

**Universidad Autónoma de Baja California**  
Instituto de Ciencias Agrícolas



**COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL DE  
CORDERAS DE PELO SUPLEMENTADAS CON CLORHIDRATO DE ZILPATEROL  
EN CONDICIONES DE ESTRÉS CALORICO**

**TESIS**

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

**PRESENTA:**

JOSÉ VICENTE VELÁZQUEZ MORALES

**DIRECTOR DE TESIS:**

M. C. FRANCISCO DANIEL ALVAREZ VALENZUELA

Mexicali, Baja California

SEPTIEMBRE, 2010

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

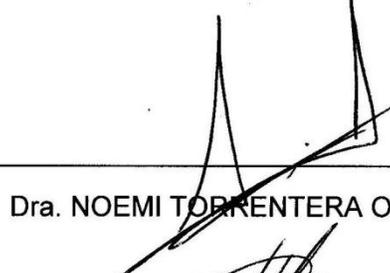
CONSEJO PARTICULAR

PRESIDENTE



M.C. FRANCISCO ALVAREZ VALENZUELA

SINODAL



Dra. NOEMI TORRENTERA OLIVERA

SINODAL



Dr. ULISES MACÍAS CRUZ

SINODAL



Ph.D. LEONEL AVENDAÑO REYES

"POR LA REALIZACIÓN PLENA DEL HOMBRE"

## DEDICATORIA

Todo lo que implique esfuerzo y satisfacción  
en mi vida se lo dedico a el par de ángeles que me han formado  
como ser humano a mi hermana y a mi madre.  
Y a mi familia que siempre me ha acompañado.

## AGRADECIMIENTOS

A mi comité por darme la oportunidad de integrarme a su equipo de trabajo y sobre todo por el voto de confianza que me fue otorgado, al mismo tiempo, les agradezco su dedicación y esmero para la realización de esta tesis ya que es producto de un esfuerzo compartido. También agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por la beca otorgada para la realización de este proyecto de maestría.

Al M.C Daniel Álvarez le agradezco que durante mi estancia en la UABC siempre me atendió cuando necesitaba algo y quien me demostró que para que sucedan las cosas solo hay que trabajar en ellas.

Al Ph.D. Avendaño su puntualidad y profesionalismo virtudes que me ayudaron a no perder de vista esta meta.

A la Dra. Torrentera porque sus observaciones y recomendaciones mejoraron este trabajo de investigación.

Dr. Macías por las veces que me brindo su apoyo el cual se convirtió en una guía para la realización de esta tesis y maestría.

A todos mis compañeros y amigos de los cuales me llevo muy buenos recuerdos de lo que hemos vivido juntos. A Chava, David, José Luis, Tabata, Edgar, Maricela, Estela, Ulises, Edwing, Quintero, Paco, Martín, Rosalio, Nacho y familia Chiquito...

Vicente Velázquez M.

## ÍNDICE

LISTA DE CUADROS .....	vi
LISTA DE GRÁFICAS .....	vii
RESUMEN .....	viii
ABSTRACT .....	x
INTRODUCCIÓN .....	1
REVISION DE LITERATURA .....	3
2.2.- Generalidades de los agonistas adrenérgicos – $\beta$ .....	4
2.3.- Mecanismo de acción de los agonistas – $\beta$ .....	6
2.4.- El agonista adrenérgico - $\beta$ Clorhidrato de Zilpaterol .....	8
2.5.-Uso de Clorhidrato de Zilpaterol en la alimentación ovina .....	10
2.5.1.-Efecto en la engorda .....	10
2.5.2.-Efecto en las características de la canal y calidad de la carne .....	12
2.5.3.-Efecto en el rendimiento de la carne .....	13
2.6.- Variables fisiológicas que son afectadas bajo estrés calórico .....	13
2.7.-Engorda de ovinos bajo estrés calórico .....	16
MATERIALES Y METODOS .....	19
3.1.- Localización del estudio .....	19
3.2.- Animales, manejo y tratamientos .....	19
3.3.- Prueba de comportamiento en corral .....	22
3.4.- Caracterización de la canal .....	22
3.5.- Condiciones climáticas y temperaturas de la piel .....	24
3.6.- Análisis estadístico .....	24
RESULTADOS .....	25
4.1.- Variables climáticas y temperatura de la piel .....	25
4.2.- Prueba de comportamiento en corral .....	29
4.3.- Características de la canal y calidad de la carne .....	30
4.4.- Rendimiento en canal .....	33

DISCUSIÓN .....	34
CONCLUSIONES.....	41
LITERATURA CITADA.....	42

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.	Ingredientes y composición de la dieta proporcionada en verano para ovinos tratados y no tratados con Clorhidrato de Zilpaterol.....	21
Cuadro 2.	Temperatura de la piel en corderas de pelo tratadas y no tratadas con Clorhidrato de Zilpaterol bajo condiciones de estrés calórico.....	28
Cuadro 3.	Prueba de comportamiento en corderas tratadas y no tratadas con Clorhidrato de Zilpaterol bajo condiciones de estrés calórico.....	29
Cuadro 4.	Características de la canal en corderas de pelo tratadas y no tratadas con Clorhidrato de Zilpaterol bajo condiciones de estrés calórico.....	31
Cuadro 5.	Porcentaje de los componentes no cárnicos en ovinos de pelo tratados y no tratados con Clorhidrato de Zilpaterol.....	32
Cuadro 6.	Peso de cortes de canales en ovinos de pelo tratados y no tratados con Clorhidrato de Zilpaterol bajo condiciones de estrés calórico.....	33

## LISTA DE GRÁFICAS

- Gráfica 1. Promedio de Índice de Temperatura Humedad (ITH), Humedad Relativa (HR) y Temperatura (T) durante el día registrados en el interior de la nave.....26
- Gráfica 2. Efecto cuadrático de la temperatura en cabeza, grupa y vientre por hora del día en corderas suplementadas con Clorhidrato de Zilpaterol.....27

## RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la suplementación de Clorhidrato de Zilpaterol (CZ) en la dieta de finalización de corderas de pelo sobre características de comportamiento y de la canal bajo condiciones de estrés calórico. Se utilizaron 20 corderas producto de Katahdin x Pelibuey y Dorper x Pelibuey con PV inicial de  $26.2 \pm 0.83$  kg. Se colocaron individualmente en 20 corraletas en una sala de crianza de bovinos provista con ventiladores y asignadas a los siguientes tratamientos: **1)** grupo testigo (dieta basal), y **2)** grupo **CZ** (dieta basal más 10 mg/cordera/d de clorhidrato de zilpaterol [Zilmax<sup>®</sup>, Intervet/Schering-Plough Animal Health, México D.F., México]). El peso inicial se uso como factor de bloqueo. La temperatura de la piel (cabeza, vientre, flanco derecho y grupa) fue registrada cada 2 días en 5 animales de cada tratamiento, La temperatura y humedad ambiental fueron medidas diariamente. Después de 34 d de suplementación y 72 h de retiro las corderas de ambos tratamientos fueron sacrificadas. Las variables climáticas medidas mostraron condiciones ambientales de estrés calórico severo, con promedios de ITH y de temperatura ambiental de 85 unidades y 34.1°C, respectivamente. Las temperaturas del vientre y flanco derecho fueron mayores ( $P < 0.05$ ) en las corderas CZ en comparación del grupo testigo. Las corderas CZ y testigo presentaron similar ( $P > 0.05$ ) comportamiento productivo, longitud de la canal, fuerza de corte, y porcentaje de grasa corporal y peso de la piel. A excepción del peritoneo y cabeza ( $P < 0.05$ ), el porcentaje de órganos viscerales fueron similares ( $P > 0.05$ ) entre los tratamientos, sin embargo, las ovejas suplementadas con el CZ presentaron mayor ( $P < 0.05$ ) peso de la canal caliente

y fría, rendimiento en canal, conformación de canal y área del ojo de la costilla, El peso del cuarto trasero, respecto al peso de la canal caliente se incrementó ( $P < 0.05$ ) con la suplementación con CZ. En conclusión, La suplementación con CZ no afectó la tasa de crecimiento y la deposición de grasa en corderas de pelo sometidas a condiciones de estrés calórico, No obstante, la adición de CZ en la dieta, incrementó el rendimiento en canal y el área del ojo de la costilla en 14.5 y 18% respectivamente

**Palabras claves:** Corderas, razas de pelo, agonista- $\beta$ , clorhidrato de zilpaterol,

## ABSTRACT

The objective of the present study was to evaluate the effects of supplementation of zilpaterol hydrochloride (ZH) in finishing diets on feedlot performance and carcass characteristics of hairsheep ewe lambs during hot environmental conditions. Twenty Katahdin x Pelilbuey and Dorper x Pelilbuey crossbred females with an average initial BW of  $26.2 \pm 0.83$  kg were blocked by initial BW, and assigned individually to 20 pens in a closed calf rearing unit provided with two fans. Treatments were: 1) control group (basal diet without ZH), and 2) ZH group (basal diet plus 10 mg of ZH/ewe.d; Zilmax<sup>®</sup> Intervet/Schering-Plough Animal Health, México City, México). Skin temperatures were measured each 2 days in 5 ewes per treatment, and weather conditions were registered every day. All ewes were slaughtered after a 34-d feeding period. Climatic variables during the study showed a severe heat stress, with averages for THI and ambient temperature of 85 units and 34.1°C, respectively. The skin temperature of belly and right flank was higher ( $P < 0.05$ ) in ZH females compared with control lambs. Ewe lambs fed ZH had similar ( $P > 0.05$ ) feedlot performance, carcass length, shear force, body fat and skin percentage than control ewe lambs. With the exception of peritoneum and head ( $P < 0.05$ ), all visceral organs were similar ( $P > 0.05$ ) between treatments. However, hot and cold carcass weight, dressing percentage, conformation, and rib-eye area were greater ( $P < 0.05$ ) in ewes supplemented with ZH. Likewise, the weight of hindquarter, legs and ribs expressed as percentage of HCW increased ( $P < 0.05$ ) with ZH supplementation. Growth and deposition of excessive fat in hairsheep ewe lambs were not improved with ZH supplementation, but carcass quality traits such as dressing and rib-eye area were increased under heat stress conditions.

**Keywords:** Female lambs, Hairsheep breeds, zilmax,  $\beta$ -agonist

## INTRODUCCIÓN

La industria ovina en México demanda alternativas viables para abastecer la demanda de carne de esta especie en el mercado nacional. Según datos de SAGARPA (2005), el consumo total de carne ovina en el país fue de 85,965 toneladas, de las cuales sólo 46,299 fueron abastecidas por la producción nacional, mientras que el resto (46.2%) provinieron de importaciones de países como Australia, Nueva Zelanda y Uruguay, principalmente (FAOSTAT, 2007). Por lo tanto, para satisfacer este déficit es necesaria la adopción de tecnologías para mejorar las características de crecimiento y canal, como son la ganancia diaria de peso en corderos, la eficiencia alimenticia y el peso de la canal. En este sentido, una opción para lograr dicho objetivo podría ser el uso de promotores de crecimiento.

Dentro de los promotores de crecimiento utilizados en la producción ovina, una nueva opción son los agonistas adrenérgicos- $\beta$  (AA- $\beta$ ), los cuales se adicionan en el alimento y actúan como redistribuidores de nutrientes. Esta función la realizan desviando la energía de los alimentos y la energía destinada para la lipólisis hacia la síntesis proteica, favoreciendo el crecimiento muscular (Mersmann, 1998). Adicionalmente, los AA-  $\beta$ . metabólica también favorece la reducción del contenido de grasa en la canal (Mersmann, 1998; Dunshea *et al.*, 2005; Dikeman, 2007). Sin embargo, es importante señalar que el uso indebido del clenbuterol ha causado riesgos a la salud humana (Sumano *et al.*, 2000). Por lo tanto, la norma mexicana NOM-061-ZOO-1999 prohíbe el uso de algunos AA-  $\beta$ ,

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).

