β -adrenérgicos tanto fisiológicos como sintéticos. Entre los fisiológicos se encuentran las catecolaminas, norepinefrinas (neurotransmisor molecular sintetizado a partir de tirosina) y epinefrinas (neurotransmisor producto de una metilación de norepinefrina).

En producción animal, se señala a los β -agonistas adrenérgicos (β AA) como promotores de redistribución de energía, promoviendo que ésta se deposite en unos tejidos en lugar de otros; y los definen como agentes químicos que actúan a nivel de los receptores adrenérgicos asociados a la proteína G, derivando la energía de los alimentos y de la lipólisis hacia la síntesis proteínica (De la Garza *et*

al., 2005). Dentro de estos β AA, en México se han usado algunos como el clorhidrato de zilpaterol en bovinos y ovinos.

Cada agonista contiene grupos constituyentes específicos que le brindan una diferencia farmacocinética, la cual determina la magnitud del efecto y la persistencia de residuos en los tejidos. Esta diferenciación consiste en grupos hidroxilo, halógenos, aminas, grupos hidroximetilos, cianos o combinaciones de estos que afectan la afinidad de los agonistas y sus receptores.

Los receptores β -adrenérgicos ($R\beta$ -A) se encuentran incrustados en la membrana plasmática de casi todos los tipos de células de mamíferos. Existen tres tipos diferentes de $R\beta$ -A: β 1, β 2 y β 3 los cuales se encuentran distribuidos en todos los tejidos y varían dependiendo de las especies. En el ganado bovino y ovino, el tipo de receptor predominante encontrado en el músculo esquelético y tejido graso es el β 2. Los subtipos 1 y 2 incrementan el adenosin monofosfato cíclico (AMPc); estos receptores consisten en una proteína que atraviesa la membrana celular siete veces, formando tres asas intracelulares y tres extracelulares a las que se unen la adrenalina y la noradrenalina (Domínguez-Vara *et al.*, 2009; Sissom, 2009; Sumano *et al.*, 2002).

La intervención de la proteína G activa a la enzima adenilciclase (AC) y en consecuencia incrementa la actividad del segundo mensajero intracelular, el AMPc. Éste actúa sobre un efector secundario llamado proteinkinasa (PKA) el cual modifica el funcionamiento celular para generar otros efectos.

En ganado, estas enzimas están involucradas en la síntesis y degradación de proteína, lipogénesis y lipólisis (Baker *et al.*, 1984; Webb y O'Neill, 2008).

El efecto sobre tejido adiposo se puede describir de la siguiente manera: los β AA aumentan marcadamente el catabolismo de los lípidos en el adipocito reduciendo e impidiendo la deposición de grasa. La activación de los receptores β AA causa un aumento en el AMPc, que activa la proteinkinasa A, la cual a su vez, fosforila la hormona sensible a la lipasa y es la lipasa fosforilada que

en su forma activa, inicia la lipólisis. Los ácidos grasos son producidos y exportados del adipocito para ser usados como fuentes oxidativas por otros tejidos. Un aumento en el catabolismo (lipólisis) y una reducción en el anabolismo (lipogénesis) de los lípidos en el adipocito, conducirán a una atrofia del adipocito y en consecuencia a una reducción del depósito de grasa en la canal. En ovejas, la respuesta al uso prolongado de β AA no es clara. Varios autores han indicado que los efectos de los β AA en el tejido adiposo son menores que en el músculo (Sumano *et al.*, 2002).

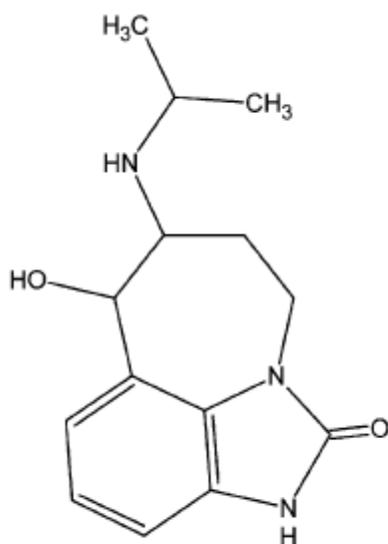
Estas respuestas enzimáticas son algunos de los modos específicos en que la activación de los R β -A dan como resultado un incremento en la lipólisis vía la lipasa sensitiva y disminuye la lipogénesis vía Acetil-CoA carboxilasa (Sissom, 2009).

En tejido muscular, los β AA aumentan la perfusión sanguínea hacia el músculo, promoviendo una mayor disponibilidad de energía y aminoácidos. En consecuencia, aumentan la síntesis y retención de proteína que favorece la hipertrofia muscular, principalmente en los músculos del cuarto trasero del animal (Domínguez-Vara *et al.*, 2009). Se sugiere que los β AA pueden contribuir al incremento de masa muscular magra debido a que actúan sobre el complejo calpaina – calpastatina, disminuyendo la degradación proteica (Baxa, 2008). En ovinos y bovinos, se ha observado que aumenta el peso de los músculos en 40% y que la magnitud de la respuesta varía dependiendo del β AA suministrado así como de la influencia de factores como la especie, la raza, la edad, el sexo y la dieta (Mersmann, 2002).

3.4.1 Clorhidrato de zilpaterol

El clorhidrato de zilpaterol es un producto que se encuentra autorizado para su uso comercial en actividades pecuarias y está disponible en México, Sudáfrica y Estados Unidos (FDA, NADA 141-258) bajo el nombre comercial de Zilmax* (Shelver *et al.*, 2005; Dikeman, 2007; Delmore *et al.*, 2010).

Los límites máximos de residuos en ppb, para los diferentes tejidos comestibles son: hígado y riñón 30, tejido adiposo 20 y músculo 1 (Shelver *et al.*, 2006; Domínguez-Vara *et al.*, 2009), por lo que este β AA se considera de bajo riesgo asociado con el consumo de tejidos de animales tratados. Sin embargo, el tratamiento con zilpaterol puede afectar adversamente la dureza y otras características de palatabilidad de la carne (Leheska *et al.*, 2009; Dikeman, 2007) asociado a su efecto en el sistema proteolítico de degradación de proteínas.



Zilpaterol

Se han reportado en ganado bovino rendimientos en canal de 61.7% y un aumento en el área del ojo de la costilla hasta del 15% (Intervet México, S. A de C.V., 2006) y los niveles de residuo en tejidos son muy bajos comparados con otros β -agonistas (Sumano *et al.*, 2002).

La suplementación con zilpaterol incrementa el peso de la canal hasta 4% y el área del *Longissimus* en 2.7%. También se reportan efectos en el grosor de la grasa de cobertura y el grado de marmoleo (Montgomery *et al.*, 2009). Además, aumenta los valores de fuerza de corte. Recientes estudios en ganado bovino indica que la administración de zilpaterol redujo la expresión de MHC mRNA en el músculo esquelético, lo que puede resultar en una reducción de la degradación de proteína (Sumano *et al.*, 2002).

*Marca registrada por Intervet S.A. de C.V

El zilpaterol farmacológicamente en el ser humano, ya que se biotransforma y depura con rapidez, tanto que es imposible considerar que induzca efectos cardiovasculares adversos o de otra índole, aun consumiendo productos de origen animal provenientes de sistemas en los que no se guardó ningún período de retiro (Sumano *et al.*, 2002). Los niveles de zilpaterol en tejidos disminuye a medida que aumenta el “tiempo de espera” antes del faenado. Shelver y Smith (2006) reportan residuos en riñón de 29.6, 1.10, 0.09 ng/g y por debajo de los límites de detección para los tiempos de espera de 0, 2, 5 y 9 días respectivamente; y a nivel muscular los niveles de residuo fueron de 13.3, 0.86, 0.12 y 0.08 ng/g para el mismo período de espera señalados anteriormente.

4 MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 ANIMALES EXPERIMENTALES

El trabajo de investigación se desarrolló en las instalaciones del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal – INIFAP (Querétaro, México) del INIFAP, en colaboración con el rancho “Floher”. Se empleó un hato base de 200 ovejas de pelo Katahdin (K) que fueron empadradas con sementales de las razas Dorper (D) y Charollais (Ch). Las hembras se sincronizaron y posteriormente se inseminaron por laparoscopia con semen fresco de, al menos, 5 diferentes sementales (no emparentados) de cada raza.

Los corderos se pesaron al momento del nacimiento y se identificaron con arete. Se pesaron al momento del destete y se dividieron en dos grupos de acuerdo con su genotipo y posteriormente cada grupo se dividió en 4 subgrupos, uno para cada uno de los tratamientos.

Cruzamiento	Katahdin x Charollais				Katahdin x Dorper			
Peso al sacrificio (kg)	45		50		45		50	
Zilpaterol (mg/kg PV)	0.0	0.15	0.0	0.15	0.0	0.15	0.0	0.15
No. de observaciones	8	8	9	8	8	5	9	6

Todos los corderos estuvieron sujetos a un mismo tipo de manejo y recibieron una dieta integral, a partir del destete a una edad y peso promedio de 78 días y 22 kg respectivamente, formulada para proporcionarles 14% de PC y 2.9 Mcal de EM/kg MS a libre acceso. El alimento estuvo elaborado con base en sorgo (47.25%), melaza (20.0%), alfalfa acicalada (11.0%), rastrojo de maíz (8.0%), canola (6.5%), pasta de soya (4.0%) y una mezcla de sales minerales y urea (3.25%).

