

Universidad Autónoma de Baja California
Instituto de Ciencias Agrícolas



**EFFECTO DEL CLORHIDRATO DE ZILPATEROL SOBRE EL COMPORTAMIENTO
PRODUCTIVO Y LAS CARACTERISTICAS DE LA CANAL DE CORDERAS DE
PELO FINALIZADAS EN CORRAL**

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA:

EDWIN ÁGUILA TEPATO

DIRECTOR DE TESIS:

Ph.D. LEONEL AVENDAÑO REYES

Mexicali, Baja California

Diciembre, 2012

La presente tesis fue dirigida y asesorada por el consejo particular mencionado abajo, siendo aceptada y aprobada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN SISTEMAS
DE PRODUCCIÓN ANIMAL

CONSEJO PARTICULAR

PRESIDENTE _____

Ph.D. LEONEL AVENDAÑO REYES

SINODAL _____

Dra. NOEMI TORRENTERA OLIVERA

SINODAL _____

Dr. ULISES MACÍAS CRUZ

AGRADECIMIENTOS

Mi gratitud, principalmente está dirigida a mi tutor Ph.D. LEONEL AVENDAÑO REYES, por haberme dado la oportunidad de llegar al final de esta etapa y por su persistente guía.

Un agradecimiento especial al Dr. ULISES MACÍAS CRUZ, quien con su esfuerzo y dedicación no sería posible esta tesis.

A CONACYT por el apoyo económico, a si como a mis Padres; quienes han sido los cimientos de mi familia.

A todos mis profesores que me instruyeron, a mis amigos que me brindaron su ayuda, su atención y lo más importante su amistad, también debo agradecer a esta institución por permitir mi formación, como profesional, como persona y como ciudadano.

"El agradecimiento a todos los que dejan su vida, enseñando a pensar libremente, a ser hombres y mujeres con la opinión propia, a quienes busquen el bien, sin esperar nada a cambio, a los PROFESORES".

DEDICATORIA

A los docentes que me han acompañado durante el camino, MC. JUAN RODRIGUEZ, Dr. NOEMI TORRENTERA OLIVIERA, MC. FRANCISCO ALVAREZ VALENZUELA, brindándome siempre su orientación con profesionalismo ético en la adquisición de conocimientos y afianzando mi formación como estudiante. De igual manera a mi tutor quien me han orientado en todo momento en la realización de este proyecto que enmarca el último escalón hacia un futuro en donde sea participe en el mejoramiento del proceso de enseñanza y aprendizaje.

A todos los que creyeron en mí, a toda la gente que me apoyo, a mis amigos: Dr. Ulises Macías, MC. José Vicente Velázquez Morales, MC. José Luis Ponce y MC. Martin Carmona Victoria, a familiares: Karina Bojorquez Alegría, Moisés, Vahidimir y ha esta institución que me ha formado, pero en especial a mis PADRES; quienes permanentemente me apoyaron con espíritu alentador, contribuyendo incondicionalmente a lograr mis metas y objetivos propuestos.

ÍNDICE TEMÁTICO

ÍNDICE DE CUADROS	vii
ABSTRACT	viii
RESUMEN	ix
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Situación de la ovinocultura en México.....	3
2.2 Generalidades de los agonistas adrenérgicos β	4
2.3 Mecanismo de acción de los agonistas β	6
2.4 Residuos en animales tratados con agonistas β	9
2.5 Caracterización de clorhidrato de zilpaterol.....	11
2.6 Finalización de ovinos con clorhidrato de zilpaterol.....	12
2.6.1 Comportamiento productivo.....	12
2.6.2 Características de canal y calidad de la carne.....	14
3. MATERIALES Y MÉTODOS	16
3.1 Localización del estudio.....	16
3.2 Animales, manejo y tratamiento.....	16
3.3 Prueba de comportamiento en corral.....	18
3.4 Caracterización de la canal.....	18
3.5 Análisis estadístico.....	20
4. RESULTADOS	21
4.1 Comportamiento productivo.....	21
4.2 Características de canal.....	22

4.3 Cortes de venta.....	23
4.4 Componentes no cárnicos	24
5. DISCUSIÓN.....	26
5.1 Comportamiento productivo.....	26
5.2 Características de canal.....	27
5.3 Cortes de venta.....	29
5.4 Componentes no cárnicos.....	30
6. CONCLUSIONES.....	32
7. LITEARTURA CITADA.....	33

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Ingredientes y composición de la dieta proporcionada a corderas tratadas y no tratadas con Clorhidrato de Zilpaterol.....	17
Cuadro 2. Prueba de comportamiento de corderas tratadas y no tratadas con Clorhidrato de Zilpaterol.....	21
Cuadro 3. Características de la canal de corderas tratadas y no tratadas con Clorhidrato de Zilpaterol.....	22
Cuadro 4. Porcentaje de cortes en canales de corderas tratadas y no tratadas con Clorhidrato de Zilpaterol.....	23
Cuadro 5. Porcentaje de componentes no cárnicos de corderas tratadas y no tratadas con Clorhidrato de Zilpaterol.....	24

ABSTRACT

Twenty-four Pelibuey x Romanov ewe lambs initially weighing 25.1 ± 0.6 kg were used in a 34-d feeding experiment and after slaughtered to evaluate the effect of zilpaterol hydrochloride (**ZH**) on feedlot performance, carcass characteristics and wholesale cut yield. Ewe lambs were individually housed in pens, blocked by initial BW, and assigned randomly within BW blocks to 1 of 2 treatments: 1) Control (no ZH); and 2) supplemented with ZH (10 mg/ewe lamb daily) during 32 d and a 2-d withdrawal pre-slaughter period. Feeding ZH increased ($P < 0.01$) final BW, ADG and G:F of ewe lambs while feed intake was unaffected ($P = 0.80$). Hot and cold carcass weights, dressing percentage and conformation score were improved ($P < 0.001$) when ZH was fed. Likewise, LM area was 3.7 ± 0.41 cm² larger ($P < 0.001$) for ZH than control ewe lambs. Feeding ZH did not affect ($P \geq 0.29$) cooling loss, carcass length, fat thickness, or KPH. With exception of peritoneum ($P < 0.001$), head ($P = 0.021$) and neck ($P < 0.001$), ZH did not increase ($P \geq 0.12$) non-carcass components or wholesale cut yield percentage. A trend to increase ($P = 0.060$) loin percentage from HCW was observed in lambs supplemented with ZH. In conclusion, feeding ZH to Pelibuey x Dorper ewe lambs improved feedlot performance and also some carcass traits (HCW, CCW, dressing percentage and LM area) of economic significance; however, fat deposition was not affected by ZH.

Key word: β -adrenergic agonist, feedlot performance, hair sheep, lambs, zilpaterol

1. INTRODUCCION

La evolución de la producción de carne en México durante la última década, es el resultado de la compleja interacción entre las diferentes ramas de la actividad agropecuaria, enfocada a la obtención de mejores animales para abasto cumpliendo con las preferencias del consumidor que están influenciadas por las nuevas tendencias en el consumo de alimentos y por una demanda creciente de carne con bajo contenido graso debido a la problemática del colesterol causante de enfermedades coronarias y metabólicas asociadas al consumo de grasa animal (Horcada-Ibáñez et al., 2009). Sin embargo, la presencia de carne importada ha influido en la reducción del ritmo de crecimiento de la producción de carne en el país.

Los productores nacionales apenas cubren el 49% del mercado nacional, por lo que cerca del 51% de la carne de esta especie proviene de la importación de ganado en pie para sacrificio como de carne congelada desde Australia, Nueva Zelanda, EUA, Canadá y Chile (FAOSTAT, 2007). Sin embargo, el consumo de carne de ovino en el país ha aumentado en los últimos años, manteniendo una gran connotación dentro de la ganadería mexicana, pues de 1999 al 2010 hubo un incremento de 24% en la producción de carne (SAGARPA, 2010), mostrando un incremento promedio anual de 3.5%, lo que se refleja en la reducción de carne importada. No obstante, no es suficiente porque sigue existiendo un déficit en el abasto de este mercado.

Para apoyar este incremento, es necesario aumentar el nivel productivo en los corrales de engorda; usando diferentes estrategias, tales como la engorda de corderas y el uso de promotores de crecimiento. No obstante, la engorda de corderas representa una desventaja para el productor debido a que son menos eficientes que los machos

para convertir el alimento en músculo (Marcedo y Arredondo, 2008; Aksakal et al., 2009). Lo anterior como producto de su sistema hormonal, función fisiología y características anatómicas. Dentro de los promotores de crecimiento utilizados en animales destinados para la producción de carne, se encuentran los agonistas adrenérgicos-beta (AA- β), los cuales se adicionan en el alimento vía oral y actúan como redistribuidores de nutrientes. Esta función se realiza desviando la energía de los alimentos y la energía generada de la lipólisis hacia la síntesis de proteica y disminuyendo la degradación de la misma, lo que favorece el crecimiento muscular (Mersmann, 1998; Smith, 1998). El uso del CZ en bovinos ha demostrado ser efectivo para mejorar el comportamiento productivo en corral y las características de la canal, así como en el rendimiento de carne (Avendaño-Reyes *et al.*, 2006; Montgomery *et al.*, 2009). En ovinos, este agonista también ha demostrado incrementar la eficiencia alimenticia (EFA) y se aumenta el área del músculo *longissimus* dorsi (LD) (Salinas-Chavira *et al.*, 2004). Sin embargo, la información actual en la literatura sobre el uso de este producto en ovinos es escasa y se limita a trabajos realizados en machos. Resulta necesario generar este tipo de información para corderas, ya que actualmente los sistemas de producción ovina, la engorda de hembras es una actividad común. Este punto es importante debido a que en nuestro país se ha presentado un creciente número de explotaciones ovinas con razas de pelo en zonas áridas y semi-áridas.