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). Estrada-Angulo *et al.* (2008) trabajo con la misma especie e indicó una mejoría de 2.3% en el peso de la canal caliente y una reducción del 36% en la grasa KPH (por sus siglas en inglés, Kidney-Pelvic-Heart). 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. 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 corderos. Resulta necesario generar este tipo de información para corderas, ya que dentro de los sistemas de producción ovina actuales, la engorda de hembras es una actividad común y económicamente redituable. Adicionalmente, no existen trabajos de investigación disponible donde se evalúe la administración de este promotor de crecimiento en condiciones de estrés calórico en ninguna especie doméstica. Este punto es importante debido a que en nuestro país, en los últimos años, un creciente número de explotaciones ovinas con razas de pelo se establecieron en zonas áridas y semi-áridas, Dichas zonas presentan condiciones climáticas extremas,

observándose que en época de verano las temperaturas son frecuentemente altas e impactan negativamente en la productividad de los ovinos de pelo.

Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue el evaluar el comportamiento productivo en corral, y las características de la canal en corderas cruzadas de razas de pelo suplementadas con el agonista- $\beta$  clorhidrato de zilpaterol en dietas de finalización bajo condiciones de estrés calórico.

## REVISION DE LITERATURA

### 2.1. Situación de la ovinocultura en México

México ocupa el octavo lugar dentro de los países importadores de este producto (FAOSTAT, 2007). Datos de SAGARPA (2005), reportan que el país sólo produce el 53.8% del consumo total aparente, mientras que el resto es importado. INEGI (2008), reportó un incremento en el número de unidades de producción ovina, siendo en dicho año más de 448 mil explotaciones registradas producción. En este mismo año, el inventario total de ovinos fue de 7'757,267 cabezas, y la producción de carne de 51,396 toneladas. En el caso específico de la región noroeste del país, la cual está conformada por Baja California, Baja California Sur, Sonora y Sinaloa, la SIAP (2008), reporto que esta región aporta el 6.54% de la producción de carne de ovino del total producida en el país.

En la región noroeste del país se han promovido el uso de razas de pelo, siendo la de mayor presencia la Pelibuey (Pb) debido a su alta eficiencia reproductiva, rusticidad y adaptación a las condiciones ambientales extremas[U1] (Macías *et al.*, 2007). 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 – $\beta$**

Recientemente, los AA- $\beta$  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- $\beta$  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- $\beta$  en la producción pecuaria posiblemente se inicio 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- $\beta$  poseen un anillo aromático que es importante por ser el que les proporciona una actividad biológica definida [U2] (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- $\beta$  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- $\beta$  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 $-\beta$**

El mecanismo de acción de los AA- $\beta$  aún no está bien definido, sin embargo, se conoce que actúan sobre los Receptores Adrenérgicos- $\beta$  (RA- $\beta$ ) (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- $\beta$  exhiben mayor sensibilidad a la isoprenalina y menos a la noradrenalina, mientras que los receptores- $\alpha$  responden de manera inversa (Ahlquist, 1984).

Estos RA- $\beta$  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- $\beta$ , los  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  y  $\beta_3$ , 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  $\beta_1$  en miocardio y en músculo liso intestinal. Los receptores  $\beta_2$  se han encontrado en sistema nervioso central, en conducto bronquial y músculo uterino (Mersmann, 1998). En ovinos, los receptores  $\beta_1$  y  $\beta_2$  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- $\beta$  responden de manera diferente por presentar cierta especificidad establecida por algún componente. Robles-Estrada *et al.* (2009) afirma que los receptores  $\beta$ 1 responden mejor a la presencia del CZ y los receptores  $\beta$ 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 adenosín monofosfato cíclico (AMPc). Así, la activación de los RA- $\beta$  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  $\text{Ca}^{++}$  a la célula, hasta mediar la síntesis de proteínas (Sumano *et al.*, 2002).

Con la presencia en la sangre de AA- $\beta$  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 noradrenalina (Zamiri *et al.*, 1995), aunque cabe mencionar que Nourozi *et al.* (2005) trabajó con 2 AA- $\beta$  (terbutalina y metaproterenol)[U3], demostrando que los niveles glucosa en sangre no son afectados por la aplicación de AA-  $\beta$ .

#### **2.4. El agonista adrenérgico - $\beta$ Clorhidrato de Zilpaterol**

El CZ actúa preferentemente activando los receptores tipo- $\beta$  en músculo liso y esquelético, y en tejido adiposo[U4] (O'Neill, 2001). Su apariencia es blanco-amarillenta, altamente soluble en agua, pero no en cloroformo, etanol, acetona o tolueno, pero prácticamente insoluble en otros solventes orgánicos (O'Neill, 2001).[U5] También 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 C<sub>14</sub>H<sub>19</sub>N<sub>3</sub>O<sub>2</sub>HCL (Casey *et al.*, 1997).

Dikeman (2007) menciona que no se generan efectos toxicológicos en humanos por el consumo de carne o de órganos provenientes de rumiantes alimentados con el CZ. Esto se debe a que es un AA- $\beta$  sintético y no una fenetanolamina, como el cimaterol o el clenbuterol. Se ha comprobado que el CZ es un fármaco con mucho menor potencial para influir en la broncodilatación, vasoconstricción y en la frecuencia cardíaca, ya que la actividad cardioestimuladora del clenbuterol es aproximadamente 2, 000 veces superior a la del CZ (Sumano *et al.*, 2002). Los niveles máximos de CZ para evitar intoxicaciones por consumir residuos en tejidos animales no deben superar los 30 ppb en hígado y riñón, de 20 ppb en tejido adiposo y en músculo de 1.0 ppb.

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) afirman 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) encontraron que la dosis perjudicial de CZ para alterar el ritmo cardiaco o para ocasionar una broncodilatación en humanos es de 1.4 mg/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) afirman 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<sup>®</sup> (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).

## **2.5. Uso de Clorhidrato de Zilpaterol en la alimentación ovina**

### **2.5.1. Efecto en la engorda**

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. Ellos no observaron mejoría en el consumo de materia seca (CMS) ni en PF, sin embargo, la GDP y la conversión alimenticia (CA) presentaron mejoría y un comportamiento lineal conforme la suplementación aumentaba. Salinas-Chavira *et al.* (2004) suplementaron con 4.35 y 6.0 µg CZ/g MS a machos Pb sin encontrar diferencia en CM (1.470 vs 1.375 kg/d), GDP (0.365 vs 0.347 kg/d). En ovinos estabulados, Robles *et al.* (2009) suplementaron un grupo con 6 ppm de CZ y un segundo grupo con 20 ppm de CR y encontraron valores de GDP de 275 vs 218 g/d y PF de 43.1 vs 41.1 kg, que favorecieron al grupo tratado con CZ. 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 una dieta que contenía 10 ppm kg/MS [DRS6] (21.76% de PC y 2.77 Mcal/kg ME) durante 20 y 30 d. 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.