El experimento contó con un total de 33 borregos de la cruce Katahdin x Charollais (KCh) y 28 borregos de la cruce Katahdin x Dorper (KD). Se registró el peso al nacimiento, al destete y posteriormente cada semana hasta alcanzar los pesos estipulados (45 y 50 kg), así como la ganancia diaria promedio en cada uno de esos periodos y luego se ajustaron los pesos a los 90 días y a los 120 días.

A la mitad de los corderos de cada genotipo se les adicionó clorhidrato de zilpaterol (Z) en el alimento en una dosis que permitiera un consumo diario de 0.15 mg por kg de peso vivo. Esta mezcla se les ofreció a libre acceso durante un periodo de 30 días previos al sacrificio, retirando el producto tres días antes de efectuar la matanza.

4.2 MEDICIONES DE LA CANAL

Al alcanzarse los pesos estipulados, los corderos se trasladaron al rastro municipal TIF No. 412 en “San José el Alto”, Querétaro, en donde fueron sacrificados, previo aturdimiento con pistola de émbolo oculto. Después de la matanza se registró el peso de la canal caliente (PCC), se determinó el peso del tracto gastrointestinal lleno y vacío para conocer el peso vivo vacío y determinar el rendimiento verdadero en canal (peso de la canal/peso vivo vacío x 100). Después de mantenerse las canales en refrigeración a 4 °C durante 24 h *postmortem* sacrificio, se pesaron para obtener el peso de la canal fría (PCF).

Se realizó la morfometría de la canal como lo describen Cañequé y Sañudo (2005), obteniéndose las mediciones de: longitud de la pierna (F), longitud interna de la canal (L), profundidad del tórax (Th) y perímetro de la grupa (B). Se determinó el Índice de compacidad de la canal dividiendo su peso (kg) entre su longitud (cm).

También, las canales fueron clasificadas bajo los lineamientos establecidos en la Norma Mexicana NMX-FF-106-SCFI-2006, con una modificación en la conformación que nos permitió tener una mayor precisión quedando de la siguiente forma:

+	Excelente	-	+	Buena	-	+	Deficiente	-
9	8	7	6	5	4	3	2	1

A las 24 h después del sacrificio se midió el pH de la canal a partir de una muestra del músculo *Longissimus dorsi* que se tomó a la altura de la décima vértebra torácica.

Con ayuda de un colorímetro Konica Minolta CR-400 se midió el color de la grasa subcutánea sobre el maslo de la cola y del músculo *Longissimus dorsi* a la altura de la décima vértebra torácica. Además, se realizó un corte transversal sobre éste mismo músculo a nivel de la 13^a vértebra torácica y se dibujó su contorno en un papel acetato para medir posteriormente sus dimensiones con un planímetro digital Planix® 6. Así mismo, se tomaron de cada canal seis muestras de las vértebras torácicas (de la 9^a a la 13^a) para la realización de los análisis de laboratorio (química proximal, fuerza de corte, compresión, capacidad de retención de agua) y la evaluación sensorial de la carne. Todas las muestras fueron empacadas al vacío en una empacadora ToRey® EV-4ECO y congeladas a -18 °C. Además, se separó la espaldilla izquierda para ser diseccionada y poder determinar su composición tisular.

4.3 MEDICIONES DE LA CALIDAD DE LA CARNE

4.3.1 Capacidad de retención de agua

Se realizó tomando una muestra de 3 g de carne del músculo *Longissimus dorsi*, que se mantuvo en refrigeración durante 24 horas posteriores al sacrificio. Se utilizó el procedimiento de pérdida por compresión descrito por Torres en Cañeque y Sañudo (2005), con la variante de que el papel filtro fue doblado a la mitad, de modo que la muestra quedara cubierta completamente por el papel para que éste absorbiera en su totalidad el agua liberada. La muestra de carne fue colocada en un papel filtro y sometida a una presión de 2.25 kg durante 5 min. El resultado de la prueba se expresó como porcentaje de agua expelida.

4.3.2 Fuerza de corte

Cada muestra de lomo fue descongelada manteniéndola a 4 °C durante 24 horas. Posteriormente, se eliminó de la chuleta el exceso de tejido conjuntivo y graso, se envolvió cada muestra en papel aluminio debidamente identificado y se colocó en bolsa plástica para su cocción en baño maría a 70 °C durante 1 hora. Pasado este tiempo, las muestras se dejaron enfriar a temperatura ambiente durante 30 minutos.

De cada chuleta se extrajeron de 3 a 4 submuestras de tamaño homogéneo (1x1x4 cm), asegurándose de que la dirección de las fibras musculares fuera paralela a la longitud de la submuestra. En la determinación de la fuerza de corte se empleó un texturómetro “Stable Micro Systems” TA. XT-Plus equipado con la cizalla Warner-Bratzler. Previamente, el equipo fue calibrado según indicaciones del programa del fabricante con las siguientes especificaciones: velocidad pre-test de 1mm/seg; velocidad de prueba de 2mm/seg; fuerza mínima para comenzar a graficar de 0.5g; distancia recorrida por cuchilla de 31 mm.

4.3.3 Compresión

Cada muestra de lomo fue descongelada a 4 °C durante 24 horas. Posteriormente, se eliminó de la chuleta el exceso de tejido conjuntivo y graso. De cada chuleta cruda se extrajeron de 3 a 4 submuestras de tamaño homogéneo (1x1x4 cm), asegurándose de que la dirección de las fibras musculares fuera paralela a la longitud de la submuestra. Para medir la compresión se empleó un texturómetro “Stable Micro Systems” TA. XT-Plus utilizando el implemento Lepetit-Theix. Se registró la fuerza requerida para comprimir la muestra de carne al 20% y al 80% del recorrido del implemento.

4.4 ANÁLISIS QUÍMICO

Consistió en la determinación de la composición química porcentual de la carne: proteína, grasa, humedad y cenizas. Para todas las pruebas se utilizaron muestras tomadas del músculo *L. dorsi* conservado en congelación a -18 °C hasta el momento de su utilización. Las muestras fueron descongeladas a temperatura constante de 4 °C durante 24 horas.

Posterior a su descongelación cada muestra fue procesada (molida) para su homogenización durante 30 segundos y conservada en refrigeración hasta su utilización en las pruebas.

4.4.1 Determinación de proteína

Se pesaron 2 ± 0.05 g de carne molida para cada tubo Kjeldahl adicionado con dos pastillas de indicador de proteína (3.5 g K_2SO_4 , 0.4 g $CuSO_4 \cdot 5H_2O$) y 14 ml de ácido sulfúrico. Para el proceso de digestión se utilizó un digestor de

proteína con rampa de temperatura para evitar derrame de la muestra. La rampa consistió en someter la muestra a 240 °C durante 10 minutos, a 280 °C durante 20 minutos y finalmente a 400 °C durante 1 hora. Después de digeridas y enfriadas las muestras, se les adicionaron 20 ml de agua destilada.

Para la destilación se prepararon las diferentes soluciones necesarias para dicho proceso: ácido clorhídrico (HCl), ácido bórico (H_3BO_3), hidróxido de sodio (NaOH) e indicadores rojo de metilo y verde de bromocresol.

Acido clorhídrico (N2): 16.6 g de HCl en 1lt de agua destilada

Ácido bórico (4%): 40g de H_3BO_3 en 1lt de agua destilada

Acido bórico (1%): 250 ml de H_3BO_3 al 4% en 750 ml de agua destilada, adicionado con 7 ml de rojo de metilo y 10 ml de verde de bromocresol, ambos indicadores previamente disueltos 0,1 g de cada uno en 100 ml de metanol.

Hidróxido de sodio: 400 g de NaOH en 1 lt de agua destilada

Para la determinación de la Normalidad del ácido clorhídrico se utilizaron 0.26 g de Na_2CO_3 titulado con HCl. La destilación se realizó en un destilador de proteína Kjeldahl (Kjeltec™ 2300).

4.4.2 Determinación de grasa

Se pesaron 2 ± 0.05 g de carne molida y 5 ± 0.05 g de arena de mar de grano fino en cada dedal, previamente seco en horno a 105 °C durante 2 h. Dicho conjunto se puso a secar por 2 h en horno a 105 °C. En cada vaso del equipo Soslex, previamente pesado, se agregaron 80 ml de éter de petróleo. Se colocaron las muestras en el equipo en la función 150 °C 0:50 0:30 0:10 0:10.

Una vez terminado el proceso, se sacaron los vasos con el residuo de grasa extraído de cada muestra y se colocaron en la campana de extracción por 1

h y posteriormente se introdujeron en un horno a 105 °C por 1 h más. Después, se efectuó el pesaje y se hicieron los cálculos para determinar el porcentaje de grasa.

Cálculo de % extracto etéreo

$$\% \text{ Ex. etéreo} = 100 - \left[\left(\frac{P3 - P1}{P2} \right) \times 100 \right]$$

P1: Peso (g) del vaso y residuo graso

P2: Peso (g) del vaso vacío

P3: Peso (g) de la muestra

4.4.3 Determinación de humedad y ceniza

En vasos de precipitado de 50 ml previamente secos en estufa a 105 °C por 17 h se pesaron 2 (± 0.05) g de carne molida y se colocaron en estufa a 105 °C por 17 h.