Por tanto, el objetivo de este estudio fue el evaluar el comportamiento productivo en corral y las características de la canal en corderas de pelo suplementadas con el agonista adrenérgico- β clorhidrato de zilpaterol en la dieta de finalización.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Situación de la ovinocultura en México.

La ovinocultura a nivel mundial compite con otras especies; acorde con datos de la FAO, el sector de ovinos representa sólo el 5% de la producción mundial de carne. Aunado al consumo, también se observa un elevado índice en el costo de producción de ovinos, en contraste con otras especies como aves, porcinos y bovinos (FAO, 2007). No obstante, la carne ovina es una alternativa sana, ya que posee un alto contenido de grasa poliinsaturada (Horcada-Ibáñez et al., 2009) y ácido linoleico conjugado que es anticancerígeno, además contiene menos grasa que otras especies animales.

En México. la ovinocultura es la actividad pecuaria que muestra la menor capacidad nacional de abasto debido principalmente al atraso tecnológico y a la diversificación del producto. La actividad ovina en México ha sufrido una serie de transformaciones, dejando de ser en muchas regiones una actividad secundaria para convertirse en actividad principal. Como parte de este cambio, ha sido fundamental la orientación de la industria hacia la producción de cordero para abasto. Se ha estimado que alrededor de 50,000 productores a nivel nacional se dedican a la cría de ovinos, aunque únicamente 34% de ellos vive totalmente de esta especie.

El inventario nacional de los ovinos se distribuye de la siguiente manera: Región Centro con el 52% del inventario, básicamente razas lanares productoras de carne como Suffolk, Hampshire, Rambouillet y Dorset; la Zona Sur con el 23% del inventario, sobretodo ovinos de pelo cruza de Pelibuey, Black Belly, Katahdin y Dorper; la Zona Norte con 11 % del inventario, rebaños Rambouillet y otros con ovinos de pelo, sobre todo de raza Pelibuey; y la Zona Occidente con el 14% del inventario nacional,

predominando el ovino de pelo y cruza terminales con sementales lanares de razas cárnicas (AMCO, 2007). Con base a esa información, podemos destacar que en la última década el tipo de ovino en México ha cambiado, siendo dominante el ovino de pelo, de acuerdo a los registros de la Asociación Mexicana de Criadores de ovinos (AMCO) en el 2006, el 72% de animales registrados corresponden a hembras y el 28% a machos, siendo un dato importante que el 78% de los animales registrados son ovinos de pelo (Soto et al., 2010) . En el caso específico de la región noroeste del país, conformada por Baja California, Baja California Sur, Sonora y Sinaloa, la SIAP (2008) reportó que esta región aporta el 6.54% de la producción de carne de ovino del total producida en el país.

En el noroeste de México, donde las condiciones climáticas son típicamente desérticas, los ovinos de pelo de raza Pelibuey han sido adoptados por los productores para la producción de corderos en sus explotaciones. Bajo estas condiciones, esta raza ha demostrado una gran capacidad reproductiva, rusticidad y adaptación (Notter, 2000, Morteo et al., 2004, Macías *et al.*, 2007) y cuyas ventajas le han permitido tener una amplia distribución en todo el territorio nacional. Cabe mencionar que estudios realizados en la región han observado que la tasas de crecimiento de esta raza es lentas (Avendaño et al., 2004; Avendaño et al., 2005), y las canales son de calidad inferior a las razas de lana u otras de aptitud cárnicas de pelo (Macías *et al.*, 2010)

2.2 Generalidades de los agonistas adrenérgicos β .

Recientemente, los AA- β se han adecuado para ser usados en la nutrición animal como promotores de crecimiento o agentes metabólicos. Los promotores de crecimiento se definen como aquellas sustancias distintas de los nutrientes de la ración

que aumentan el ritmo de crecimiento y mejoran el índice de conversión alimenticia de los animales sanos y correctamente alimentados (Silván, 2006). Los AA- β tuvieron su origen en la medicina humana, no como sustancias promotoras de crecimiento, sino como broncodilatadores, dado que actúan sobre el músculo liso de la vía aérea, ocasionando una reversión rápida de la obstrucción en pacientes con complicaciones respiratorias como el asma (Courtheyn *et al.*, 2002). En Medicina Veterinaria se utilizan como fármacos tocolíticos, los cuales ocasionan una disminución de Calcio en las células del músculo liso uterino para inhibir la contractilidad, evitando así el parto prematuro, al mismo tiempo que aumentan la presión sanguínea (Kuiper *et al.*, 1998). El interés por el uso de los AA- β en la producción pecuaria posiblemente se inició cuando Baker *et al.* (1984) y Ricks *et al.* (1984) propusieron que se podían implementar para solucionar la problemática de la excesiva deposición de grasa en las canales, y que por ende se podrían obtener carne con tejido magro, tanto intramuscular como de cobertura, hecho que podría ayudar a disminuir el riesgo de enfermedades asociadas al consumo de grasa animal saturada, colesterol elevado y enfermedades coronarias o metabólicas. En su estructura química, los AA- β poseen un anillo aromático que es importante por ser el que les proporciona una actividad biológica definida (Sumano *et al.*, 2002) La mayoría de este tipo de agonistas se biotransforman y se inactivan rápidamente por efecto de las enzimas catecol-O-metil-transferasa tisulares, las cuales metilan los hidroxilos en su anillo aromático, tal es el caso del isoproterenol y la dobutamina (Peters, 1989).

El uso de AA- β en la nutrición animal ha generado resultados variables incluso dentro de las mismas especies. En bovinos alteran el tejido muscular donde promueven

síntesis proteica y la hipertrofia celular (Mersmann, 1998). Lo anterior debido a que inhiben la proteólisis al mismo tiempo que motivan la lipólisis, razón por la cual se les denominan agentes repartidores de energía (Dominguez-Vara *et al.*, 2009). Los resultados de esta redirección del metabolismo energético reflejan un incremento en la masa muscular y reducción en la formación de grasa (Mersmann, 1998; Courtheyn *et al.*, 2002). En ovinos se han observado resultados similares, los cuales difieren en porcinos donde su potencial se ve reducido (Moody *et al.*, 2000). Su uso en aves no ha sido bien definido, ya que se han requerido hasta cinco veces más la dosis usada en otras especies para obtener resultados tangibles (Mersmann, 1998). Se considera que esta variabilidad en las respuestas se debe a la forma tan exhaustiva en la que la especie ha sido seleccionada para una tasa de crecimiento rápida y al modo en que responden los AA- β en estas especies. En el caso de ovinos su uso podría ser ventajoso, ya que tienen la cualidad de que su selección genética no ha sido muy intensa, por lo que tienen mayor potencial para incrementar su tasa de crecimiento con la aplicación de algún promotor de crecimiento (Mersmann, 2002).

2.3 Mecanismo de acción de los agonistas β

El mecanismo de acción de los AA- β aún no está bien definido, sin embargo, se conoce que actúan sobre los Receptores Adrenérgicos- β (RA- β) (Mersmann, 1998). Estos receptores que también son llamados adreno-receptores y se subdividen en dos grupos, según la sensibilidad que poseen, de tal manera que el grupo de receptores- β exhiben mayor sensibilidad a la isoprenalina y menos a la noradrenalina, mientras que los receptores- α responden de manera inversa (Ahlquist, 1984).

Estos RA- β son proteínas conformadas por 450 a 600 aminoácidos y tienen un peso molecular de 40 a 50 KDa, atraviesan la membrana celular y están conformados por tres asas intracelulares y tres extracelulares, donde se unen la adrenalina y noradrenalina (Mersmann, 2002). Estas hormonas, también llamadas “ligando”, son definidas como “agonistas” porque activan al receptor para producir una respuesta (Luna *et al.*, 1990). Se conocen tres subtipos de RA- β , los β 1, β 2 y β 3, los cuales han sido encontrados en la mayor parte de las células de mamíferos, sin embargo, su distribución y proporción varían en cada especie animal, incluso de un tejido a otro, ya que se han encontrado receptores β 1 en miocardio y en músculo liso intestinal. Los receptores β 2 se han encontrado en sistema nervioso central, en conducto bronquial y músculo uterino (Mersmann, 1998). En ovinos, los receptores β 1 y β 2 coexisten en el bíceps posterior y en el área del músculo LD (Domínguez-Varra *et al.*, 2009). Moody *et al.* (2000) han propuesto que los RA- β responden de manera diferente por presentar cierta especificidad establecida por algún componente. Robles-Estrada *et al.* (2009) afirma que los receptores β 1 responden mejor a la presencia del CZ y los receptores β 2 mejor a la presencia de CR.

Cuando se forma el complejo agonista-receptor se activa la proteína Gs, la cual a su vez activa a la adenilato ciclasa, enzima que produce el adenosin monofosfato cíclico (AMPc). Así, la activación de los RA- β causa un aumento en el AMPc, principal molécula de señalización intracelular que regula la actividad de la cinasa proteica A (Jhonson, 2007; Mersmann, 2002). Esta cinasa proteica A puede unirse al DNA para regular la transcripción del DNA a RNAm, asimismo, puede fosforilar a la hormona lipasa. La lipasa fosforilada es la forma activa que inicia la lipólisis (Mersmann, 2002).

Se tiene que considerar que el AMPc se une con la subunidad reguladora de la cinasa proteica A para liberar la subunidad catalítica que fosforila varias proteínas intracelulares (Sumano *et al.*, 2002). Estas proteínas tienen papeles funcionales vitales para una gran cantidad de procesos, que van desde permitir la entrada de Ca^{++} a la célula, hasta mediar la síntesis de proteínas (Sumano *et al.*, 2002).