### 2.5.2. Efecto en las características de la canal y calidad de la carne

El uso del CZ ha demostrado mejorar algunas características de la canal de importancia económica para el ovinocultor. Salinas-Chavira *et al.* (2004) Señalan que la dosis de 6.0 mg<sub>[DRS7]</sub> CZ/g MS incrementa el área del musculo LD en corderos Pb en relación a una dosis de 4.35 µg ZH/g MS. Además, mencionan que se puede reducir el espesor de grasa dorsal (GD) en 0.04 cm suplementando con 10 ppm kg/MS de CZ en condiciones de agostadero (Salinas-Chavaria *et al.*, 2005).

Estrada-Angulo *et al.* (2008)<sub>[DRS8]</sub> 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 ± 0.55) respectivamente, pesos que estadísticamente no fueron diferentes, sin embargo, el rendimiento de la canal fue mayor 2.3% en comparación al grupo testigo; la grasa pélvica y de riñón se redujo en 36%. 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) <sub>[DRS9]</sub> reportaron mejoría en CC y en CF de 2 kg, 0.23 cm menos de espesor de grasa dorsal menos, sin embargo, la merma fue 0.5% mayor en el grupo tratado con 0.3 mg PV/d <sub>[DRS10]</sub> de CZ a comparación del grupo testigo, De manera similar, Mondragón *et al.* (2010) encontraron un incremento en las características de CC, CF, conformación y rendimiento cuando suplementaron 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, se redujo el espesor de GD y se aumentó el perímetro de las piernas. .Adicionalmente, la composición química del músculo LD mostró efecto lineal negativo en grasa y lineal positivo en proteína, conforme el nivel de CZ fue aumentando de 0 hasta 15.9 mg/kg de MS.

### **2.5.3. Efecto en el rendimiento 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  $0.20 \text{ mg}$  de CZ/kg de PV  $\text{d}^{-1}$ . 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- $\beta$ .

### **2.6. Variables fisiológicas que son afectadas bajo estrés calórico**

Las condiciones de estrés debido a alta temperatura ambiental ocasionan una serie de cambios fisiológicos que son necesarios para la adaptabilidad y supervivencia del animal (Keown *et al.*, 2005), situación que inhibe la expresión

del máximo potencial genético de los ovinos (Marai *et al.*, 2008). En el caso de la producción ovina, el estrés calórico afecta parámetros tanto productivos como reproductivos, y estos efectos son más notorios cuando el estrés es acompañado por una humedad ambiental alta (Marai *et al.*, 2004). En el caso de lugares cerrados y con condiciones de altas temperaturas, es necesario colocar equipos de enfriamiento, ya que el aire se calienta y permanece estático, ocasionando serios daños a los animales en un periodo de tiempo corto (Keown *et al.*, 2005).

En ovinos, la zona termoneutral se encuentra entre los 13 y 20°C, entre 55 y 65% de humedad relativa y una velocidad de viento de 5 al 18% (Marai *et al.*, 2008). El indicador para evaluar el estrés calórico es el índice de temperatura-humedad (ITH), el cual combina valores de temperatura ambiental con humedad relativa. Cuando el ITH supera las 82 unidades, se considera una condición de estrés calórico. Acorde a LPHSI *et al.* (1990), los ITH que se ubican entre 82 y 84 unidades se consideran de estrés calórico moderado, de 84 a 86 unidades estrés calórico severo y mayor a 86 unidades indica estrés calórico extremo.

Los ovinos que se encuentran en ambientes con ITH's altos (>82 unidades) tienen la necesidad hacer ajustes fisiológicos para mantener la homeostasis del cuerpo. Algunos mecanismos consisten en el uso de funciones de termorregulación para disipar el calor tales como la sudoración y jadeo, aunque en ovinos es más importante la disipación de calor por medio del jadeo. Se considera que las ovejas pierden aproximadamente 20% del total del calor corporal por vía respiratoria, bajo condiciones termoneutrales (12°C) y puede subir hasta un 60% a temperatura ambiental de 35°C (Thompson *et al.*, 1985). Se considera que la tasa

respiratoria es más alta en verano que en invierno, y durante el mismo día, la tasa respiratoria es menor a las 8:00 h que a las 15:00 h, esto debido a las variaciones de la temperatura diurna (Marai *et al.*, 2007).

La temperatura corporal es un importante indicador de estrés calórico. Cuando la temperatura ambiental alcanza los 36°C, las orejas y piernas de las ovejas disipan una alta cantidad de calor, ya que estas áreas contribuyen con el 23% de la superficie corporal (Johnson, 1987). Otro lugar donde es más común medir la temperatura corporal es en el recto. La temperatura rectal bajo condiciones termoneutrales varía entre 38.3 y 39.9°C, detectándose una mayor temperatura rectal a las 16:00 h (Ross *et al.*, 1985). Cuando la temperatura rectal alcanza 42°C se considerada peligrosa y es un reflejo de las condiciones de estrés calórico a las que está sometido el ovino (Marai *et al.*, 2007). No obstante, bajo condiciones de estrés calórico moderado (82 unidades para ovinos y 72 unidades para vacas), la temperatura rectal en las ovejas solo muestra ligeros aumentos (0.4°C), mientras que en las vacas lecheras aumenta hasta 2.2°C (Ealy *et al.*, 1993).

La frecuencia cardiaca es indispensable para el mantenimiento de la homeostasis, bajo condiciones de temperaturas altas ésta aumenta debido a un incremento del flujo sanguíneo del corazón a la superficie corporal (Alexiev *et al.*, 2004). A través de este mecanismo se disipa el calor de manera no evaporativa (pérdida por conducción, convección y radiación) ó evaporativa (pérdida de calor por la difusión de agua en piel) (Alexiev *et al.*, 2004). Por ende, la temperatura de la piel refleja el intercambio de calor del cuerpo hacia el medio ambiente aunado al

aumento del flujo sanguíneo y la frecuencia cardiaca. Tanto el flujo sanguíneo como la frecuencia cardiaca presentan su máximo pico a las 15:00 h, lo cual es debido al incremento del flujo sanguíneo en piel (Marai *et al.*, 2007). Sin embargo, a temperaturas extremadamente altas, la frecuencia cardiaca disminuye porque decrece la tasa metabólica (Marai *et al.*, 2007).