Cálculo de %Humedad

$$\% \text{ Humedad} = 100 - \left[\left(\frac{P3 - P1}{P2} \right) \times 100 \right]$$

P1: Peso (g) del vaso y la muestra después de 17 h en estufa

P2: Peso (g) del vaso vacío

P3: Peso (g) de la muestra

Después de pesadas las muestras utilizadas para determinar humedad se colocaron en la mufla a 600 °C durante 5 h. Se dejó enfriar y se registró el peso.

Cálculo de % Ceniza

$$\% \text{ Ceniza} = \left(\frac{P3-P1}{P2} \right) \times 100$$

P1: Peso (g) del vaso y la muestra después de 5h en mufla

P2: Peso (g) del vaso vacío

P3: Peso (g) de la muestra

4.5 ANÁLISIS SENSORIAL

Se realizó una prueba comparativa múltiple de consumidores con 6 muestras simultáneas en las que se evaluaron las características de sabor, jugosidad, suavidad y aceptación general. Se utilizó una escala hedónica del 1 al 7, donde 1 indica “me disgusta mucho” y 7 “me gusta mucho”. Se utilizó un panel de 60 consumidores de ambos géneros con edad promedio de 32.8 años y con hábito de consumir carne de cordero.

Las muestras fueron conservadas al vacío y en congelación a -20 °C hasta un día antes de la prueba. Se descongelaron por 24 horas a 4 °C. Se precalentó una parrilla de doble placa “Milan Toast” a 200 °C donde se cocinaron las chuletas de cada muestra envueltas en papel aluminio hasta alcanzar una temperatura interna de 70 °C. De cada chuleta se cortaron cubos de 1 cm³ aproximadamente y se envolvieron en papel aluminio debidamente identificado y fueron conservados en baño maría a 60 °C hasta el momento de la prueba.

4.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizó un diseño completamente al azar. Para el análisis de varianza (ANOVA) se tuvo en cuenta el efecto de la craza (Katahdin x Charollais y Katahdin x Dorper), el peso al sacrificio (45 kg y 50kg) y el uso del clorhidrato de zilpaterol como promotor de crecimiento (0.0mg/kg PV y 0.15mg/kg PV), usando el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS. Para determinar el efecto del clorhidrato de zilpaterol sobre el desempeño de los animales, se realizó un análisis de covarianza introduciendo como covariable el peso que tenían los corderos cuando iniciaron el consumo de zilpaterol y como variable de respuesta el peso que obtuvieron después de 33 días de consumo del producto, que fue cuando se realizó el sacrificio (3 días de descanso).

5 RESULTADOS

5.1 ETAPA DE DESARROLLO DE LOS CORDEROS

El Cuadro 1 muestra las variables de crecimiento de los corderos producto de las cruzas de madres Katahdin por padres Charollais o Dorper. No se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre genotipos en los pesos al nacimiento y ni en los pesos ajustados a los 90 y 120 días ($P>0.05$). Tampoco se observaron diferencias significativas ($P>0.05$) en la ganancia diaria promedio entre genotipos ni entre pesos al sacrificio. Pero si se pudo apreciar un efecto del genotipo sobre la ganancia diaria promedio en todo el período de estudio, que va del nacimiento al sacrificio presentando una diferencia del 4.8% a favor de los corderos de la craza Katahdin x Dorper (KD). También el peso al sacrificio originó un efecto significativo ($P<0.05$) sobre las ganancias diarias promedio, tanto en el periodo del destete al sacrificio, como en la etapa completa que va del nacimiento hasta el sacrificio, siendo más elevadas las ganancias en los animales sacrificados con un mayor peso (Cuadro 1).

Cuadro 1. Comportamiento productivo de corderos de las cruzas Katahdin x Charollais y Katahdin x Dorper.

Variables	Cruza Katahdin x		Peso al sacrificio (kg)	
	Charollais	Dorper	45	50
<i>n</i>	33	28	29	32
<i>Peso (kg)</i>				
Nacimiento	4.02±0.15 _a	3.57±0.17 _a	3.66±0.16 _a	3.93±0.16 _a
90 días*	25.79±1.31 _a	25.42±1.41 _a	24.85±1.39 _a	26.35±1.32 _a
120 días*	33.11±1.77 _a	32.70±1.89 _a	31.95±1.87 _a	33.86±1.78 _a
Edad al sacrificio (días)	163.8±2 _a	158.2±2 _a	160.5±2 _a	161.6±2 _a
<i>GDP (g)</i>				
Nacimiento-sacrificio	271±3 _a	284±4 _b	263±4 _a	291±3 _b
Destete-sacrificio	311±5 _a	314±5 _a	302±5 _a	323±5 _b

Letras diferentes en la misma variable indican diferencia significativa ($P<0.05$). GDP=ganancia diaria promedio. *=Peso ajustado.

Los resultados del Cuadro 2. muestran el efecto de la raza y el clorhidrato de zilpaterol sobre el peso al sacrificio; no hubo un efecto significativo del clorhidrato de zilpaterol sobre los pesos al sacrificio en los cruzamientos KCh, pero si se observó un efecto de este producto en detrimento del peso de los animales KD sacrificados con 45 kg ($P < 0.05$), lo cual podría sugerir que hay una interacción entre el genotipo y el efecto que puede tener el clorhidrato de zilpaterol.

Cuadro 2. Efecto de la triple interacción entre los efectos de la raza, el clorhidrato de zilpaterol y el peso al sacrificio (PS) de corderos de las cruzas Katahdin x Charollais y Katahdin x Dorper.

Variable	Katahdin x							
	Charollais				Dorper			
	45 kg		50kg		45kg		50kg	
Z	SZ	Z	SZ	Z	SZ	S	SZ	
PS (kg)	44.9±0.6 _d	44.8±1.2 _d	51.4±1.2 _a	50.6±2.1 _{ab}	44.2±1.8 _d	46.8±0.9 _c	50.2±1.6 _{ab}	49.2±2.6 _b

Letras diferentes en la misma variable indican diferencia significativa ($P < 0.05$).

PS = Peso al sacrificio.

Z = 0.15 mg/kg PC.

SZ = 0 mg/kg PC.

5.2 CARACTERISTICAS DE LA CANAL DE LOS CORDEROS

Los rendimientos mostrados en el Cuadro 3, tanto comercial como verdadero, presentaron la misma diferencia significativa ($P < 0.01$) para los diferentes pesos al sacrificio, siendo el rendimiento mayor en los animales sacrificados a los 50 kg. De manera similar, se observa para ambas cruzas una diferencia significativa en el aumento del rendimiento entre los animales que recibieron zilpaterol y los que no lo recibieron ($P < 0.01$ en rendimiento comercial y $P = 0.017$ en rendimiento verdadero), siendo mayor en los animales que recibieron el promotor. Al comparar las cruzas, no se encontró diferencia significativa en rendimiento verdadero (57.5 % promedio).

Cuadro 3. Rendimiento en canal de corderos Katahdin x Charollais y Katahdin x Dorper finalizados a dos pesos de sacrificio, con o sin clorhidrato de zilpaterol.

Rendimiento (%)	Cruza (Katahdin x)		Peso (kg)		Clorhidrato de zilpaterol (mg/kg)	
	Charollais	Dorper	45	50	0.0	0.15
Comercial	53.00±0.30 _a	52.70±0.33 _a	51.90±0.32 _a	53.90±0.31 _b	52.10±0.30 _a	53.70±0.33 _b
Verdadero	57.60±0.32 _a	57.40±0.36 _a	56.30±0.34 _a	58.70±0.34 _b	56.80±0.36 _a	58.10±0.36 _b

Letras diferentes en la misma variable indican diferencia significativa (P<0.05)

El Cuadro 4 muestra el efecto del zilpaterol en las mediciones de la canal de los diferentes tratamientos. La evaluación de conformación mostró que los animales más pesados tuvieron mejor conformación (P<0.05) sin embargo, todos los animales fueron clasificados entre 6 y 7, lo que indica que son canales consideradas buenas o excelentes; todas con buena aceptabilidad en el mercado. La interacción de la raza y el peso mostró que los animales Katahdin x Charollais sacrificados a 50 kg tuvieron mejor evaluación de conformación en comparación con los demás corderos (Figura 1).

Cuadro 4. Efectos mayores de raza, peso al sacrificio y uso o no del clorhidrato de zilpaterol sobre las características de la canal de corderos cruzados Katahdin x Charollais y Katahdin x Dorper.

Variable	Cruza (Katahdin x)		Peso(kg)		Clorhidrato de zilpaterol (mg/kg)		INT
	Charollais	Dorper	45	50	0.0	0.15	
PCC (kg)	25.51±0.24 _a	25.16±0.26 _a	23.46±0.25 _a	27.07±0.24 _b	24.99±0.26 _a	25.80±0.23 _b	PxZ
PCF (kg)	24.67±0.27 _a	24.53±0.30 _a	22.91±0.29 _a	26.15±0.28 _b	24.35±0.27 _a	24.94±0.30 _a	---
Conformación	6.90±0.14 _a	6.80±0.16 _a	6.60±0.15 _a	7.10±0.15 _b	7.00±0.14 _a	6.80±0.16 _a	RxP
Perímetro de grupa (cm)	66.42±0.32 _a	67.94±0.36 _a	66.37±0.35 _a	69.85±0.33 _b	67.72±0.32 _a	68.81±0.36 _b	RxZ
Profundidad del tórax (cm)	26.50±0.27 _a	26.19±0.29 _a	25.96±0.29 _a	26.71±0.27 _a	26.19±0.26 _a	26.57±0.30 _a	---
Largo de canal (cm)	65.68±0.32 _a	65.09±0.36 _a	64.36±0.35 _a	66.36±0.33 _b	65.64±0.32 _a	65.12±0.37 _b	---
Índice de Compacidad	0.37±0.01 _a	0.38±0.01 _a	0.37±0.01 _a	0.38±0.01 _a	0.37±0.01 _a	0.38±0.01 _a	---

Letras diferentes en la misma variable indican diferencia significativa (P<0.05)

PCC= peso (kg) canal caliente; PCF= peso (kg) canal fría.