Con la presencia en la sangre de AA- β , se han observado modificaciones en el metabolismo, las cuales incluyen incremento en los niveles de hormonas como la somatotropina y tiroxina, así como disminución en la concentración de otras hormonas como insulina y el factor de crecimiento de la insulina tipo-1 (Zamiri *et al.*, 1995). También es posible encontrar incrementos en los niveles de norafedrina (Zamiri *et al.*, 1995), aunque cabe mencionar que Nourozi *et al.* (2005) trabajaron con terbutalina y metaproterenol, demostrando que los niveles glucosa en sangre no son afectados por la aplicación de los AA- β .

Adicionalmente los AA- β favorecen la reducción del contenido de grasa en la canal (Delmore *et al.*, 2010). No obstante, es importante señalar que el uso indebido de los AA- β ha causado riesgos a la salud humana; la norma mexicana NOM-061-ZOO-1999 prohíbe el uso de algunos AA- β con excepción del clorhidrato de zilpaterol (CZ) y el clorhidrato de ractopamina (CR), por ser fármacos con menor efecto potencial para generar bronco dilatación, vasoconstricción y aumento en la frecuencia cardiaca (Sumano *et al.*, 2000).

2.4 Residuos en animales tratados con agonistas β

La información sobre efectos dañinos a la salud pública por el uso indebido de clenbuterol en Estados Unidos y la Unión Europea originó su prohibición, por lo cual está en controversia el uso de AA- β en animales destinados a producir carne (Mitchell y Dunnavan, 1998; Guyer y Miller, 1995). En México, su prohibición fue en el año 2000 (NOM-061-ZOO-1999), no obstante, en el periodo de 2002 a 2006, se registraron 192 brotes de intoxicación por este agonista y se presentaron dos o más con las siguientes manifestaciones: taquicardia, cefalea, palpitaciones, náuseas, ansiedad, angustia y malestar general. La dosis promotora de crecimiento óptima del clenbuterol en ganado bovino es aproximadamente de 0.8 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de peso (Sausser *et al.*, 1999; Peters, 1989), sin embargo, como se ha visto que pueden mejorar aún más los rendimientos de la canal, no es raro que los productores administren de cinco hasta diez veces más la dosis mencionada (Peters, 1989). Sauer y Anderson (1994) administraron clenbuterol vía oral 10 veces la dosis terapéutica (10 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de peso/d) durante 21 d en becerros Holstein-Friesian. Determinaron residuos a las seis horas y a los días 1, 2, 4, 8 y 16 después de terminado el tratamiento. Se encontró que las concentraciones fueron más elevadas en el hígado que en el riñón, bilis y orina a partir del segundo día de retiro. Sin embargo, las concentraciones en coroides y retina fueron diez veces mayores que en el hígado. Dado el peso de estas estructuras, es difícil pensar que su acumulación a este nivel puede representar un peligro real. A pesar de ello, la acumulación en retina y coroides es útil, pues proporciona información relevante sobre el uso de AA- β , ya que la melanina es el componente ocular encargado de fijar los AA- β . Howells *et al.* (1994) demostraron que residuos oculares de ratas albinas y ratas testigo tenían la misma

cantidad de residuos de clenbuterol, mientras que las ratas con ojos pigmentados mostraron una mayor acumulación de dicho agonista. No obstante, es un error comparar clenbuterol con zilpaterol o ractopamina dado al potencial inductor de toxicidad tan distinto entre estos AA- β . De hecho, se hace énfasis que no se han encontrado datos de toxicidad debida a consumo de productos de origen animal tratados con ractopamina o zilpaterol. La situación de los residuos es distinta para Ractopamina y Zilpaterol. En ambos casos su eliminación es mucho más rápida, por la ausencia del cloro en el grupo cíclico, que facilita su biotransformación y excreción (Elliot *et al.*, 1998). Los residuos de clenbuterol en productos animales no deben superar concentraciones de 0.5 μg por kg en hígado y riñón, 0.1 μg por kg en músculo (Estrada-Montoya *et al.*, 2008), los cuales son los límites máximos de residuos recomendados por el Comité para Productos Medicinales Veterinarios de la Agencia Europea de Evaluación del Medicamento. En el caso del clorhidrato de zilpaterol, los límites máximos de residuos para los diferentes tejidos comestibles son: hígado y riñón 30 ppb, tejido adiposo 20 ppb y músculo 1 ppb. Se han calculado las concentraciones más bajas, una vez retirado el agonista y para la ractopamina se requieren de 24-48 h y el zilpaterol de 48-72 h, dependiendo del país (Sumano *et al.*, 2002).

En los casos de clorhidrato de zilpaterol y ractopamina, cuando se usan adecuadamente en la producción animal, no deben representar riesgo a la población que consume productos cárnicos de animales alimentados previamente con estos AA- β . Debido a sus propiedades químicas, estos compuestos se consideran de baja magnitud de riesgo asociado con el consumo de tejidos de animales tratados (Smith, 1998). No obstante, en diferentes trabajos realizados en ovinos y bovinos, se reportan

niveles de residuos variables. Sin embargo, los resultados obtenidos pueden diferir de acuerdo con el AA- β empleado, dosis, unidad de producción y características de los animales empleados (Ignacio *et al.*, 2009; Delmore *et al.*, 2010). Por lo tanto, es necesario desarrollar más investigación para conocer los factores que originan esta variación, de tal manera que nos permitan fundamentar el uso de los AA- β o su definitiva eliminación en la alimentación del ganado.

2.5 Caracterización del clorhidrato de zilpaterol

Este agonista es un producto altamente higroscópico en su forma pura, como consecuencia se debe mantener bajo condiciones herméticas de ausencia de luz y a temperaturas por debajo de los 30 °C; su peso molecular es 297.8 y su fórmula molecular es C₁₄H₁₉N₃O₂HCL (Casey *et al.*, 1997). Su apariencia es blanco-amarillenta, altamente soluble en agua, pero no en cloroformo, etanol, acetona o tolueno, y prácticamente insoluble en otros solventes orgánicos (O'Neill, 2001).

El CZ presenta una rápida eliminación gracias a la ausencia del cloro en el grupo cíclico, lo que facilita su biotransformación y excreción. Shelver *et al.*, (2006) afirma que la vida media del CZ es de 15.3 h con una eliminación de los residuos del 90%, por lo que se alcanza un 95% de eliminación de los residuos alrededor del segundo día de retiro. Por esto, el tiempo de retiro señalado es de 48 a 72 h, según el país donde se utilice (Shelver *et al.*, 2006). Sumano *et al.* (2002) encontró que la dosis perjudicial de CZ para alterar el ritmo cardiaco o para ocasionar una broncodilatación en humanos es de 1.4 nm/70 kg, sin embargo, la concentración en músculo a los cero días de retiro en bovinos es de 4.0 ng/g, por lo que resulta prácticamente imposible alcanzar la dosis

perjudicial bajo una suplementación apropiada (92 ng/g). Además, Domínguez-Vara *et al.* (2009) afirma que la cantidad ingerida por residuo de drogas para uso veterinario en los alimentos para consumo humano raramente ocasiona reacciones adversas, ya que las dosis no alcanzan niveles suficientes para producir signos clínicos de intoxicación.

El CZ es el ingrediente activo del producto comercial Zilmax[®] (Intervet/Schering-Plough Animal Health. México D.F., México), permitido para su uso en la alimentación animal. Se adiciona en dietas de finalización y se consume vía oral por los animales. En México y está aprobado oficialmente por la norma NOM-015-ZOO- 2002. En Estados Unidos fue aprobada bajo la norma NADA 141-258 por la FDA desde 2006. Sin embargo, la Comunidad Europea no ha aprobado, dentro de sus países afiliados, su uso en la alimentación animal (Council of the European Communities, 1986).

2.6 Finalización de ovinos con clorhidrato de zilpaterol

2.6.1 Comportamiento productivo

Hasta el momento no se ha establecido la dosis ni el tiempo de administración del CZ para su uso en ovinos, por lo que varios investigadores han comparado la suplementación de CZ en diferentes niveles. Anaya-Alvarado *et al.* (2005) compararon cuatro niveles de CZ (0, 0.075, 0.150 y 0.225 mg) en un periodo de 75 d (10 d adaptación más 60 d de suplementación) con machos Pb, concluyendo que no existió diferencia en CA, ganancia diaria de peso (GDP) y en consumo (CM) entre los diferentes niveles de CZ. Resultados similares fueron obtenidos por Félix *et al.* (2005) al utilizar dos niveles de CZ (45 y 67 ppm) durante 28 d en machos Pb.

López-Carlos *et al.* (2010) Experimentaron con 3 niveles de CZ (0.10, 0.20, 0.30 mg/kg PV/d) junto con 3 niveles de CR (0.35, 0.70 y 1.05 mg/kg PV/d) durante 42 d con ovinos Dr X Kh, observando un incremento lineal entre las diferentes dosis para peso final (PF), ganancia total y GDP, sin embargo, el consumo presentó un efecto cuadrático para CZ y lineal para CR. Los autores concluyeron en recomendar la dosis, para alcanzar el nivel máximo de GDP y CM es de 0.20 mg/kg PV/d para CZ y de 1.05 mg/Kg PV/d, para CR debido a que a estos niveles no se afectó el CMS.