Los ovinos de pelo se consideran más eficaces para disipar calor debido a la ausencia de lana y a la menor deposición de grasa subcutánea (Ross *et al.*, 1985). En general, las altas temperaturas ambientales producen un esfuerzo extra por disipar el calor ruminal, y como consecuencia, se aumenta la tasa respiratoria, la temperatura corporal, la frecuencia cardiaca y el consumo del agua mientras que el CMS disminuye (Denek *et al.*, 2006).

## **2.7. Engorda de ovinos bajo estrés calórico**

El Valle de Mexicali es una extensión del desierto de Sonora, en el noroeste de México., En esta región, la ovinocultura no ha sido plenamente explotada. La principal razón son las condiciones climáticas extremosas que se presentan durante el año, las cuales pueden afectar el desarrollo y la calidad de la canal de los corderos de engorda (Bailey, 1964; Avendaño-Reyes *et al.*, 2004).

En la raza Pb se han observado diferencias genéticas que la hacen más tolerante al estrés calórico al haber evolucionaron en climas cálidos, regulando mejor su temperatura corporal en estas condiciones (Tabares-Rojas *et al.*, 2009). Además, la Pb es una de las razas más empleadas en sistemas de pastoreo y mixtos por su alta prolificidad, buena rusticidad, resistencia a los parásitos y gran capacidad de adaptación a diversas condiciones ambientales (Gutiérrez *et al.*,

2005). De igual manera, esta raza suele presentar bajos pesos al destete durante esquemas de cruzamiento con ovinos de razas cárnicas, posiblemente debido a que la leche materna de esta raza no alcanza a satisfacer las necesidades de los corderos de la raza paterna cárnica (Bores *et al.*, 2002). Por su parte, la raza Dorper (Dr) se usa como raza paterna para producir corderos con una eficiencia alimenticia que favorece a una rápida tasas de crecimiento, disminuyendo los días de alimentación y, por ende, resulta en una disminución de costos de alimentación, aunado a que se obtiene un buen rendimiento de la canal (Snowder *et al.*, 2003). En corderos cruzados de Dr x Pb, tanto hembras como machos, se ha observado bajo estrés calórico una mejora en el peso de CC, CF, área del músculo LD y espesor de GD con respecto a los corderos Pb puros (Macías *et al.*, 2007). En ese mismo estudio también se encontró que el PF fue similar entre corderos Pb cruzados y puros (39.3 Kg), pero en las hembras Pb x Dr el peso fue de mayor (38.9 Kg) comparado con Pb x Kh y Pb puro, lo cual fue atribuido al potencial genético de la raza Dr para características de crecimiento. Esta información demuestra que usando raza Dr en esquemas de cruzamiento con Pb se reducen los días de engorda y se mejora en general el comportamiento productivo de esta raza. Partida *et al.* (2009) publicaron resultados similares al usar como raza materna al Pb en cruzamientos con sementales Suffolk (S) y Dorset (D) para indicar que el efecto del genotipo sobre la velocidad de crecimiento no muestra diferencias significativas entre los machos del cruzamiento Pb x S y Pb x D, pero sí entre estos dos con Pb puro; las hembras F1 de esta cruce también fueron superiores a las Pb puras en GDP (27%); así mismo, la CA

fue menor en los machos (5.9) que en las hembras (7.9) y la GDP fueron superiores por 40% en machos que en hembras. Bores *et al.* (2002) afirman que la raza Pb produce una lenta tasa de crecimiento y un mayor contenido de grasa interna. También se tiene que considerar el hecho que durante el tiempo de estrés calórico, el CMS se reduce de 8 a 12%, incluso puede ser mayor. Esta reducción en la alimentación reduce los ácidos grasos volátiles producidos en el rumen, cambios que pueden ocasionar acidosis y, por ende, afectar la GDP (Keown *et al.*, 2005).

Los machos son más eficientes que las hembras para obtener un rápido crecimiento y una mejor CA, lo cual se debe al efecto anabólico de los andrógenos presentes en machos (Macías *et al.*, 2007). Cabe mencionar que las hembras son menos eficientes para crecer y aprovechar el alimento debido a su sistema hormonal, el cual estimula la síntesis de tejido graso y adicionalmente se afirma que las necesidades energéticas son mayores para producir tejido graso comparado con el tejido muscular (González *et al.*, 1991)

En estudios realizados en climas templados o tropicales se ha observado la superioridad en crecimiento en corderos Pb cruzados con alguna raza de lana o de pelo cárnicas comparado a los puros, lo cual es atribuido al efecto de heterosis y al más rápido grado de madurez que alcanzan los corderos cruzados (Gutiérrez *et al.*, 2005).

## MATERIALES Y METODOS

### 3.1. Localización del estudio

El experimento se realizó en la sala de crianza de ganado lechero del Instituto de Ciencias Agrícolas (ICA) de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC). El ICA se ubica en el Valle de Mexicali, B.C., al noroeste de México (32° 24' LN, 115° 11' LO, y a una altura de 8.7 m.s.n.m.). El clima de esta zona es seco y caliente, con temperaturas máximas en verano de 48°C y mínimas durante invierno de 0°C. El promedio anual de precipitación es de 85 mm y el promedio de Humedad Relativa (HR) es de 20 a 50 % (García, 1987). El periodo del estudio fue del 10 de Julio al 4 de Agosto del 2009, durante la época de verano.

### 3.2. Animales, manejo y tratamientos

Se usaron 20 corderas cruzadas de raza de pelo Dr x Pb y Kh x Pb con peso promedio inicial de 26.2±0.83 kg, las cuales fueron seleccionadas de un grupo de 40 hembras nacidas en el mes de febrero del 2009 y destetadas 3 meses después. Antes de comenzar el experimento, todas las corderas fueron adaptadas a la dieta, desparasitadas (0.5 mL de Ivermectina [DRS11]. (SanFer®. México D.F., México) y vitaminadas (1.0 mL de Viganto [DRS12] ADE, (Bayer®. México D.F., México). La dieta de adaptación fue la misma que se ofreció durante el desarrollo del experimento como dieta base. Adicionalmente, las corderas se acomodaron en forma individual en galerón cerrado, en el cual se tenían 2 hileras de 10 corraletas, cada corraleta cuenta con comedero, bebedero, por cada hilera

de corraleta se colocó un ventilador de tres aspas (Barnstormer®), de 91 cm de diámetro con motor trifásico de ½ HP, con una distribución de aire de 180 m<sup>3</sup>/minuto, en la posición de norte a sur.