INT=Interacciones positivas RxP (raza x peso); RxZ (raza x promotor); PxZ (peso x promotor); RxPxZ (raza x peso x promotor).

No hubo diferencia significativa ($P>0.05$) en la profundidad del tórax, pero sí en la longitud de canal; siendo las canales más pesadas las más largas ($P<0.05$). El índice de compacidad no presentó diferencias significativa ($P>0.05$) entre los genotipos, pesos de sacrificio y uso del promotor, resultando en promedio un valor de 0.37.

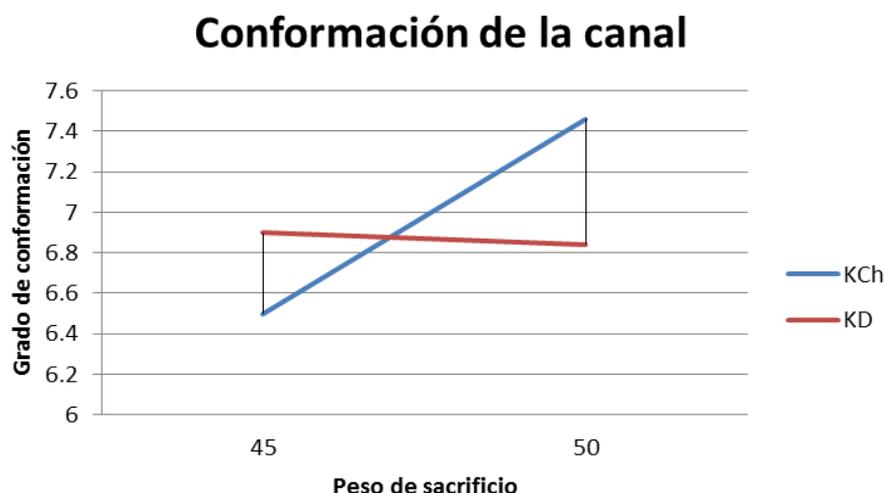


Figura 1. Efecto del tipo de cruce y el peso a sacrificio en la conformación de la canal.

El Cuadro 5 muestra el efecto del peso de sacrificio y del clorhidrato de zilpaterol sobre la composición tisular de corderos Katahdin x Charollais y Katahdin x Dorper. No se encontraron diferencias significativas ($P>0.05$) entre los genotipos en cuanto a la composición tisular. Sin embargo, el aumento del peso de sacrificio significó un aumento en el porcentaje de grasa ($P<0,05$) de los animales sacrificados a 50 kg. Pero las principales diferencias significativas se observaron entre los animales que no recibieron el promotor y los que si lo recibieron, de modo que el porcentaje de grasa disminuyó significativamente ($P<0,05$) de 12.4% a 9.6% con el uso del promotor. Se evidencia también un aumento significativo ($P<0.05$) en el porcentaje de músculo con el uso del promotor ($61.2 \pm 0.42\%$ vs $65.8 \pm 0.48\%$).

Al comparar el efecto de las razas paternas, se pudo ver una tendencia en la que los corderos de la craza KD tuvieron menor porcentaje de grasa que los KCh.

Cuadro 5. Efecto del peso al sacrificio y el clorhidrato de zilpaterol sobre la composición tisular de corderos Katahdin x Dorper y Katahdin x Charollais.

Variables	Cruza (Katahdin x)		Peso (kg)		Clorhidrato de zilpaterol (mg/kg)		INT
	Charollais	Dorper	45	50	0.0	0.15	
Hueso (%)	23.8±0.28 _a	23.9±0.31 _a	24.1±0.31 _a	23.7±0.29 _a	24.6±0.28 _a	23.2±0.32 _b	---
Grasa (%)	11.2±0.46 _a	10.9±0.51 _a	10.3±0.50 _a	11.8±0.47 _b	12.4±0.46 _a	9.6±0.52 _b	---
Músculo (%)	63.4±0.49 _a	63.6±0.47 _a	63.8±0.46 _a	63.2±0.44 _a	61.2±0.42 _a	65.8±0.48 _b	---
Hueso (kg)	0.467±0.01 _a	0.459±0.01 _a	0.437±0.01 _a	0.489±0.01 _b	0.450±0.01 _a	0.477±0.01 _b	---
Grasa (kg)	0.221±0.01 _a	0.208±0.01 _a	0.186±0.01 _a	0.243±0.01 _b	0.229±0.01 _a	0.200±0.01 _b	---
Músculo (kg)	1.254±0.02 _a	1.220±0.02 _a	1.165±0.02 _a	1.310±0.02 _b	1.123±0.02 _a	1.356±0.02 _b	---

Letras diferentes en la misma variable indican diferencia significativa (P<0.05)

En cuanto al área del ojo de la chuleta no se presentaron diferencias significativas entre los genotipos, pero sí por efecto del peso al sacrificio. Los animales sacrificados a 50 kg tienen mayor área de ojo de chuleta que los sacrificados con 45 kg (P<0,01). La principal diferencia se observó entre el consumo o no de clorhidrato de zilpaterol, donde se registró un aumento significativo de 17.35 a 20.21 en la craza KCh y de 16.55 cm² a 19.34 cm² para las cruza KD (P<0.05) (Ver Figura 2).

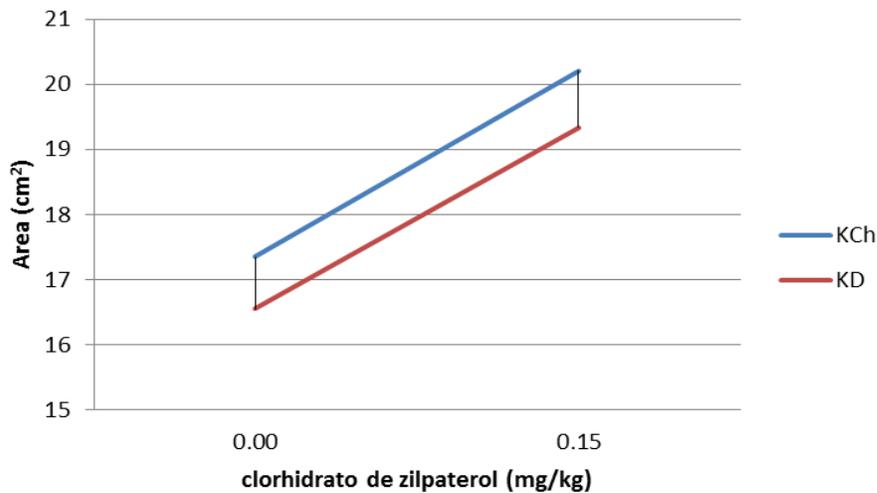


Figura 2. Efecto del tipo de craza y el uso de clorhidrato de zilpaterol en el área del ojo de la chuleta.

5.3 CALIDAD INSTRUMENTAL DE LA CARNE DE LOS CORDEROS

En el Cuadro 6 se muestra el efecto que tuvo el clorhidrato de zilpaterol y el peso de sacrificio sobre el color de la carne y la grasa de las cruzas evaluadas. El color de la carne fue diferente ($P=0.03$) por el efecto tanto del genotipo como del uso del promotor. El zilpaterol provocó un oscurecimiento de la carne disminuyendo el valor de L^* (luminosidad) al igual que los valores de a^* (índice de rojo) y b^* (índice de amarillo).

En cuanto al color de la grasa, el genotipo únicamente afectó los valores de b^* y C (croma) en donde los animales KD presentaron tonalidades más amarillentas. De igual manera que para el color de la carne, el zilpaterol afectó significativamente de forma decreciente los valores de L^* y b^* y aumentó el valor de a^* para todos los tratamientos ($P<0.05$) dando como resultado grasa más opaca, con menos tonalidad amarilla y con cierta coloración rojiza.

Cuadro 6. Efecto del clorhidrato de zilpaterol y el peso de sacrificio sobre el color de la carne de corderos Katahdin x Charollais y Katahdin x Dorper.