Por su parte, Mondragón *et al.* (2010) usaron machos Rambouillet suplementados con 5.3, 10.6 y 15.9 mg de CZ/Kg de materia seca (MS) durante 30 d, y no observaron mejoría en el consumo de materia seca o peso final, sin embargo, la ganancia diaria de peso y la conversión alimenticia aumentaron en forma lineal conforme el nivel de CZ aumentaba. Salinas-Chavira *et al.* (2004) suplementaron con 4.35 y 6.0 µg CZ/g MS a machos Pb, y no reportaron diferencia en consumo de alimento (1.470 vs 1.375 kg/d), ganancia diaria de peso (0.365 vs 0.347 kg/d). También en ovinos estabulados, Robles *et al.* (2009) reportaron que CZ mejoró significativamente la eficiencia alimenticia y la tasa de crecimiento. Aguilera-Soto *et al.* (2008) suplementaron, por un lapso de 60 d, a machos Rambouillet X Pelibuey con 6 mg kg/MS de CZ, concluyendo que se pueden obtener resultados aceptables al prolongar su aplicación hasta por 30 d, no obstante que se genera una disminución en GDP después de los primeros 15 d.

El CZ también ha sido probado bajo condiciones de agostaderos con pasto *aristatum Dichantium*. Salinas-Chavaría *et al.* (2006) suplementaron en condiciones de pastoreo a ovinos machos Pelibuey con CZ (21.76% de PC y 2.77 Mcal/kg ME)

durante 20 y 30 d, y los resultados de este estudio mostraron que bajo estas condiciones de producción, la adición la suplementación con CZ no es efectiva para mejorar la tasa de crecimiento y el PF.

2.6.2. Características de la canal y calidad de la carne

López-Carlos *et al.* (2010) reportaron mejoría del 3% en el rendimiento de CC, el rendimiento en CF la mejoría fue del 5% y una merma 0.5% mayor en el grupo tratado con $0.3 \text{ mg/kg}^{-1} \text{ PV d}^{-1}$ de CZ a comparación del grupo no tratado. Los estudios de Félix *et al.* (2005) y Aguilera-Soto *et al.* (2008) reportaron que la suplementación de CZ no afectó el rendimiento ni la producción de cortes en corderos. Mondragón *et al.* (2010) afirman que suplementando 15.9 de CZ/kg de MS se puede aumentar el rendimiento en 2.8% en relación al grupo testigo en machos Rambouillet. Estrada-Angulo *et al.* (2008) observaron un incremento en el rendimiento de 2.3% con 0.20 mg de CZ/kg de PV d^{-1} . A pesar de que son muy pocos los trabajos que reportan el rendimiento de canales de ovinos suplementadas con CZ, se puede asumir que éste impacta de manera positiva al rendimiento, hecho que justifica el uso este AA- β .

El uso del CZ ha demostrado mejorar algunas características de canal de importancia económica para el ovinocultor. Salinas-Chavira *et al.* (2004) Señalan que la dosis de 6.0 mg CZ/g MS incrementa el área del musculo *Longissimus dorsi* (LD) en corderos Pb en relación a una dosis de 4.35 $\mu\text{g ZH/g MS}$. Además, mencionan que se puede reducir el espesor de grasa dorsal en 0.04 cm suplementando con CZ en condiciones de agostadero (Salinas-Chavaria *et al.*, 2005).

Estrada-Angulo *et al.* (2008) suplementaron ovinos de pelo durante 32 d con distintas dosis de CZ (0.15, 0.20, 0.25 mg/kg PV/d), reportando pesos para canal caliente (CC) de (27.72, 28.33, 27.63 \pm 0.55) respectivamente, pesos que estadísticamente no fueron diferentes (P=0.20), sin embargo, el rendimiento de la canal fue mayor 2.3% (P=0.04) a comparación al grupo testigo, la grasa pélvica y de riñón alcanzo una reducción del 36% (P<0.05). Contrario a estos resultados Félix *et al.* (2005) reportaron que el uso del CZ no produce cambios sobre las características de la canal en ovinos machos Pb. López-Carlos *et al.* (2010) reportaron mejoría en CC de 2 kg y de CF de 2 kg, el espesor de grasa dorsal (fue 0.23 cm menos) sin embargo, la merma fue 0.5% mayor en el grupo tratado con 0.3 mg PV/d de CZ a comparación del grupo no tratado, De manera similar, Mondragón *et al.* (2010) encontraron un incremento en las características de CC, CF, conformación y rendimiento cuando suplementó con CZ comparado con el grupo testigo. En ese mismo trabajo probaron 4 niveles de CZ (0, 5.3, 10.6 y 15.9 mg de CZ/kg de MS) y observaron que adicionando 15.9 mg de CZ/kg MS se aumentó el área del músculo LD y redujo el espesor de GD, el perímetro de las piernas. Adicionalmente, la composición química del músculo LD mostró efecto lineal negativo y positivo en el contenido de grasa y proteína, respectivamente, esto como el nivel de CZ fue aumentando de 0 hasta 15.9 mg/kg de MS.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización del estudio

El experimento se realizó en la postas ovina del Instituto de Ciencias Agrícolas (ICA) de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC).

115° 11' LN, 115° 11' LO, y una altura de 8.7 m.s.n.m.); el clima de esta zona es seco y caliente, con temperaturas máximas en verano de hasta 50°C y mínimas durante invierno que llegan a 0°C. El promedio anual de precipitación anual es de 85 mm y el de Humedad Relativa (HR) de 20 a 50% (García, 1867).

3.2 Animales, manejo y tratamientos

Se usaron 24 corderas cruzadas de raza de pelo Dorper (Dr) X Pelibuey (Pb) con peso promedio inicial de 25.1 ± 0.6 kg, y edad de 4 meses, el inicio del experimento fue el 20 de abril al 23 de Mayo del 2010 (34 d) con temperatura promedio de 21 °C.; las corderas utilizadas nacieron en diciembre del 2009. Antes de comenzar el experimento, todas las corderas fueron adaptadas a la dieta quince días antes, desparasitadas (0.5 ml de Ivermectina, (SanFer®, México D.F., México) y vitaminadas (1.0 ml de Vigantol ADE, (Bayer®, México D.F., México). La movilidad y el manejo implicado a los animales fue bajo la NOM-033-ZOO-1995 (trato humano en la movilización de animales). La dieta de adaptación fue la misma que se ofreció durante el desarrollo del experimento como dieta base (Cuadro 1). Adicionalmente, las corderas se acomodaron en forma individual en corraletas, donde cada una contaba con comedero y bebedero.

Al inicio del experimento, cada cordera fue pesada de manera individual y este peso fue usado como factor de bloqueo, de tal manera que las parejas fueron formadas en base al peso inicial y raza. Después fueron asignadas aleatoriamente a uno de dos tratamientos: 1) dieta basal (grupo testigo), y 2) dieta basal suplementada con 10 mg de CZ/animal/d (grupo CZ; Zilmax®, Intervet/Schering-Plough Animal Health, México, D.F., México) para asegurar el consumo de CZ en el grupo tratado, el CZ se mezcló en 50 g de grano de trigo que se adicionó a la dieta basal a las 7:00 h para garantizar el consumo. La cantidad de la dieta suministrada fue en proporción al 4.5% del peso vivo y se sirvió a razón del 40% a las 7:00 h y el 60% restante a las 15:00 h. El CZ fue retirado al término de la fase de alimentación, 48 h antes de finalizar la prueba de comportamiento productivo.

Cuadro 1. Ingredientes y composición de la dieta proporcionada a corderas tratadas y no tratadas con Clorhidrato de Zilpaterol

	Tratamientos*	
	Testigo	CZ
Ingredientes de dieta básica (%)		
Trigo	61.9	61.9
Alfalfa	20.0	20.0
Soya	8.0	8.0
Melaza	4.9	4.9
Premix (Mineral y Vitaminas)	3.8	3.8
Sal	0.3	0.3
Fosfato de Calcio	1.0	1.0
Limestone	1.0	1.0
Clorhidrato de Zilpaterol mg/d/animal	0.0	10.0

Composición química (en base a MS)

Energía Metabolizable (Mcal/Kg)	2.8	2.8
Materia Seca (%) digestible	93.4	93.4
Materia Orgánica (%)	89.5	89.5
Proteína Cruda (%)	14.5	14.5
Fibra Detergente Neutra (%)	28.8	28.8
Fibra Detergente Acida (%)	11.1	11.1
Ceniza (%)	3.9	3.9

*Dieta basal para el grupo testigo y grupo suplementado con Clorhidrato de Zilpaterol.

3.3 Prueba de comportamiento en corral

La cantidad de alimento ofrecido y rechazado fue pesado durante todo el periodo experimental por las mañanas para determinar el consumo de materia seca (CMS). Asimismo, la cantidad del alimento ofrecido diariamente se ajustaba en base al CMS del día anterior para disminuir la cantidad de alimento rechazado. Tanto el peso inicial como final fue ajustado con el fin de eliminar el posible incremento de peso por llenado ruminal. En el caso de peso inicial se ajusto multiplicándolo por 0.96, y el peso final a través de un ayuno de 24 h antes de registrar dicho peso. Se estimo la ganancia diaria de peso ($GDP = (\text{Peso inicial} / \text{Peso final}) / \text{días de prueba}$), la conversión alimenticia ($CA = \text{CMS} / GDP$) y la eficiencia alimenticia ($EFA = GDP / \text{CMS}$).