Al inicio el experimento cada cordera fue pesada de manera individual; este peso fue usado como factor de bloqueo, de tal manera que las parejas fueron formadas en base a peso inicial y raza. El peso inicial promedio fue de 26.29 ± 0.83 kg y la edad de 4 meses; 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 100 g de grano de trigo que se adicionó a la dieta basal a las 7:00 h. La cantidad de la dieta suministrada fue en proporción al 4.5% del PV y se sirvió a razón del 40%<sup>[U13]</sup> a las 07:00 h y el resto 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.<sup>[U14]</sup>

Cuadro 1. Ingredientes y composición de la dieta proporcionada en verano para ovinos tratados y no tratados con Clorhidrato de Zilpaterol.

Ingredientes (%)	Tratamientos *	
	Testigo	CZ
Trigo	61.05	61.05
Alfalfa	20.26	20.26
Soya	11.73	11.73
Melaza	5.33	5.33
Premix	0.53	0.53
Sal	0.53	0.53
Ortofosfato	0.53	0.53
Piedra caliza	0.02	0.02
Clorhidrato de Zilpaterol (mg/d/animal)		10
<i>Composición química (en base a MS)</i>		
Energía Metabolizable (Mcal/Kg)	2.8	2.8
Materia seca (%)	95.5	95.5
Materia orgánica (%)	92.1	92.1
Proteína cruda (%)	16	16
Fibra detergente neutra (%)	28.8	28.8
Fibra detergente acida (%)	11.1	11.1
Cenizas	3.4	3.4

\* Dieta basal para el grupo testigo y grupo suplementado con Clorhidrato de Zilpaterol (CZ)

### **3.3.-Prueba de comportamiento en corral**

La salud de las corderas fue monitoreada diariamente por el hecho de estar bajo estrés calórico. Sin embargo, una cordera fue excluida del experimento por presentar problemas de acidosis.

La cantidad de alimento ofrecido y rechazado fue pesado durante todo el periodo experimental por las mañanas para determinar el 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 ajustó multiplicándolo por 0.96, y el peso final a través de un ayuno de 24 h antes de registrar dicho peso. Se estimó la GDP (diferencia entre el peso inicial y el peso final dividido entre el número de días totales de la fase de alimentación), el CA (CMS/GDP) y la EFA (GDP/CMS).<sup>[U15]</sup>

### **3.4- Caracterización de la canal**

Inmediatamente después de terminar la prueba de comportamiento, todas las ovejas fueron sacrificadas<sup>[U16]</sup> bajo la norma NOM-033-ZOO-1995 en el laboratorio de carnes localizada dentro del ICA. Al momento del sacrificio se registró el peso la piel, cabeza, rumen, intestino delgado, peritoneo, corazón, riñones y la grasa KPH, todos los órganos intestinales se pesaron vacíos, inmediatamente después de retirar la grasa y sin estos órganos se obtuvo el peso de la canal caliente (CC). La conformación de la canal también fue evaluada de acuerdo a la metodología de Smith *et al.* (2001). Al término del enfriamiento de la

canal (24 h a 4 °C) se registró el peso de CF y la longitud de la canal (cm<sup>2</sup>), 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<sup>a</sup> y 13<sup>a</sup> costilla para medir el área del ojo de la costilla 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 de dorsal, medición realizada del lado derecho (USDA, 1992).

Para procesar la canal se siguieron los procedimientos comerciales y se obtuvieron los cortes del cuarto delantero que incluyen Costillar, Lomo, Espaldilla y Pescuezo. El cuarto trasero incluyó, Pierna, Lomo plano y Sirloin. El porcentaje de rendimiento de cada corte y el de la grasa KPH fueron estimados en relación al peso de la canal caliente, mientras que los componentes no cárnicos (piel, cabeza, rumen, omaso, abomaso, intestino delgado, peritoneo, corazón, pulmones y riñones) fueron expresados como porcentaje del peso final.

Se evaluó la fuerza al corte en el **músculo LD**, para lo cual se colectó una muestra de 12.7 cm de largo obtenida a partir del cuarto delantero derecho. Dicha muestra se almacenó en bolsas al vacío para su maduración durante 14 d a una temperatura de ±4°C. Al término de la maduración, el músculo fue cocido en plancha eléctrica hasta alcanzar una temperatura interna de 70°C. Después de alcanzar la temperatura ambiente (30°C), fue cortado en cubos de 2.5 cm de espesor. Posteriormente, se colocó de manera perpendicular a la navaja metálica del Instrumento Warner-Blatzer, Modelo Salter 235 (Manhattan, KS,

USA). Esta técnica mide la presión que se ejerce por unidad de superficie para cortar uniformemente una pieza de carne (López-Carlos *et al.*, 2010).

### **3.5.- Condiciones climáticas y temperaturas de la piel**

La T y HR fueron registradas diariamente mañana (07:00 h) y tarde (15:00 h), dentro y fuera de la nave. Los valores del ITH fueron calculados por la fórmula propuesta por Hahn *et al.* (1999):  $ITH = 0.81 * TA + HR (TA - 14.4) + 46.4$ , donde ITH = índice temperatura-humedad; TA = temperatura ambiental (°C); HR = humedad relativa (%).

Adicionalmente, se tomaron 10 corderas al azar de las 20 del experimento (5 por tratamiento) para medir las temperaturas de la piel en cuatro diferentes regiones del cuerpo: cabeza, vientre, grupa, y flanco derecho, usando un termómetro infrarrojo (Raynger ST20, Santa Cruz, CA, USA). Las temperaturas fueron tomadas mañana (7:00 y 11:00 h) y tarde (15:00 y 19:00 h), cada tercer día durante la prueba de comportamiento en corral.