	Cruza (Katahdin x)		Peso (kg)		Clorhidrato de zilpaterol (mg/kg)		INT
	Charollais	Dorper	45	50	0.0	0.15	
CARNE							
L*	33.99±0.56 _a	35.65±0.62 _a	35.57±0.61 _a	34.07±0.57 _a	37.72±0.55 _a	31.92±0.63 _b	RxZ
a*	13.43±0.39 _a	14.89±0.44 _b	14.29±0.43 _a	14.02±0.40 _a	15.44±0.39 _a	12.87±0.44 _b	---
b*	5.63±0.32 _a	6.56±0.36 _a	6.14±0.35 _a	6.04±0.33 _a	8.49±0.31 _a	3.70±0.36 _b	---
C	14.73±0.45 _a	16.40±0.51 _b	15.71±0.49 _a	15.42±0.47 _a	17.65±0.45 _a	13.48±0.51 _b	---
H	20.83±0.88 _a	22.87±0.98 _a	21.73±0.96 _a	21.97±0.90 _a	28.63±0.87 _a	15.07±0.99 _b	---
GRASA							
L*	74.54±0.39 _a	74.94±0.43 _a	74.81±0.42 _a	74.67±0.40 _a	75.61±0.38 _a	73.86±0.44 _b	---
a*	1.95±0.30 _a	2.56±0.33 _a	2.17±0.33 _a	2.34±0.31 _a	1.06±0.29 _a	3.46±0.34 _b	---
b*	6.96±0.18 _a	7.68±0.20 _b	7.31±0.20 _a	7.27±0.19 _a	9.38±0.18 _a	5.26±0.20 _b	---
C	7.50±0.26 _a	8.47±0.28 _b	7.97±0.28 _a	7.99±0.26 _a	9.55±0.25 _a	6.41±0.29 _b	---
H	71.72±1.57 _a	70.69±1.75 _a	72.22±1.71 _a	70.20±1.62 _a	84.09±1.55 _a	58.33±1.77 _b	---

Literales diferentes en la misma variable y factor indican diferencia significativa ($p < 0.05$)

INT=Interacciones positivas RxP (raza x peso); RxZ (raza x promotor); PxZ (peso x promotor); RxPxZ (raza x peso x promotor)

El análisis de la composición química del músculo longuísimo de los diferentes tratamientos arrojó evidencia de que el porcentaje de humedad y de ceniza de la carne no varían significativamente entre genotipos, entre pesos de sacrificio ni el uso del zilpaterol ($P < 0.05$), encontrándose los valores de humedad entre los 73 y 74% y el porcentaje de ceniza alrededor del 1% (Cuadro 7).

Cuadro 7. Efecto del clorhidrato del clorhidrato de zilpaterol y el peso a sacrificio sobre la composición química de la carne de corderos Katahdin x Charollais y Katahdin x Dorper.

Variable (%)	Cruza (Katahdin x)		Peso (kg)		Clorhidrato de zilpaterol (mg/kg)		INT
	Charollais	Dorper	45	50	0.0	0.15	
Humedad	74.03±0.17 _a	74.34±0.19 _a	74.33±0.19 _a	74.04±0.18 _a	73.96±0.17 _a	74.41±0.19 _a	---
Ceniza	1.09±0.05 _a	1.05±0.05 _a	1.11±0.05 _a	1.03±0.04 _a	1.01±0.04 _a	1.14±0.05 _a	---
Proteína	21.32±0.07 _a	21.75±0.08 _b	21.47±0.08 _a	21.61±0.07 _a	20.83±0.07 _a	22.25±0.08 _b	RxZ
Grasa	2.79±0.15 _a	1.95±0.17 _b	2.34±0.16 _a	2.41±0.16 _a	2.92±0.15 _a	1.83±0.17 _b	RxZ

Letras diferentes en la misma variable indican diferencia significativa ($p < 0.05$).

INT=Interacciones positivas RxP (raza x peso); RxZ (raza x promotor); PxZ (peso x promotor); RxPxZ (raza x peso x promotor).

Entre genotipos se determinó que la carne de los corderos KD tiene menos porcentaje de grasa ($P=0.01$), que los KCh (1.95% vs 2.79% respectivamente). Se presentó una interacción en el grado de engrasamiento, entre cruce genética y el uso de zilpaterol, ya que el uso del promotor redujo significativamente ($P=0.0003$) el contenido graso en el músculo de 3.72% a 1.86% en los corderos KCh; sin embargo, no se observó el mismo efecto en los corderos KD (Cuadro 8).

El porcentaje de proteína aumentó con el uso de zilpaterol ($P<0.05$), siendo los corderos KD con zilpaterol los que presentaron mayor porcentaje de proteína en músculo y los corderos KCh sin zilpaterol los que tuvieron menos porcentaje como se muestra en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Interacción entre la raza y el uso de clorhidrato de zilpaterol en el porcentaje de proteína y grasa en el músculo *Longissimus dorsi*, en corderos Katahdin x Charollais y Katahdin x Dorper.

Variables (%)	Katahdin X			
	Charollais		Dorper	
	Con zilpaterol	Sin zilpaterol	Con zilpaterol	Sin zilpaterol
Proteína	22.23±0.10 _a	20.41±0.10 _c	22.26±0.13 _a	21.25±0.10 _b
Grasa	1.86±0.21 _a	3.72±0.21 _b	1.79±0.26 _a	2.12±0.21 _a

Letras diferentes en cada variable indican diferencia significativa ($p<0.05$).

No se detectaron diferencias significativas ($P=0.8491$) para los valores de pH final de la carne, encontrándose todos entre los 5.6 y 5.8.

La capacidad de retención de agua se vio afectada por la interacción de la raza y el uso de clorhidrato de zilpaterol ($P<0.05$). La mayor pérdida de agua se presentó en los corderos KD que recibieron zilpaterol, lo contrario ocurrió en los corderos KCh donde los animales que recibieron zilpaterol tuvieron menor pérdida de agua que los que no lo recibieron (Cuadro 9).

Cuadro 9. Efecto del clorhidrato de zilpaterol sobre la capacidad de retención de agua (CRA) de la carne de corderos Katahdin x Charollais y Katahdin x Dorper.

CRA	Katahdin X			
	Charollais		Dorper	
	Con zilpaterol	Sin zilpaterol	Con zilpaterol	Sin zilpaterol
% agua expelida	26.03±0.89 _a	27.19±0.86 _{ab}	29.15±1.07 _b	27.29±0.86 _{ab}

Letras diferentes indican diferencia significativa ($p < 0.05$).

El Cuadro 10 muestra el efecto de la raza, peso al sacrificio y uso de clorhidrato de zilpaterol sobre la fuerza de corte y compresión. La prueba Warner-Bratzler indicó que el uso de clorhidrato de zilpaterol aumentó la fuerza de corte ($P < 0.05$) de 4.34 kg a 5.36kg para los corderos de la cruce KCh y de 3.21 kg a 5.21 kg para los corderos KD; la carne más suave fue de los corderos KD que no recibieron ese promotor; marcando diferencias de hasta 2.07kg/cm³ entre los corderos de ambas cruces que si lo recibieron ($p < 0.05$).

Cuadro 10. Efecto de la raza y el uso de clorhidrato de zilpaterol sobre la textura de la carne de corderos Katahdin x Charollais y Katahdin x Dorper.

Variables	Katahdin x			
	Charollais		Dorper	
	Con zilpaterol	Sin zilpaterol	Con zilpaterol	Sin zilpaterol
Fuerza de corte (kg)	5.36±0.21 _c	4.34±0.20 _b	5.21±0.23 _c	3.21±0.19 _a
	45kg		50kg	
Compresión 20%	4.93±0.31 _a	6.05±0.28 _b	6.15±0.27 _b	5.50±0.27 _{ab}
Compresión 80%	19.84±1.08 _a	23.10±0.99 _b	24.61±0.97 _b	22.02±0.93 _{ab}
Compresión total	24.81±1.35 _a	28.88±1.24 _b	30.77±1.21 _b	27.53±1.16 _{ab}

Letras diferentes en la misma variables indican diferencia significativa ($p < 0.05$).

En la prueba de compresión se observó que la menor fuerza requerida para comprimir la muestra se obtuvo en los animales sacrificados a 45 kg que recibieron clorhidrato de zilpaterol, esto para las compresiones de 20%, 80% y

total. No hubo diferencia significativa ($p>0.05$) en las medidas de compresión entre animales sacrificados a 45 kg sin zilpaterol y los animales sacrificados a 50 kg con zilpaterol, siendo estos los mayores valores de fuerza registrados para compresión al 20%, al 80% y en la compresión total.

5.4 ANÁLISIS SENSORIAL

Del total de 60 panelistas que participaron en la pruebas sensorial el 48.3% fueron hombres de 31 años de edad promedio (23 a 44 años) y el 51.7% restante fueron mujeres en promedio de 33 años (22 a 51 años). El Cuadro 11 muestra los resultados del análisis sensorial de la carne de corderos de las cruzas Katahdin x Charollais o Dorper para dos pesos de sacrificio, con y sin el uso de clorhidrato de zilpaterol.

Las cuatro características evaluadas se mantuvieron entre los rangos 4 y 5 de la escala de evaluación correspondientes a “no me gusta ni me disgusta” y “me gusta levemente”. No se encontró diferencia significativa ($P>0.05$) entre los tratamientos en la comparación de sabor de la carne, dando como resultado promedio 5.01 en la escala de evaluación utilizada, lo que corresponde a “me gusta levemente”.

Las principales diferencias se observaron en las propiedades de jugosidad y suavidad, en donde el uso del clorhidrato de zilpaterol disminuyó significativamente el valor dado a la jugosidad ($p<0.05$) y a la suavidad ($p<0.05$).

El panel de consumidores detectó diferencia ($p<0.05$) en la suavidad y jugosidad de la carne entre tratamientos con o sin clorhidrato de zilpaterol, de modo que la aceptación general de la misma se vio afectada negativamente por el uso del promotor del rendimiento.

Cuadro 11. Análisis sensorial de la carne de corderos de las cruzas Katahdin x Charollais y Katahdin x Dorper efectuado mediante una prueba múltiple de consumidores.