3.4 Caracterización de la canal

Después de terminar la prueba de comportamiento, todas las corderas fueron sacrificadas bajo la norma NOM-033-ZOO-1995 (sacrificio humanitario de los animales domésticos y salvajes en México) en las instalaciones del taller cárnico del Instituto de Ciencia Agrícolas (ICA). Para el sacrificio de los animales se utilizó el método de

degüello sin previa insensibilización, seccionando la cabeza a la altura de la articulación atlantooccipital; posteriormente, se separó la piel, las patas y los órganos de las cavidades torácica, abdominal y pélvica, así mismo la grasa mesentérica y omeal. Terminado el sacrificio se registró el peso de la piel, cabeza, rumen, intestino delgado, peritoneo, corazón, riñón, la grasa corazón-pélvico-riñonal (KPH), todos los órganos intestinales se pesaron vacíos, inmediatamente después de retirar la grasa KPH a las canales se obtuvo el peso de la canal caliente (PCC). Las canales fueron refrigeradas durante 24 h a una temperatura de 4 °C, en donde se evaluó la Conformación de la canal de acuerdo a la metodología de Smith et al. (2001). Al término de la refrigeración se registro el peso de la canal fría (PCF) y la longitud de la canal (cm²), medición tomada del eje longitudinal a lo largo de la línea media dorsal (columna vertebral), desde la última vértebra cervical hacia la última vértebra sacra. Posteriormente se realizó un corte entre la 12^a y 13^a costilla para medir el área del ojo de la costilla (AOC) con una plantilla graduada para medición rápida. La profundidad de la grasa dorsal (mm) se realizó usando una regla de acero inoxidable colocada perpendicularmente sobre la doceava costilla, a dos tercios hacia afuera de la línea media dorsal, medición realizada del lado derecho (USDA, 1992).

Para el despiece de las canales se siguieron los procedimientos comerciales y se obtuvieron los cortes del cuarto delantero que incluyen Costilla, lomo, espaldilla y pescuezo. El cuarto trasero incluye, pierna, lomo plano y sirloin. El peso de los cortes fue expresados como porcentaje del peso de la canal fría. Mientras que los componentes no cárnicos (piel, cabeza, patas, rumen, omaso, abomaso, intestino delgado, peritoneo, corazón, pulmones y riñones), fueron expresados como porcentaje

del peso al sacrificio y la grasa KPH fue expresada como porcentaje del peso de la canal caliente.

3.5 Análisis Estadístico

Toda la información se sometió a un análisis de varianza bajo un diseño de bloques completos al azar usando el procedimiento PROC MIXED del programa SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC). Cada cordera representó una unida experimental. Las medias se compararon con una prueba de t-student, usando la opción PDIFF de la declaración LSMENS, del paquete estadístico SAS (2004). Los efectos se consideran significativos cuando $P \leq 0.05$.

4. RESULTADOS

4.1 Comportamiento en corral

En el Cuadro 2 se presentan los resultados de comportamiento productivo por efecto de la suplementación con clorhidrato de zilpaterol. Las corderas alimentadas con CZ presentaron mayor ($P<0.01$) peso final, GPT, GDP y eficiencia alimenticia que las testigo. No obstante, el consumo de alimento diario fue similar ($P>0.05$) entre tratamiento.

Cuadro 2. Prueba de comportamiento de corderas tratadas y no tratadas con Clorhidrato de Zilpaterol

Variables	Tratamientos		Error Estándar	Valor de P
	Testigo	CZ		
Peso inicial (kg)	24.11	24.14	0.12	0.868
Peso final (kg)	32.38	34.52	0.36	0.002
Ganancia de peso total (Kg)	8.27	10.38	0.36	0.002
Ganancia diaria de peso (kg/d)	0.242	0.304	0.10	0.001
Consumo diario de alimento (kg/d)	1.29	1.30	0.04	0.795
Eficiencia alimenticia ²	0.187	0.232	0.68	<0.001

¹ CZ= Corderas tratadas con 10 mg/d de Clorhidrato de Zilpaterol.

² Kg ganancia en peso / Kg de alimento consumido

4.2 Características de la canal

En el Cuadro 3 se presentan los resultados de características de canal por efecto de la suplementación con clorhidrato de zilpaterol. Las canales de corderas suplementadas con CZ fueron más pesadas ($P<0.01$), tanto en caliente como en frío, que las canales de corderas testigo. Consecuentemente, el rendimiento en canal fue 4.3% mayor ($P<0.01$) con CZ en relación al otro grupo. Además, las canales de CZ presentaron significativamente mejor conformación ($P<0.01$) y mayor AOC ($P<0.01$) que las canales de testigo. El largo de la canal y las variables de deposición de grasa no fueron afectadas ($P>0.05$) por CZ. La merma en canal por enfriamiento también fue similar entre tratamientos ($P>0.05$).

Cuadro 3. Características de la canal de corderas tratadas y no tratadas con Clorhidrato de Zilpaterol.

Variables	Tratamientos ¹		Error Estándar	Valor de P
	Testigo	CZ		
Peso de la canal caliente (kg)	14.54	16.73	0.19	<0.001
Peso de la canal fría (kg)	14.22	16.37	0.19	<0.001
Rendimiento (%) ²	46.78	51.09	0.30	<0.001
Longitud de la canal (cm)	54.46	54.21	0.82	0.833
Conformación ³	7.04	7.96	0.08	<0.001
Área del ojo de la costilla (cm ²)	10.67	14.35	0.41	<0.001
Grasa dorsal (cm)	0.26	0.23	0.03	0.503
Grasa KPH (%) ⁴	6.76	7.05	0.63	0.751
Merma (%) ⁵	0.32	0.37	0.03	0.292

¹ CZ= Corderas tratadas con 10 mg/d de Clorhidrato de Zilpaterol.

² Peso de la canal caliente expresado en porcentaje del peso final.

³ Escala de calificación de 1 a 10, donde 1 es mala y 10 excelente.

⁴ Peso de la grasa KPH expresada como porcentaje de la canal caliente.

⁵ Diferencia entre peso de la canal caliente y peso de la canal fría.

4.3 Cortes de venta

En el Cuadro 4 se presentan los resultados de rendimiento de cortes de venta por efecto de la suplementación con clorhidrato de zilpaterol. Solamente el porcentaje de cuello fue afectado por CZ, siendo menor ($P < 0.01$) por efecto del agonista (3.33 vs 4.11). En el caso de porcentaje de lomo, se observó una tendencia ($P = 0.06$) a incrementarse por efecto del zilpaterol. Cortes como cuarto delantero, costilla, espaldilla, cuarto trasero, pierna, lomo plano y sirloin tuvieron similar porcentaje entre tratamientos ($P > 0.05$).

Cuadro 4. Porcentaje de cortes en canales de corderas tratadas y no tratadas con Clorhidrato de Zilpaterol.

Variables (%) ²	Tratamientos ¹		Error Estándar	Valor de P
	Testigo	CZ		
Cuarto Delantero	50.68	49.90	0.32	0.111
Cuello	4.11	3.33	0.08	<0.001
Costillas	19.20	19.03	0.47	0.802
Lomo	8.69	9.41	0.24	0.060

Espaldilla	27.09	27.32	0.56	0.771
Cuarto Trasero	47.09	47.56	0.36	0.381
Piernas	32.69	33.62	0.49	0.207
Lomo Plano	10.48	9.97	0.27	0.210
Sirloin	13.92	13.54	0.51	0.606

¹ CZ= Corderas tratadas con 10 mg/d de Clorhidrato de Zilpaterol.

² Peso de cortes expresado en porcentaje de la canal fría.

4.4 Componentes no cárnicos

En el Cuadro 5 se presentan los resultados de porcentajes de componentes no cárnicos por efecto de la suplementación con clorhidrato de zilpaterol. Los porcentajes de peritoneo, cabeza y patas decrecieron ($P \leq 0.021$) por efecto de CZ. El resto de los componentes (pulmón, riñón, hígado, corazón, piel, intestino delgado y rumen-omaso-abomaso) no fueron afectados ($P > 0.05$) por CZ.

Cuadro 5. Porcentaje de componentes no cárnicos de corderas tratadas y no tratadas con Clorhidrato de Zilpaterol

Variables (%) ²	Tratamientos ¹		Error Estándar	Valor de P
	Testigo	CZ		
Rumen, omaso y abomaso	3.48	3.43	0.20	0.862
Intestino delgado	1.71	1.74	0.09	0.794
Peritoneo	4.04	2.26	0.17	<0.001
Piel	8.01	7.83	0.32	0.693

Cabeza	5.35	4.94	0.10	0.021
Patas	2.76	2.46	0.70	0.015
Corazón	0.45	0.43	<0.01	0.286
Hígado	2.07	2.04	0.05	0.756
Riñón	0.31	0.31	0.01	0.899
Pulmón	1.37	1.40	0.07	0.806

¹ CZ= Corderas tratadas con 10 mg/d de Clorhidrato de Zilpaterol.

² Pesos de los componentes no cárnicos expresados en porcentaje del peso al sacrificio.

5. DISCUSIÓN

5.1 Comportamiento productivo

Los resultados de este estudio demostraron que, al igual como se observa en ganado de carne, el agonista CZ mejora significativamente el crecimiento y la eficiencia alimenticia sin incrementar el consumo de alimento en los ovinos de pelo. Mersmann (1998) menciona que los animales que consumen agonistas β -2 incrementan su tasa de crecimiento porque estos agonistas incrementan la masa muscular debido a que preferencialmente estimulan el crecimiento del músculo esquelético comparado con tejido adiposo. Resultados similares han sido observados en vaquillas (Montgomery et al., 2009; Neill et al., 2009; Robles-Estrada et al., 2009a) y corderos machos (Estrada-Angulo et al., 2008; Robles-estrada et al., 2009b; Mondragón et al., 2010) alimentados con CZ. No obstante, Aguilera-Soto et al. (2008) y López-Carlos et al. (2010) reportaron que la inclusión de CZ no afectó las variables de estudios relacionadas con el crecimiento de corderos de raza de pelo y sus cruces con lana. Asimismo, Macías-Cruz et al. (2010) usando la misma cantidad de CZ para alimentar corderas en época de verano, encontraron que este agonista no afectó el comportamiento productivo de las hembras, atribuyendo esos resultados a las altas temperaturas ambientales que se registraron durante el estudio. Posiblemente, en ese estudio CZ no funcionó para mejorar el crecimiento de los corderas porque modificaciones fisiológicas y endócrinas por efecto del estrés calórico provocó una disminución en el número de receptores en el músculo esquelético y tejido adiposo (Ekpe et al., 2000). El mecanismo de un receptor agonista β in vivo puede ser extremadamente complejo, ya que cualquier cambio hormonal y fisiológico puede delimitar la unión de los agonistas con sus

respectivos receptores, o bien, desactivarlos en su totalidad (Mersmann, 1998). Así, aun cuando la concentración de un agonista β sea alta en el cuerpo del animal, la inactivación de sus receptores limita su acción.