### **3.6.- Análisis estadístico**

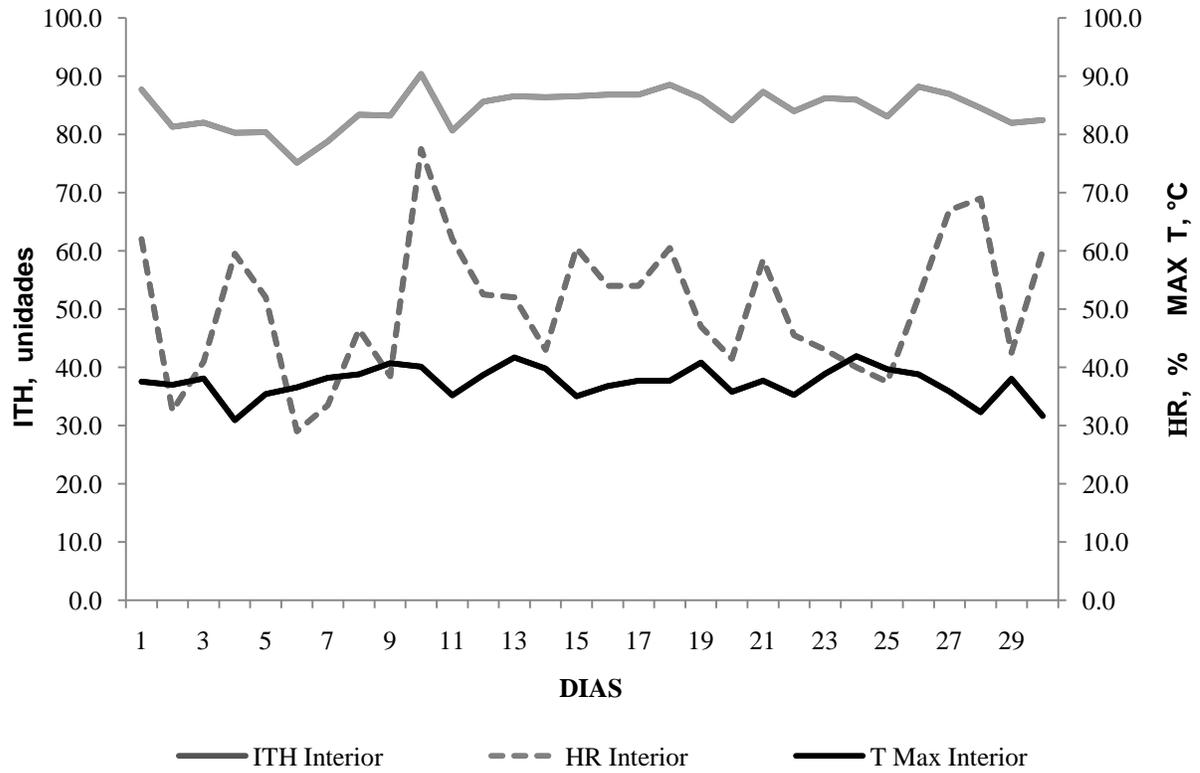
La información referente a la prueba de comportamiento y características de la canal se analizó con un diseño de bloques completos al azar usando el PROC MIXED del programa SAS (2004). Las temperaturas de la piel fueron analizadas con un modelo de medidas repetidas que incluyó el efecto de bloque, tratamiento, hora, tratamiento\*hora y animal dentro de tratamiento. La estructura de variancia-covarianza se eligió utilizando dos criterios de ajuste, criterio de información de Akaike y criterio Bayesiano de Schwarz, resultando la estructura

que obtuvo en estos dos criterios los valores más cercanos a cero para modelos no estructurado (Littell *et al.*, 1996). Para determinar la tendencia de la temperatura de la piel como una función de tiempo en el día, se utilizaron polinomios ortogonales considerando una  $P < 0.05$ . Las medias se compararon con pruebas de “t” student usando un nivel de error de 5% y las tendencias fueron consideradas con probabilidades entre 0.05 y 0.12.

## RESULTADOS

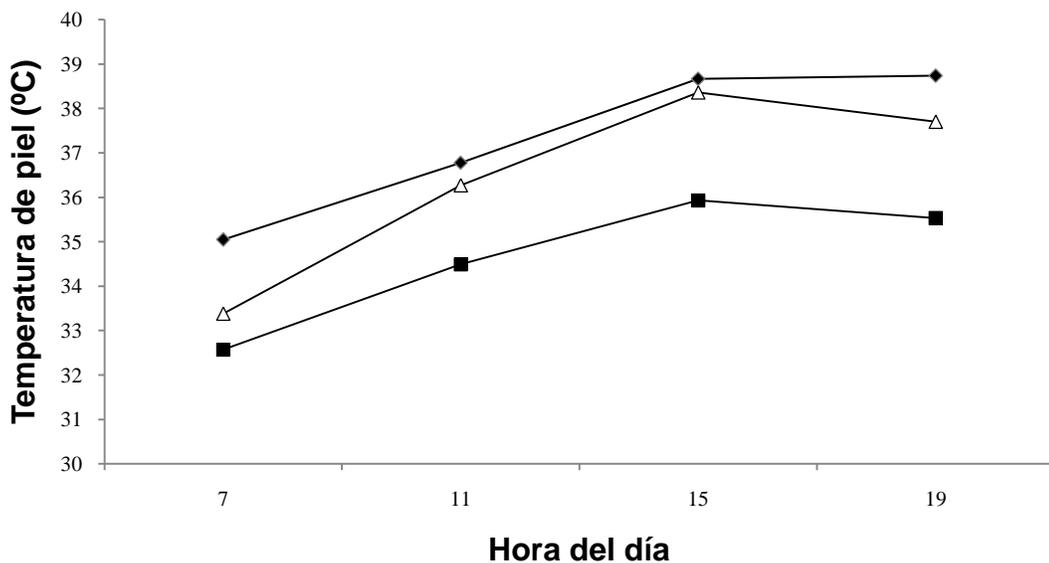
### 4.1. Variables climáticas y temperatura de la piel

El promedio de temperatura, humedad relativa y de ITH durante la prueba de comportamiento fue de 34.1°C, 50.4% y 85 unidades, respectivamente (Gráfica 1). La temperatura ambiental durante el día tuvo una variación de 30 a 45°C, mientras que el ITH de 75 a 93 unidades.