Atributos	Cruza (Katahdin x)		Peso (kg)		Clorhidrato de zilpaterol (mg/kg)	
	Charollais	Dorper	45	50	0.0	0.15
Calidad de sabor	4.9±0.1 _a	5.1±0.1 _a	5.0±0.1 _a	5.0±0.1 _a	5.1±0.1 _a	4.9±0.1 _a
Jugosidad	4.9±0.1 _a	5.0±0.1 _a	5.0±0.1 _a	4.9±0.1 _a	5.2±0.1 _a	4.7±0.1 _b
Suavidad	4.8±0.1 _a	5.1±0.1 _a	5.0±0.1 _a	4.9±0.1 _a	5.0±0.1 _a	4.5±0.1 _b
Aceptación general	5.1±0.1 _a	5.1±0.1 _a	5.2±0.1 _a	5.0±0.1 _a	5.3±0.1 _a	4.9±0.1 _b

Letras diferentes en la misma variable indican diferencia significativa ($p < 0.05$).

6 DISCUSIÓN

La ganancia diaria promedio (GDP), en el período del nacimiento al sacrificio, fue mayor en los corderos Katahdin x Dorper (284 g) que en los corderos Katahdin x Charollais (271 g). Esta ganancia fue superior a la obtenida en por otros autores (Ramírez- Bribiesca *et al.*, 2007), quienes evaluaron la cruce de Pelibuey x Katahdin o Blackbelly obteniendo ganancias diarias promedio de 131 g. De manera similar, nuestros resultados fueron superiores al compararlos con los datos de Burke *et at.* (2003), donde registraron ganancias de peso promedio de 207 g/día en corderos Katahdin puros. Por su parte, la raza Dorper se caracteriza por su rápido crecimiento postdestete llegando a alcanzar ganancias diarias de peso hasta de 300 g (Hefley, 1996) y sus cruces con borregas St. Croix muestran una ganancia diaria de peso promedio de 233.6 g (Burke *et at.*, 2003). No se obtuvo un efecto significativo del clorhidrato de zilpaterol sobre el comportamiento productivo de las cruces evaluadas. Domínguez *et al.* (2009) cita estudios realizados con ovinos por Anaya *et al.* (2005); López *et al.* (2003); Salinas *et al.* (2006) y Mondragón (2008) quienes no observaron diferencias significativa en la respuesta productiva. López-Carlos (2010) evaluó 3 niveles de clorhidrato de zilpaterol (0.10, 0.20 y 0.30 mg/kg PV) en corderos de la cruce Dorper x Katahdin y menciona que no encontró diferencia significativa en las características del crecimiento de los corderos. Esto puede explicarse por el estudio de Khanifeloo *et al.*, (2011), que muestra que el consumo de materia seca de los animales que recibieron clorhidrato de zilpaterol (0.20 mg/kg de peso vivo), disminuyó significativamente en comparación con el grupo control, además de que la suplementación con clorhidrato de zilpaterol no tuvo efecto significativo en la ganancia diaria de peso ni en la conversión alimenticia.

Los resultados de la evaluación de canales indicaron que los animales sacrificados a mayor peso tuvieron mejor rendimiento, tanto comercial como verdadero, lo que está ampliamente referido en la literatura. De forma similar, el

uso de clorhidrato de zilpaterol aumentó significativamente ($p < 0.05$) el rendimiento en canal para ambas cruza. Cabrera *et al.* (2007) al estudiar la cruza de Dorper x Katahdin reportó rendimientos en canal entre 43.56 y 54.01%, estos datos concuerdan con los obtenidos en el presente estudio, donde los corderos de la cruza KxD tuvieron un rendimiento comercial del 52.70%.

La raza y el peso de sacrificio influyeron en la conformación de las canales con algunas diferencias; mientras que en la cruza KCh los animales más pesados tuvieron mejor conformación para la cruza KD, no hubo diferencia significativa entre la evaluación. Un mayor peso de sacrificio originó canales más largas. A medida que el peso de las canales aumenta, el grado de calidad y el rendimiento aumentan (Solomon *et al.*, 1980). Estudios realizados en ganado bovino y ovino muestran que el uso de zilpaterol aumenta la conformación de las canales y la acumulación de tejido magro (Salinas–Chavarría *et al.*, 2004; Montgomery *et al.*, 2009).

El efecto que tuvo el uso de clorhidrato de zilpaterol fue significativo en la composición tisular de los animales evaluados. Mientras que el tipo de cruza y los pesos al sacrificio no produjeron una diferencia significativa, el uso de clorhidrato de zilpaterol disminuyó el porcentaje de grasa en la canal, dando por consiguiente, mayor porcentaje de músculo. Koohmaraie *et al.* (1996) menciona que los β AA disminuyen el contenido de grasa en la canal de ovinos, además de aumentar la retención de proteína muscular. El uso de modificadores metabólicos generalmente mejora la composición nutricional de la carne o su calidad visual y rendimiento; sin embargo, tiene efecto negativo en el marmoleo y la suavidad de la misma (Dikeman, 2007).

El área del ojo de la chuleta aumentó con el uso del promotor del rendimiento, lo que concuerda con los resultados de evaluaciones realizadas por Dikeman, (2007). El área del ojo de la chuleta se incrementó significativamente (18.9 vs $15.5 \pm 0.8 \text{ cm}^2$) por el uso de zilpaterol, esto lo confirman los estudios

realizados por Velazquez *et al.* (s.f), López *et al.*, (2003) y Salinas-Chavira (2004) en ovejas de pelo.

La primera impresión que percibe el consumidor se establece mediante el sentido de la vista, observando el color, la forma y las características de su superficie. En el presente estudio el color tanto del músculo como de la grasa mostraron diferencias entre las cruza y entre los niveles del promotor. El uso de zilpaterol disminuyó el valor de L*, a* y b* en la carne, dando como resultado una carne más oscura en comparación con los animales que no recibieron el suplemento. De forma similar, la grasa de los animales con zilpaterol tuvo valores menores de L* y b* al contrastarlos con los animales sin suplemento y un aumento en el valor de a*; dando como resultado una grasa con tonalidades más opacas, menos amarilla y con coloración rojiza.

El clorhidrato de zilpaterol tuvo un efecto significativo sobre el porcentaje de grasa en músculo al reducir éste de 3.72% a 1.86%. Montgomery *et al.*, (2009) demostraron en un estudio con bovinos que el uso de zilpaterol redujo significativamente el grado de marmoleo (Ligero = 300; Poco = 400; Moderado = 500) de 422 a 391. Estrada-Angulo (2008) reporta que el uso de clorhidrato de zilpaterol (0, 0.15, 0.20 y 0.25 mg/kg PV) una reducción significativa en el porcentaje de grasa en riñón y cavidad pélvica. En el presente estudio, este efecto fue significativo sólo para los corderos de la cruce de KCh, ya que en los corderos KD no se presentó un descenso significativo del contenido de grasa muscular. Un estudio previo que comparó estas mismas cruza no mostró diferencia significativa en la cantidad de grasa intramuscular; sin embargo, destacó que puede haber una diferencia en este parámetro debido principalmente a la edad de los animales (Vázquez *et al.*, 2008).

La capacidad de retención de agua estuvo afectada por la raza y el clorhidrato de zilpaterol, la mayor pérdida de agua la tuvieron los corderos KD que recibieron zilpaterol, el resto de los tratamientos presentaron diferencias numéricas pero no estadísticas.

Los valores de fuerza de corte obtenidos muestran que el uso de zilpaterol afectó negativamente esta característica de la carne, generando carne más dura que requiere 2.07kg/cm^3 más fuerza para ser cortada; esta diferencia en la textura de la carne se complementa con los valores de reducción del porcentaje de grasa en la carne de animales que recibieron el promotor ya que la grasa intramuscular es uno de los factores que influye en la textura, jugosidad y sabor de la carne. Koochmaraie *et al.* (1996) obtuvieron resultados en ovinos donde los β AA aumentaron la dureza de la carne de 8.2 hasta 10.9 kg por cm^2 , así mismo explica que este efecto se deba posiblemente a que en el músculo hay menor degradación proteica en los primeros 20 días *postmortem* debido a la mayor actividad de las enzimas calpastatinas que inhiben a las proteasas, lo que a su vez disminuye la degradación proteica muscular, es decir, una carne menos suave. Strydom *et al.*, (1998) reportaron una disminución en la suavidad del músculo *Longissimus dorsi* debido a la suplementación con zilpaterol, y señalan que este efecto del β -agonista puede ser, en cierta medida, reducido con el uso de una adecuada estimulación eléctrica y tiempo de maduración de la carne; ambas prácticas que no se realizaron en el presente trabajo.

Las principales diferencias señaladas por el panel de evaluadores en el análisis sensorial indican que el valor de aceptación de la jugosidad disminuye en los animales que consumieron zilpaterol, así como la suavidad de la carne (Dikeman 2007; Holmer *et al.*, 2009) debido en parte a la disminución del contenido de grasa intramuscular generada por el zilpaterol. El uso de zilpaterol durante la fase de finalización tiene el potencial de mejorar algunas de las características de la canal y el porcentaje de carne en cortes con alto valor económico. Sin embargo, el mercado de cortes finos requiere un determinado contenido de grasa intramuscular que le permita mantener buena textura, jugosidad y sabor. Una carne más magra disminuye la jugosidad de la carne al momento de la cocción (D'Mello, 2000). De manera similar, la aceptación en general fue menor para las muestras de animales que recibieron el promotor.