En general, las discrepancias entre estudios sobre comportamiento productivo por efecto de zilpaterol reflejan una complejidad de la acción de esta droga in vivo, y varios factores pudieron haber estado influenciando los resultados, tales como: dosis, raza, edad, sexo, manejo, condiciones ambientales, otros (Moody et al., 2000). Cabe mencionar que, a diferencia de los resultados encontrados en ovinos, en becerros y vaquillas finalizados en corral con CZ han observado en forma constante a través de los estudios un incremento en la ganancia diaria de peso y eficiencia alimenticia por efecto del CZ. Aunque en la engorda de vaquillas fue más variable las mejoras en comportamiento productivo por efecto de ese agonista (Walker et al., 2010), lo cual se ha atribuido a cambios fisiológicos inherentes a su estatus de hembras (p.e. niveles hormonales y estado reproductivo), y no necesariamente a la efectividad del agonista β (Montgomery et al., 2010).

5.2 Características de canal

La adición de zilpaterol a las dieta de finalización de las corderas de pelo durante 34 d antes del sacrificio, favoreció un mayor peso de canal caliente y fría, y consecuentemente, más alto rendimiento en canal (~4% más). Además, las canales de corderas alimentadas con CZ presentaron mejor conformación y mayor AOC comparado con canales de corderas no alimentadas con CZ. Estos efecto de CZ fueron atribuidos al efecto anabólico que este agonista produce sobre el músculo, tales

como hipertrofia muscular, cambios en la frecuencia de tipos de fibras, tasa diferencia de ADN y ARN muscular, y síntesis de proteína (Beermann, 2002). El incremento en peso y conformación de canal, y AOC sugiere la capacidad de CZ para mejorar desarrollo muscular en canales de corderos de pelo. Adicionalmente, estos resultados agregan evidencias de que el incremento del peso vivo por acción de zilpaterol se debe principalmente a una mayor formación de masa muscular comparado con la formación de tejido adiposo. Los agonistas adrenérgicos β se caracterizan por incrementar en la circulación sanguínea los niveles de hormona del crecimiento y tiroxinas, y reducir las concentraciones de insulina y del factor de crecimiento IGF-I en corderos (Beermann et al., 1987). En congruencia con los resultados de este estudio, Macías-Cruz et al. (2010) encontraron que las canales de corderas Dorper x Pelibuey suplementadas con CZ bajo condiciones estrés calórico tuvieron mayor peso de canal caliente y fría, rendimiento en canal y AOC que las canales de corderas alimentadas con CZ. Usando otro agonista β -2, Nourozi et al. (2008) también encontraron una mejora en las mismas características de canal antes mencionadas cuando suplementaron ovejas Moghani con 10 o 20 mg de terbutalina o metaproterenol por kg de materia seca.

Por otra parte, en canales de corderos machos también se ha observado una mejora significativa en las características de canal por efecto de CZ (López-Carlos et al., 2010; Mondragón et al., 2010); aunque algunos estudios recientes indican que zilpaterol no tiene ningún efecto sobre pesos y rendimientos de canales (Aguilera-Soto et al., 2008; Robles-Estrada et al., 2010b). Estas variaciones entre estudio pueden ser debido a diferencias en sexo, genotipo o composición de la dieta.

Adicionalmente, se detectó en este estudio que la grasa corporal (KPH y grasa de cobertura) no varió por acción del zilpaterol. Similares resultados de deposición de grasa por acción del CZ fueron reportados en corderas finalizadas bajo condiciones de estrés calórico (Macías-Cruz et al., 2010). También en engorda de becerras y de vaca de desecho han reportado que CZ no altera la deposición de grasa interna del cuero (Montgomery et al., 2009; Neill et al., 2009; Robles-Estrada et al., 2009a; Strydom and Smith, 2010). Zilpaterol es considerado un agente repartidor que promueve principalmente la deposición de proteína en músculo esquelético y mínimamente afecta el metabolismo de las grasas y otros compuestos (Leheska et al., 2009).

5.3 Cortes de venta

Existe muy poca información sobre rendimiento de cortes de venta por efecto de CZ en ovinos. No obstante, en ganado de carne la información disponible al respecto es mayor, pero contradictoria. En el presente estudio, con excepción de pescuezo, los porcentajes de cortes de venta no fueron afectados por CZ. El porcentaje de pescuezo disminuyó por efecto de CZ, mientras que el porcentaje de lomo tendió a ser mayor en canales de corderas alimentadas con este agonista. Las variaciones en respuesta a suplementación de CZ entre cortes de venta de ovinos, se debieron al tipo de fibras musculares que estaban presentes en cada corte. Walker et al. (2010) reportaron que fibras musculares de tipo II mostraban una mayor respuesta al estímulo de los agonistas β , y por lo tanto, cortes de venta con una mayor cantidad de fibras tipo II podrían tener una mayor respuesta a suplementación con zilpaterol. En congruencia con los resultados de este estudio, Plascencia et al. (2008) también observaron en

ganado de carne un efecto negativo de CZ sobre algunos cortes de venta. Similarmente, en un estudio realizado en corderas, encontraron que CZ redujo los porcentaje de cuartos de delanteros, pescuezo y paleta (Macías-Cruz et al., 2010).

5.4 Componentes no cárnicos

Estos resultados de componentes no cárnicos coinciden con otros resultados previamente publicados en ovejas de raza de pelo suplementadas con CZ bajo condiciones de estrés calórico (Macías-Cruz et al., 2010). También con los de Holland et al. (2010), quienes reportaron que CZ no afecta los pesos de las vísceras de ganado de carne cuando se expresan como porcentaje del peso al sacrificio. Reeds y Mersmann (1991) encontraron que los receptores de agonistas β -2 están principalmente distribuidos en músculo esquelético mientras que en músculo liso la presencia de estos receptores es baja, lo cual explica porque la mayoría de los pesos de las vísceras expresados como porcentaje del peso al sacrificio no fueron afectados por CZ.

Sorpresivamente, en este estudio se observó que zilpaterol provoca que el peso de cabeza y peritoneo se reduzca. Montgomery et al. (2009) plantearon la siguiente hipótesis: el ganado de carne suplementado con CZ presenta mayor peso de canal caliente y rendimiento de canal debido a que incrementa su masa muscular al transferir nutrientes de componentes no cárnicos a tejidos de la canal, específicamente a partir de órganos viscerales. También en este se menciona que puede deberse a que los nutrientes consumidos son direccionados principalmente a tejido de canal por efecto de CZ. Por lo tanto, esas hipótesis sugieren una reducción en peso de algunos

componentes no cárnicos en corderas alimentadas con zilpaterol como una consecuencia de un incremento en la masa muscular de la canal. Sin embargo, Montgomery et al. (2009) sustentaron esa hipótesis basado en resultados previamente reportados en cerdos (Hansen et al., 1994) y ratones (Sharma et al., 1997), donde el peso del hígado y los riñones se redujo significativamente por la administración oral de clenbuterol y salbutamol. No obstante, en este estudio no se observaron efectos de CZ sobre el peso de órganos viverales.

6. CONCLUSIONES

En conclusión, la ganancia diaria de peso y la eficiencia alimenticia de corderas Dorper x Pelibuey finalizadas en corral, se incrementa significativamente con la adición de CZ en la dieta 34 días antes del sacrificio. Esto sin afectar el consumo diario de alimento. Asimismo, zilpaterol aumenta los pesos de las canales y los rendimientos de canales en corderas de pelo, lo cual favorece una mayor AOC. La mejoras en estas características de canal son de importancia económica para los ovinocultores, ya que en el mercado Mexicano se vende principalmente en pie o en canal.

Además, contrario a los esperados, el agonista β zilpaterol no reduce la deposición de grasa en la canal tanto interna como de cobertura, lo cual sugiere que su acción va direccionada principalmente sobre la formación de músculo esquelético.

Finalmente, la suplementación de CZ no tiene efecto sobre el rendimiento de cortes de venta y órganos viscerales.

7. LITERATURA CITADA

- Aguilera-Soto, J. I., Ramírez, R. G., Arechiga C. F., Mendez L. F., Lopez M. A., Silva R. J. Rincón D.R., Duran R.F. 2008. Zilpaterol hydrochloride on performance and sperm quality of lambs fed wet brewer grains. *J. Appl. Anim. Res.* 34: 17-21.
- Anaya-Alvarado, D.L., Guevara, M.G., Argudin, S.O., 2005. Comportamiento productivo de ovinos engordados en corral utilizando clorhidrato de zilpaterol en el alimento. *XIX Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal*. Tampico, Tamps, México. pp 324-326.
- Ahlquist RP. A study of the adrenotropic receptors. *Am J Physiol* 1948;153: 586-589.
- Avendaño-Reyes, L., Torres R. V., Meraz M.F.J., Pérez L. C., Figueroa S. V. F., Robinson P. H.. 2006. Effects of two β -adrenergic agonists on finishing performance, carcass characteristics, and meat quality of feedlot steers. *J. Anim. Sci.* 84:3259–3265.
- Avendaño-Reyes, L., Álvarez V.F.D., Molinar R.L., Saucedo Q.J.S., Correa CA., Vejar ORS., Escobar B.J., Bernal V.J.I. 2004. Engorda de borregos Pelibuey y sus cruza con Dorper y Katahdin bajo condiciones de estrés calórico: Resultados preliminares. En memoras del XXVIII Congreso Buiatria. Morelia, México.
- Baker, P. K., Kiernan J. A., 1983. Phenylethanolamine derivatives and acid addition salts thereof for enhancing the growth rate of meatproducing animals and improving the efficiency of feed utilization thereby. US Patent #4,404,222.
- Beermann D.H., Hogue D.E., Fishell V.K., Dalrymple R.H., Ricks C.A., 1986.