7 CONCLUSIONES

Ambas cruzas evaluadas representan un alto potencial como líneas paternas para la producción de carne dando como resultado un rendimiento verdadero en canal de 58.7% en animales sacrificándolos a 50kg; el uso de clorhidrato de zilpaterol aumenta tanto el rendimiento comercial y verdadero en 1.6 y 1.3% respectivamente para ambas cruzas. Los corderos KCh tienen mejor respuesta que los corderos KD en cuanto a la conformación al aumentar de 45 a 50kg el peso de sacrificio; de una puntuación de 6.5 para animales KCh de 45kg a 7.4 para animales de 50kg comparado con los corderos KD que se mantiene en 6.8 su grado de conformación tanto para animales sacrificados a los 45kg como los sacrificados a 50kg. El efecto del genotipo se vio reflejado en la ganancia diaria promedio durante el período completo de estudio (nacimiento a sacrificio), en donde la craza de Katahdin x Dorper tuvo mayor ganancia que los corderos Katahdin x Charollais.

En cuanto a composición tisular, ambas cruzas depositan un porcentaje de músculo similar (63.5% promedio) sin verse afectado por el peso de sacrificio. El porcentaje de grasa aumenta 1.5% en ambas cruzas en animales sacrificados a 50kg pero el consumo de clorhidrato de zilpaterol reduce significativamente el porcentaje de grasa en hasta 2.8%. Esta reducción de grasa resulta atractiva al permitir aumentar el peso de sacrificio de los corderos sin que este aumento represente aumento en el depósito de grasa de la canal.

El promotor aumenta en ambas cruzas el área del ojo de la chuleta en 2.83 cm², sin embargo; los corderos KCh tienen hasta 1 cm² más de área del lomo lo que hace una craza adecuada para productores que deseen mejorar su mercado de cortes finos.

El uso de clorhidrato de zilpaterol como promotor de crecimiento presenta ventajas en cuanto a la producción de corderos, brindando beneficios en rendimiento y canales más magras (3.72% comparado con 1.86% de grasa en corderos KCh y

2.12% comparado con 1.79% en corderos KD) con mayor porcentaje de músculo (65.8% en animales que recibieron el promotor comparado con 61.2% en animales que no lo recibieron). Dado que el mercado ovino en México se destina principalmente a la preparación de barbacoa, la calidad de la carne que se obtiene con el uso de clorhidrato de zilpaterol puede representar una oportunidad de mercado. El consumo de clorhidrato de zilpaterol durante la fase de finalización demerita características de la carne como color, jugosidad y dureza, todas ellas parámetros fundamentales de la calidad, ya que influyen directamente en el precio de venta de los diferentes cortes de la canal.

8 LITERATURA CITADA

Asociación Mexicana de Criadores de Ovinos (AMCO). Razas Ovinas. (en línea) Consultado el 15 de Abril del 2009. Disponible en: <http://www.asmexcriadoresdeovinos.org>

Arbiza S.I., De Lucas J. 2008. Factores que determinan el consumo de carne ovina en México I. La revista del Borrego. Año 9. No 50. (en línea) Consultado el 29 de enero de 2009. Disponible en: <http://www.borrego.com.mx/archivo/n50/f50consumo.php>

Arbiza S.I., De Lucas J. 2008. Factores que determinan el consumo de carne ovina en México II. La revista del Borrego. Año 9. No. 51: 32-41p.

Baker P.K., Dalrymple R.H., Ingle D.L., Ricks C.A. 1984. Use of a β -adrenergic agonist to alter muscle and fat deposition in lambs. Journal of Animal Science. Vol. 59:5, 1256-1261p

Baxa T. 2008. Effect of Zilpaterol hydrochloride and steroid implantation on yearling steer feedlot performance, carcass characteristics, and skeletal muscle gene expression. Department of Animal Sciences and Industry College of Agriculture. Kansas State University.

Black J.L. Crecimiento y desarrollo de corderos. En: Haresign W. Producción ovina. 1^{ra} ed. AGT editor S.A. México. 1989:23-62.

Burke J.M., Apple J.K., Boger C.B., Kegley E.B. 2003. Effect of breed-type on performance and carcass traits of intensively managed hair sheep. *Meat Science*. Vol. 63:309-315p.

Burke J.M. 2005. Lamb production of Dorper, Katahdin and St Croix bred in summer, winter or spring in the southeastern United States. *Sheep & Goat Research Journal*. Vol. 20: 51-59p.

Busetti M., Suárez V., Babinec F. 2007. Características y rendimiento de la res en corderos Pampinta, Pampinta x Ile de France y Pampinta x Texel. V° Congreso de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos. INTA. Argentina.

Cabrera Núñez A, Rojas Mencio P., Daniel Rentarúa I., Serrano Solís A., López Ortega M. 2007. Influencia de la suplementación sobre la ganancia de peso y calidad de la canal en borregos Dorper/Katahdin. *Revista UDO Agrícola*. 7(1):245-251.

Caro T. W., Olivares E. A., Araya A. E. 1999. Relación entre peso de sacrificio y composición de la canal en corderos Suffolk. *Agro sur*. Vol.27, no.2. p. 127-131. (en línea) Consultado el 22 Enero de 2009. Disponible en: <http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-88021999000200010&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0304-8802.

Cañeque V y Sañudo C. 2005. Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. Ministerio de Ciencia y Tecnología – INIA. Madrid, ES. 143-169.

- Cloete S.W.P., Snyman M.A., Herselman M.J. 2000. Productive performance of Dorper sheep. *Small Ruminant Research*. Vol. 36. 119-135p.
- Cuéllar, O.J.A., Soto, D.L.C., Delgado, E.M. 2005. La producción ovina empresarial de México. Primera parte. *La Revista del Veterinario* 00: 10-12.
- Cuéllar, O.J.A., Soto, D.L.C., Delgado, E.M. 2005. La producción ovina empresarial de México. Segunda parte. *La Revista del Veterinario* 0: 17-19.
- Cuéllar, O.J.A. 2006. La producción ovina en México. Memoria. Primera semana Nacional de Ovinocultura. Foro Ovino. Hidalgo, Mx.
- Delmore R.J., Hodgen J.M., Johnson B.J. 2010. Perspectives on the application of zilpaterol hydrochloride in the U.S. beef industry. *Journal of Animal Science*. p:2009-2473.
- De Lucas Tron J, Arbiza Aguirre S. Situación y perspectivas de la producción de carne ovina en México. *AMTEO*. 2005
- De la Garza U.A.; Kawas G.J.R., Garza C.J.F., Fimbres D.H., Picón R.F.J. 2005. *Memorias del XXIX Congreso Nacional de Buiatria*. Monterrey, Mx.
- Dikeman M.E. 2007. Effects of metabolic modifiers on carcass traits and meat quality. *Meat Science*. Vol. 77: 121-135

Domínguez-Vara I.A., Mondragón-Ancelmo J., González-Ronquillo M., Salazar-García F., Bórquez-Gastelum J.L., Aragón-Martínez A. 2009. Los B-agonistas adrenérgicos como modificadores metabólicos y su efecto en la producción, calidad e inocuidad de la carne de bovinos y ovinos: una revisión. *Ciencia ergo sum*. Vol. 16-3:278-284.

D'Mello J.P.F. 2000. *Farm animal metabolism and nutrition*. CABI Publishing. p:65-77.

Estada-Angulo A. 2008. Influence of level of zilpaterol hydrochloride supplementation on growth performance and carcass characteristics of feedlot lambs. *Small ruminant research*. 107-110p.

Fitch G.Q. 2007. Some ideas about crossbreeding sheep. Oklahoma Cooperative Extension Service. Oklahoma State University: Division of Agricultural Sciences and Natural Resources. (en línea) Consultado el 30 de Julio de 2010. Disponible en: <http://pods.dasnr.okstate.edu/docushare/dsweb/Get/Document-2156/ANSI-3800web.pdf>

Fonti Furnols M., Realini C.E., Guerrero L., Oliver M.A., Sañudo C., Campo M.M., Nute G.R., Cañeque V., Alvarez I., San Julián R. Luzardo S., Brito G., Montossi F. 2009. Acceptability of lamb fed on pasture, concentrate or combinations of both systems by European consumers. *Meat Science* 81:196-202.

Gómez MJ. 2009. Alternativas de mercado para la carne ovina en México. Memorias del II Seminario Internacional de Ovinocultura. Cholula, Pue.

Hefley J. 1996. About Dorper sheep. Smal Farm Today. Vol. 13: 33-34p.

Holmer S.F., Fernández-Dueñas D.M., Scramlin S.M., Souza C.M., Boler D.D., McKeith F.K., Killefer J., Delmore R.J., Beckett J.L., Lawrence T.E., VanOverbeke D.L., Hilton G.G., Dikeman M.E., Brooks J.C., Zinn R.A., Streeter M.N., Hutcheson J.P., Nichols W.T., Allen D.M., Yates D.A. 2009. The effect of zilpaterol hydrochloride on meat quality of calf-fed Holstein steers. J Anim Sci. 87:3730-3738.

Hui Y.H., Guerrero I., Rosmini M.R. 2006. Ciencia y tecnología de la carne. Limusa. 634p.

Indurain G., Beriain M. J., Insausti K., Sarriés V. Análisis sensorial de tres tipos de carne de vacuno por un panel de consumidores. Universidad Pública de Navarra. Pamplona, España.

Intervet México S.A. de C.V. 2006. Recomendaciones para el manejo del corral de engorda. México.

Judge, M.D., Aberle, E.D., Forrest, J.C., Hedrick, H.B. y Merkel, R.A. Growth and Development of Carcass Tissues. IN: Principles of Meat Science. Ed. Kendall-Hunt Publishing, Cp. Dubuque, Iowa. 1988.

Kempster A.J. Calidad de la canal y su medida en ovinos. En: Haresign W. Producción ovina. 1^{ra} ed. AGT editor S.A. México. 1989:63-77.

Khalifeloo Y, Zeinoaldini S., Towhidi A., Zali A., Moradi Shahre Babak W., Hatefi A. 2011. Zilpaterol hydrochlide effects on carcass composition, growth performance and blood metabolites of Lory Bakhtyary lambs. Endocrine Abstracts.

Kirton A.H. 1989. Current methods of on-line carcass evaluation. J. Anim. Sci. 67:2155-2163

Koohmaraie M., Shackelford S.D., Wheeler T.L. 1996. Effects of a β -Adrenergic Agonist (L644,969) and male sex condition on muscle growth and meat quality of Callipyge lambs. J Anim Sci. 74:70-79.

Kovács A., Kukivics S., Jávör A. 2008. Dorpers, the meat sheep of the future. Zotehnte si Hehnologii de Industrie Animentara. Vol. VII.7:272-275.

Lambe N.R., Navajas E.A., Bünger L. Fisher A.V., Roehe R., Simm G. 2009. Prediction of lamb carcass composition and meat quality using combinations of post-mortem measurements. Meat Science Vol. 81: 711-719.

Lastra I., Peralta M.A., Villamar L., Segura C., Barrera M., Guzmán H., Domínguez R. 2000. La producción de carnes en México y sus perspectivas 1990-2000. Centro de Estadística Agropecuaria. SAGARPA, México.

Leheska J.M., Montgomery J.L., Krehebiel C.R., Yates D.A., Hutcheson J.P., Nichols W.T., Streeter M., Blanton J.R., Miller M.F. 2009. Dietary zilpaterol hydrochloride. II. Carcass composition and meat palatability of beef cattle. *J. Anim Sci.* 87:1384-1393.

Leymaster K.A. 2002. Fundamental Aspects of Crossbreeding of Sheep: Use of breed diversity to improve efficiency of meat production. *Sheep and Goat Research Journal.* Vol 17:3. 50-59p.

López-Carlos M.A. 2010. Effect of ractopamine hydrochloride and zilpaterol hydrochloride on growth, diet digestibility, intake and carcass characteristics of feedlot lambs. *Livestock Science.* Vol. 131. Issue 1:23-30.

Magofke J.C., García X. 2002. Uso del cruzamiento entre razas para mejorar la productividad en animales: Conceptos. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Chile. p. 35-43.

Manso T., Bodas R., Castro T., Jimeno V., Mantecon A.R. 2009. Animal performance and fatty acid composition of lambs fed with different vegetable oils. *Meat Science.* 83:511-516.

Martínez-Cerezo S., Olleta J.L., Sañudo C., Delfa R., Cuartielles I., Pardos J.J., Mendel I., Panea B., Sierra I. 2002. Calidad de la canal en tres razas ovinas españolas: Efecto del peso al sacrificio.

- Martínez G.S., Aguirre O.J., Jaramillo L.E., Macías C.H., Carrillo D.F., Herrera G.M., Pérez E.E. 2010. Alternativas para la producción de carne ovina en Nayarit, México. *Revista Fuente*. Vol. 1(2).
- Medrano, J.A. Recursos animales locales del Centro de México. *Arch. Zootec.* 2000. 49: 385-390
- Mersmann, H.J. 2002. Beta-Adrenergic receptor modulation of adipocyte metabolism and growth. *J. Anim. Sci.* 80(E. Suppl. 1):E24 – E29.
- Mondragón A.J. 2008. Efecto de la concentración de clorhidrato de zilpaterol sobre el crecimiento, características de la canal y calidad de la carne de ovinos en engorda intensiva. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Mondragón J., Domínguez-Vara I.A., Pinos-Rodríguez J.M., González M., Bórquez J.L., Domínguez A., Mejía M.L. 2010. Effects of feed supplementation of zilpaterol hydrochloride on growth performance and carcass traits of finishing lambs. *Animal Science*. 60:1, 47-52.
- Montgomery J.L., Krehbiel C.R., Cranston J.J., Yates D.A., Hutcheson J.P., Nichols W.T., Streeter M.N., Swingle R.S., Montgomery T.H. 2009. Effects of dietary zilpaterol hydrochloride on feedlot performance and carcass characteristics of beef steers with and without monensin and tylosin. *J. Anim. Sci.* 87:1013-1023.
- Notter D.R. 2000. Potential for hair sheep in the United States. *J Anim Sci.* 77:1-8.

- Nourozi M., Abazari M., Raisianzadeh M., Mohammadi M., ZareShahne A. 2008. Effect of terbutaline and metaproterenol (two beta-adrenergic agonist) on performance and carcass composition of culled Moghani ewes. *Small Ruminant Research*. 74: 72-77.
- Novelo R., Manchelli J.P., Ballesteros F., Bianchi G., Bentancur O. 2007. Efecto de la edad al sacrificio y del sexo sobre la composición tisular de la paleta de corderos cruza. V° Congreso de especialistas en pequeños rumiantes y camélidos.
- NMX-FF-106-SCFI-2006. Norma mexicana para productos pecuarios – carne de ovino en canal – clasificación. México
- Owens F.N., Dubeski P., and HansontC.F. Factors that Alter the Growth and Development of Ruminants. *J. Anim . Sci*. 1993. 71:3138-3150
- Partida de la Peña J.A. 2009. Características del comportamiento productivo y la calidad de la carne en cruzamientos terminales de ovejas Katahdin con sementales de razas cárnicas especializadas. *De frente al campo*. No 48. 2-5p.
- Ramírez-Bribiesca E., Hernández-Cruz L., Guerrero-Legarreta I., Hernández-Calva L.M. 2007. Calidad de la carne y análisis sensorial en ovinos de pelo y lana provenientes de engorda intensiva en México. V° Congreso de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos. Mendoza, Argentina.

- Salinas – Chavira J.R., Ramirez G., Domínguez – Muñoz M., Palomo – Cruz R., López – Acuña V.H. 2004. Influence of zilpaterol hydrochloride on growth and carcass characteristics of pelibuey lambs. *J. Appl. Anim. Res.* 26: 13-16
- Shelver W.L., Kim H.J., Li Q.X. 2005. Development of monoclonal antibody-based enzyme-linked immunosorbent assay for the β -Adrenergic Agonist Zilpaterol. *J. Agric. Food Chem.* 53: 3273-3280.
- Shelver W.L., Smith D.J. 2006. Tissue residues and urinary excretion of zilpaterol in sheep treated for 10 days with dietary zilpaterol. *J. Agric. Food Chem.* 54 (12):4144-4161.
- Schoeman S.J., Cloete S.W.P., Olivier J.J. 2010. Returns on investment in sheep and goat breeding in South Africa. *Livest. Sci.* Vol. 130. Issue 1:70-82p.
- Shrestha J.N.B., Fahmy M.H. 2007. Breeding goat for meat production: Crossbreeding and formation of composite population. *Small Ruminant Research.* Vol. 67:2. 93-112p.
- Sissom, EK. Effects of Zilpaterol and Melengestrol acetate on bovine skeletal muscle growth and development. Kansas State University. 2009.
- Solomon, Morse B., Kemp, James D., Moody, W. G., Ely, D. G., Fox, J. D. Effect of Breed and Slaughter Weight on Physical, Chemical and Organoleptic Properties of Lamb Carcasses *J. Anim Sci.* 1980 51: 1102-1107

Sumano H, Ocampo L, Gutiérrez L. Clenbuterol y otros B-agonistas ¿Una opción para la producción pecuaria o un riesgo para la salud pública?. Veterinaria México 2002; Vol. 33(2): 137-160.

Vanimisetti H.B., Greiner S.P., Zajac A.M., Notter D.R. 2004. Performance of hair sheep composite breeds: Resistance of lambs to *Haemonchus contortus*. J Anim Sci. 82(2):595-604.

Vanimisetti H.B., Notter D.R., Kuehn L.A. 2007. Genetic (co)variance components for ewe productivity traits in Katahdin sheep. J Anim Sci. 85(1):60-68.

Vázquez S.E.T. 2001. Cruzamientos terminales de ovejas Katahdin con sementales de razas cárnicas especializadas. (Tesis de maestría FMVZ – Universidad Nacional Autónoma de México).

Vázquez SET, Partida PJA, Rubio LMS, Méndez MRD. 2008. Cruzamientos terminales de ovejas Katahdin con sementales de razas cárnicas especializadas. 3. Calidad instrumental de la carne. XLIV Reunión Nacional de Investigación Pecuaria, Yucatán 2008. P 156.

Velazquez-Morales J., Alvarez-Valenzuela F.D., Torrentera-Olivera N.G., Rodríguez-García J., Macías-Cruz U., Correa-Calderón A., Avendaño-Reyes L. sf. Ewe lambs supplemented with Zilpaterol Hydrochloride under high environmental temperatures: Effect on carcass traits and wholesale cut percentage. Instituto de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma de Baja California.

Webb, E.C; O'Neill, H.A. The animal fat paradox and meat quality. Meat Science. 2008. 80:28-36.

Zea Salgueiro J., Díaz Díaz M.D., Carballo Santaolalla J.A. 2008. Effect of breed and slaughtered weight on carcass quality of Young beef cattle fed with silages. Arch. Zootec. 57 (219): 295-306.