- Effects of cimaterol and fishmeal on performance, carcass characteristics and skeletal muscle growth in lambs. *J. Anim. Sci.* 62: 370-380.
- Beckett J.L., Delmore R.J, Duff G.C., Yates D.A., Allen D.M., Lawrence T.E., Elam N. 2009. Effects of zilpaterol hydrochloride on growth rates, feed conversion, and carcass traits in calf-fed Holstein steers. *J. Anim. Sci.* 87: 4092-4100.
- Bianca,W., 1962. Relative importance of dry and wet bulb temperatures in causing heat stress in cattle. *Nature. London.* 195, 251.
- Bruckmaier, R. M., Blum, J. W. 1992. Responses of calves to treadmill exercise during beta-adrenergic agonist administration. *J. Anim. Sci.* 70: 2809–2821.
- Bores Q. R., Velázquez M. A., Heredia M., Aguilar., 2002. Evaluación de razas terminales en esquemas de cruce comercial con ovejas de pelo F1. *Téc. Pecu. Méx.*40; 71-79.
- Cabrera-Núñez A., Rojas M.P., Renteria D.I., Serrano S. A., López M. 2007. Influencia de la suplementación sobre la ganancia de peso y calidad de la canal en borregos Dorper/Katahdin. *Revista UDO Agrícola* 7:245- 251.
- Casey N.H., Webb, E.C. & Sansot. M., 1994. The influence of the beta adrenergic agonist. zilpaterol on heart rates and some metabolic parameters in feedlot steers. .
- Casey N.H. y Maritz J.L., 1997. The physiological response of feedlot steers to the β -adrenergic agonist Zilpaterol. Dissertation. MSc (Agric) (Production Physiology).
- Council of the European Communities. 1986. Council Directive 86/469EEC of 16 September 1986. *Off. J. Eur. Cummun.* L275:36.

- Courtheyn D., Le Bizec B., Brambilla G., De-Brabander H.F., Cobbaert E., Van de Wiele M., Vercammen J., De Wasch K. 2002. Recent developments in the use and abuse of growth promoters. *Analytica Chimica Acta* 473: 71-82.
- Darcan N, Güney O. 2008. Alleviation of climatic stress of dairy goats in Mediterranean climate. *Small Ruminant Research* 74, 212-215.
- Denek N., Can A., Tufenk S., Yazgan K., Ipek H., Iriadam M. 2006. The effect of heat load on nutrient utilization and blood parameters of Awassi ram lambs fed different types and levels of forages. *Small Rumin Res.*, 63 (2006) 156-161.
- Dikeman, M.E. 2007. Effects of metabolic modifiers on carcass traits and meat quality *Meat Science*. 77:121-135.
- Dixon R.M., Thomas R., Holmes J.H.G. 1999. Interactions between heat stress and nutrition in sheep fed roughage diets. *Journal of Agricultural Science* 132, 351- 359.
- Domínguez-Vara I. A., Mondragón A. J., González R. M., Salazar G. F., Bórquez G. J. L., Aragón M. A. 1999. Los β -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.
- Dunshea F.R., D'Souza D.N., Pethick D.W., Harper G.S., Warner R.D. 2005. Effect of dietary factors and other metabolic modifiers on quality and nutritional value of meat. *Meat Science* 71, 8-38.
- Ealy, D. A., M. Drost., and J. P. Hansen. 1993. Developmental changes in embryonic resistance to adverse effects of maternal heat stress in cows. *J. Dairy Sci.* 76:2899-2905.

- Ekpe ED, Moibi JA, Christopherson RJ (2000) Effects of temperature and plane of nutrition on beta-adrenergic receptors in heart, kidney, and liver of lambs. *J Anim. Sci.* 78; 1907-1916.
- Estrada-Angulo, A., Barrera-Serrano, A., Contreras, G., Obregón, J.F., Robles-Estrada, J.C., Plascencia, A., Zinn, R.A. 2008. Influence of level of zilpaterol chlorhydrate supplementation on growth performance and carcass characteristics of feedlot lambs. *Small Rumin. Res.* 80: 107-110.
- FAOSTAT, 2007. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Principales países importadores de carne de ovino. 2007. Disponible en: <http://faostat.fao.org/site/291/default.aspx>.
- Felix A., Estrada-Angulo, A., Ríos F. G., Ramos C.H., Pérez B.A. 2005. Effect of zilpaterol clorhidrate on growth performance and carcass traits in finishing sheep. *J. Anim. Sci.* 83. Suppl 1.
- Fiems L.O., Boucqué C.V., Van Cottyn B.G., De Voorde G. 1991. Effect of dietary cimaterol on performance and carcass traits in bulls and on aspects of digestion in cattle and sheep. *Anales de Zootechnie.* 40; 191-200.
- Fain J. N., García S.J. A.. 1983. Adrenergic regulation of adipocyte-metabolism. *J. Lipid Res.* 24:945.
- García E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koeppen para adaptarlo a las condiciones de la república mexicana. (2nd edn) Instituto de Geografía. UNAM. Ciudad Universitaria, México, D.F.

- González, M.S., Bores Q.R., Herrera S.R. 1991. Effect of energy level on compensatory growth in lambs. III. Body Composition and carcass yield. *J Anim. Sci.* 69;(Suppl.1):71-79.
- Gruber S.L., Tatum J.D., Engle T.E., Prusa K.J., Laudert S.B., Schroeder A.L., Platter W.J., 2008. Effect of ractopamine supplementation and post-mortem aging on longissimus muscle palatability of beef steers differing in biological type. *J Anim. Sci.* **86**; 205-210.
- Leheska J.M., Montgomery J.L., Krehbiel 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.
- Gutiérrez, J., Rubio, M.S., Méndez, R.D. 2005. Effects of crossbreeding Mexican Pelibuey sheep with Rambouillet and Suffolk on carcass traits. *Meat Sci.* 70, 1-5.
- Hahn GL. 1999. Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. *J. Dairy Sci.* 82; (Suppl.2) 10-20.
- Jensen, K. H., Oksbjerg, N. and Jorgensen, E. 1994. Dietary salbutamol and level of protein: effects on the acute stress response in pigs. *Physiol. Behav.* 55: 375-379.
- Johnson, H.D., 1987. In: Johnson, H.D. (Ed.), *Bioclimatology and the adaptation of livestock*. Elsevier science, publishers BV5. Amsterdam/Oxford/New York/Tokyo.
- Johnson, B.L., Chung K. Y., 2007. Alteration in the physiology of growth cattle with growth-enhancing compounds. in *veterinary clinics of North America:Food*

- Animal Practice. Vol. 23. L.C. Hollins and K.C. Olson, ed, W.B. Saunders Co. Philadelphia, PA. Pg. 321-332
- Kim, Y. S., Sainz R. D., Summers R. J., Molenaar P. 1992. Cimaterol reduces β -adrenergic receptor density in rat skeletal muscles. J. Anim. Sci. 70:115-122.
- Koohmaraie, M., S. D. Shackelford and T. L. Wheeler (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.
- Kuiper H.A., Noordam M.M., Dooren-Flipsen V., Shuult R., Roos H., 1998. Illegal use of beta-adrenergic agonists: European Community., J. Anim. Sci. 76:195-207.
- Li Y.Z., Christopherson R.J., Field C.J .2000. Effects of beta-adrenergic receptor agonist and low environmental temperature on the immune system of growing lambs. Can. J. Anim. Sci. Vol 81, N°XX, 605 -613.
- Li Y.Z., Christopherson R.J., Li B.T., Moibi J.A. 2000. Effects of a beta-adrenergic agonist L-644,969 on performance and carcass traits of growing lambs in a cold environment. Can. J. Anim. Sci. 80, 459-465.
- López-Carlos M.A., Ramírez R.G., Aguilera S. J. I., C.F. Aréchiga., Rodríguez H. 2009. Efecto de tres niveles de zilpaterol y ractopamina en la dieta sobre las características de crecimiento y de la canal de ovinos Dorper x Katahdin en finalización. En memorias de la XXXVII Reunión de la Asociación Mexicana de Producción Animal. Chihuahua. México.

- López-Carlos M.A., R.G. Ramírez., J. I. Aguilera-Soto., C.F. Aréchiga., F. Méndez-Llorente, H. Rodríguez., J.M. Silva., Effect of ractopamine hydrochloride and zilpaterol hydrochloride on growth, diet digestibility, intake and carcass characteristics of feedlot lambs. *Livestock Science*. 131; 23-30.
- Luna P., Molina J., Lesprón C. Ma., Romero J., Beltrán U., González C. O.1990. Bloqueadores beta y anestesia. *Rev. Mex. Anest.* 13:215-223.
- Macías, C. U., Quintero J. A. E., Álvarez, F. D. V., Correa, A. C., Torrentera, N., Molina, L. R., González, A. R., Avendaño, L. R. 2008. Características de la canal en corderos Pelibuey y su cruce con Dorper y Katahdin en el valle de Mexicali. En memorias de la XXXVI Reunión Anual de la Asociación Mexicana de Producción Animal A.C., Nuevo León, México, pp:108-114.
- Macías C., U., Álvarez F.D.V., Rodríguez J.G., Correa, C.A., Medina T.S.C., Molina L.R., González A.R., Lucero M.F., Avendaño L.R. 2007. Comportamiento productivo en corral de cruces de corderos Pelibuey bajo condiciones desérticas. En memorias de la XVII Reunión Internacional sobre Producción de Carne y Leche en Climas Cálidos. Baja California, México. pp. 419-422.
- Marai I.F.M., El- Darawanya A.A., Fadiel A., Abdel-Hafez M.A.M. 2007. Physiological traits as affected by heat stress in sheep-A review. *Small Rumin. Res* 71; 1-12.
- Marai I.F.M., El- Darawanya A.A., Fadiel A. Abdel-Hafez M.A.M. 2008. Reproductive performance traits as affected by heat stress and its alleviation in sheep. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 8: 209 – 234.

- Martínez, D. E., Soto, S. S.2., Ortega- Gitiérrez, J. A., Pérez, L. M. I., Lozano- Trejo, S., Martínez-Hernández, P. A., 2009. Pre-clasificación de canales de corderos en México.
- Mersmann, H.J. 1998. Overview of the effects of β -adrenergic receptor agonists on animal growth including mechanisms of action. *J. Anim. Sci.* 76, 160–172.
- 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, *Acta Agriculture Scandinavica, Section A – Anim. Sci.* 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., Bechtol D.T., Johnson E., TerHune T, Montgomery T.H. 2009. Dietary zilpaterol hydrochloride I Feedlot performance and carcass traits of steers and heifers. *J. Anim. Sci.* 87; 1374-1383.
- Moody, D.E., Hancock, D.L., Anderson, D.B., 2000. Phenethanolamine repartitioning agents. In: D'Mello, J.P.F. (Ed.), *Farm Animal Metabolism and Nutrition*. CAB International, NY, USA, pp. 65–95.

- Neill S, Unruh J.A., Marston T.T., Jaeger J.R., Hunt M.C., Higgins J.J. 2009. Effects of implanting and feeding zilpaterol hydrochloride on performance, carcass characteristics, and subprimal beef yield of fed cows. *J. Anim. Sci.* 87; 704-710.
- Nourozi M., Abazari M., Mohammadi M., Raisianzadeh M., ZareShahne., 2005. Effect of two Beta-adrenergic agonists on performance and carcass composition of Iranian native breed of sheep. *Pakistan Journal of Nutrition* 4 (6): 384-388.
- Nourozi, M., Abazari M., Raisianzadeh M., Mohammadi M., ZareShahne A. 2008. Effect of terbutaline and metaproterenol (two beta-agonists) on performance and carcass composition of culled Moghani ewes. *Small Rumin. Res.* 74; 72-77.
- NRC, 1985. Nutrient requirement of sheep. (6th Rev. Ed.). National Academy Press, Washington, DC.
- Normas Oficiales Mexicanas. Diario Oficial de la federación. <http://dof.gob.mx/> Consultado.08-08-2010.
- Morón-Fuenmayor O.E., Zamorano-Garcia, L., Ysunza F., González-Mendez N.F., 2002 Efecto del clorhidrato de zilpaterol y la vitamina D₃ sobre la calidad de la carne en novillas comerciales. *FCV-LUZ/ Vol. XII*, 725-729.
- Padilla P.J.A., Braña V.D., Martínez R.L. 2009. Desempeño productivo y propiedades de la canal en ovinos Pelibuey y sus cruzas con Suffolk o Dorset. *Téc. Pec. Méx;* 47(3):313-322.
- Pamela K., Baker R.H., Dalymple D.L., Ingle C. A., Ricks. 1984. Use of β -Adrenergic agonist to alter muscle and fat deposition in lambs .*J. Anim Sci.* 59:1256-1261.

- Plascencia, A., Torrentera, N.G., Zinn, R.A. 1999, Influence of the agonist, zilpaterol on growth performance and carcass characteristics of feedlot steers. Proceeding Western Section, American Society of Animal Science Vol. 50: 221-224.
- Plascencia A., Torrentera N.G., Zinn R.A. 2008. Influence of the β -agonist, zilpaterol, on growth performance and carcass characteristics of feedlot steers. Journal of Animal and Veterinary Advances 7; 1257-1260.
- Peters AR. 1989. β -agonists as repartitioning agents: a review. Vet Rec; 124:417-420.
- Keown J. F., Kononoff P.J., Grant J.R. 2005. How to reduce heat stress in dairy cattle., University of Nebraska-Lincoln Extension, Institute of Agriculture and Natural Resources. G1582.
- Ríos F.G., Acosta D.C., Estrada A., Obregón J.F., Portillo J.J. 2009. Correlación entre características de la canal de corderos de pelo de diferente grupo racial en finalización intensiva. XV AMTEO, VI ALEPRyCS y XXIV Reunión Nacional sobre Caprinocultura. México pp 120-123.
- Robles-Estrada, J.C., Barreras-Serrano, A., Contreras, G., Estrada-Angulo, A., Obregón, J.F., Plascencia, A., Ríos, F.G., 2009. Effect of two β -adrenergic agonists on finishing performance and carcass characteristics in lambs fed all-concentrate diets. J. Appl. Anim. Res. 36, 33–36.
- Ross T. T., L. Goode., A. C. Linnerud. 1985. Effects of high ambient temperature on respiration rate, rectal temperature, fetal development and thyroid gland activity in tropical and temperate breeds of sheep. Theriogenology 24:259-270.

- Keown J.F., Kononoff P. J., Grant J.R., 2005. How to reduce heat stress in dairy cattle. University of Nebraska-Lincoln Extension, Institute de agriculture and Natural Resources, G158.
- Kim Y.S., Lee Y.S., Dalrymple., 1987. Effect of the repartitioning agent cimaterol on growth, carcass and skeletal muscle characteristics in lambs. *J. Anim. Sci.*, 65: 1392-1339.
- Khidir, S.A., Babiker S.A., Shafie S.A., 1998. Comparative feedlot performance and carcass characteristics of Sudanese desert sheep and goats. *Small Rumin. Res.* 263-271.
- SAGARPA, 2005. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación: Estadísticas de ganadería. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/>
- Salinas-Chavira J., Ramírez, R.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.
- Salinas-Chavira J., Domínguez M. M., Díaz M. R., Cruz B. P., Montañó G. M. F. Arzola A. C. 2006. Effect of duration of zilpaterol hydrochloride treatment on carcass characteristics and weight gain in grazing Pelibuey lambs. *J. Appl. Anim. Res.*, 29: 25-28.
- SAS INSTITUTE. SAS/STAT: User's guide statistics released 9.12. Edition Cary, N.C. SAS Institute, Inc, 2004.
- 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), 4155-416.
- Silván, GG. 2006. Promotores del crecimiento acciones sobre el eje Hipotálamo-Hipófisis-Adrenal-Gónada (en línea). Disponible en:
<http://www.racve.es/actividades/promotores%20crecimiento%20SWilvan%20Granado.htm>
- SIAP, 2008. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Disponible en <http://www.siap.gob.mx>
- Smith GC., Griffin DB., Kenneth. JH. .2001. Meat evaluation handbook revision committee. American Meat Science Association, USA. Pp. 117-137.
- Snowder G.D. Duckett S.K. 2003. Evaluation of the South African Dorper as a terminal sire breed for growth, carcass, and palatability characteristics J. Anim. Sci .81: 368-375.
- Sumano, L. H.; C. L. Ocampo y O. L. Gutiérrez (2002). Clenbuterol y otros β -agonistas, ¿una opción para la producción pecuaria o un riesgo para la salud pública? Veterinaria México. Vol. 33, Núm. 2. pp 278-284.
- Shackelford, S. D., J. W. Edwards, E. K. Smarr and J. W. Savell. 1992. Retail cut yields of Rambouillet wether lambs fed the β -adrenergic agonist L-644, 969. J. Anim. Sci. 70: 161-168.
- Shook J.N., VanOverbeke D.L., Kinman L.A., Krehbiel C.R., Holland B.P., Streeter M.N., Yates D.A., Hilton G.C., 2009. Effects of zilpaterol hydrochloride and

- zilpaterol hydrochloride withdrawal time on beef carcass cutability, composition, and tenderness. *J. Anim. Sci.* 87; 3677-3685.
- Strydom P.E., Frylinck L., Montgomery J.L., Smith M.F. 2008. The comparison of three β -agonists for growth performance, carcass characteristics and meat quality of feedlot cattle. *Meat Sci.* 8; 557–564
- Tabares-Rojas A., Porras A. A., Vaquera H. H., Hernández I. J., Rojas M.S., Hernández C. J., 2009. Desarrollo embrionario en ovejas Pelibuey y Suffolk en condiciones de estrés calorico. *Agrociencia* 43:671-680.
- Vestergaard M., Sejrsen K., S. Klastrup. 1994. Growth, composition and eating quality of longissimus dorsi from young bulls fed the β -agonist Cimaterol at consecutive developmental stages. *Meat Sic.* 38; 55-66.
- Waldeck B. Widmark E. 1995. Steric aspects of agonism and antagonism at β -adrenoceptors: experiments with the enantiomers of clenbuterol. *Pharmacol Toxicol*, 56:221-227.
- Walker C.E., Drouillard J.S. 2010. Effects of ractopamine hydrochloride are not confined to mammalian tissue: evidence for direct effects of ractopamine hydrochloride supplementation on fermentation by ruminal microorganisms. *J. Anim. Sci.* 88, 697-70.
- Zamiri M.J., Izadifard J.1995. Effects of metaproterenol, a beta-adrenergic agonist, on feedlot performance and body composition of two fat-tailed breeds of sheep. *Small Rum. Res.* 18, 263-271.