Gráfica 1.<sup>[U18]</sup> Promedio de Índice de Temperatura y Humedad (ITH), Humedad Relativa (HR%), Temperatura Máxima durante el día (T°C) registrados en el interior de la nave.

Por otra parte, la temperatura de la piel, cabeza, grupa y vientre incrementó cuadráticamente ( $P<0.05$ ) como las horas del día incrementaron de 7 a las 19 h. Las temperaturas máximas y mínimas de la cabeza ( $35.9 \pm 1.1$  vs  $32.6 \pm 1.1^{\circ}\text{C}$ ) y grupa ( $38.4 \pm 1.2$  vs  $33.4 \pm 1.2^{\circ}\text{C}$ ) fueron a las 15 y 7 h, respectivamente. El vientre presentó su máxima temperatura a las 15 ( $38.6 \pm 1.2^{\circ}\text{C}$ ) y 19 horas ( $38.7 \pm 1.2^{\circ}\text{C}$ ).



Gráfica 2. Efecto cuadrático ( $P<0.05$ ) de la temperatura de cabeza (■), grupa (Δ) y vientre (◆) por hora del día en corderas suplementadas con clorhidrato de zilpaterol.

El efecto de tratamiento sobre la temperatura de la piel para cabeza, flanco derecho, grupa y vientre se muestran en el cuadro 2. Las corderas CZ presentaron mayor<sup>[U19]</sup> (P<0.04) temperatura en vientre (39.7 ± 2.18 vs 35.0 ± 2.18°C) y flanco derecho (39.2 ± 1.73 vs 35.2 ± 1.73°C) en comparación del grupo testigo<sup>[U20]</sup>. No se encontró diferencia (P>0.05) en temperatura de cabeza y grupa entre los tratamientos.

Cuadro 2. Temperatura de la piel en corderas de pelo tratadas y no tratadas con Clorhidrato de Zilpaterol bajo condiciones de estrés calórico.

Temperaturas de la piel (°C)	Tratamiento		E.E.	Valor de P
	Testigo	CZ		
Cabeza	35.15	34.11	2.04	n.s.
Grupa	34.89	37.97	2.03	n.s.
Vientre	34.95	39.66	2.18	*
Flanco derecho	35.22	39.18	1.73	*

Cada valor representa la media de 5 repeticiones; n.s.= no significativas (P>0.05); \*\* = (P<0.01<sup>[U22]</sup>), \* = (P<0.05<sup>[U23]</sup>)

## 4.2. Prueba de comportamiento en corral

Los rasgos medidos para prueba de comportamiento no presentaron diferencias ( $P>0.10$ ) entre tratamientos (Cuadro 3). Los valores promedios para PF,  $\overline{\text{GDP}}_{[U24]}$ , CM,  $\overline{\text{CA}}_{[U25]}$  y EF fueron 32.1 kg, 170 g/d, 1.2 kg/d, 7.24 g/d y 0.14 de alimento/kg de PV, respectivamente.

Cuadro 3. Prueba de comportamiento en corderas tratadas y no tratadas con Clorhidrato de Zilpaterol bajo condiciones de estrés calórico.

Variables	Tratamiento		e.e.	Valor de P
	Testigo	CZ		
Peso inicial (Kg)	24.8	25.5	0.78	n.s.
$\overline{\text{Peso}}_{[W26]}$ final (kg)	32.45	31.87	0.49	n.s.
Ganancia diaria de peso (g/d)	180	160	14.00	n.s.
$\overline{\text{Consumo}}_{[U27]}$ ( kg/d)	1.20	1.16	0.03	n.s.
Conversión alimenticia <sup>a</sup>	6.85	7.63	0.50	n.s.
Eficiencia alimenticia <sup>a</sup>	0.15	0.14	0.01	n.s.

<sup>a</sup> Conversión alimenticia = kg consumidos/kg ganado en peso.

<sup>a</sup> Eficiencia alimenticia = kg ganancia en peso/kg de alimento consumido.

Cada valor representa la media de 10 repeticiones; n.s. = no significativas ( $P>0.05$ ).

### 4.3. Características de la canal y calidad de la carne

Las corderas suplementadas con CZ obtuvieron mayor peso ( $P < 0.05$ ) de CC (17.2 vs  $14.9 \pm 0.37$  kg<sub>[U28]</sub>), peso de CF (16.5 vs  $14.5 \pm 0.33$  kg), rendimiento en canal (53.8 vs  $46.0 \pm 0.63\%$ ), conformación (7.0 vs  $6.0 \pm 0.24$  unidades) y en LD ( $18.9$  vs  $15.5 \pm 0.78$  cm<sup>2</sup>), en comparación del grupo testigo (Cuadro 4). El porcentaje de grasa KPH, GD y la fuerza de corte fueron similares ( $P > 0.10$ ) en ambos tratamientos. Sin embargo, se presentó una tendencia a disminuir el porcentaje de grasa KPH ( $P = 0.10$ ) y a incrementar la fuerza de corte ( $P = 0.12$ ) en el grupo CZ comparado con el testigo.

Cuadro 4. Características de la canal en corderas de pelo tratadas y no tratadas con Clorhidrato de Zilpaterol bajo condiciones de estrés calórico.

Variables	Tratamiento		e.e.	Valor de P
	Testigo	CZ		
Peso de canal caliente (kg)	14.92	17.20	0.37	**
Peso de canal fría (kg)	14.47	16.45	0.33	**
Rendimiento (%) <sup>A</sup>	45.99	53.81	0.63	**
Longitud de la canal (cm)	57.46	57.04	0.30	n.s
Conformación <sup>B</sup>	6.00	7.00	0.24	*
Área del ojo de la costilla (cm <sup>2</sup> )	15.48	18.88	0.78	**
Fuerza de corte (kg/cm <sup>2</sup> )	18.42	21.97	1.47	n.s
Grasa dorsal (cm)	0.26	0.25	0.05	n.s
Grasa KPH (%) <sup>C</sup>	9.90	6.83	0.82	n.s

<sup>A</sup> Peso de la Canal caliente expresado en porcentaje base al peso final.

<sup>B</sup> Escala de calificación de 1 a 10, donde 1 es mala y 10 excelente.

<sup>C</sup> Peso de la grasa KPH expresada en porcentaje en base a la canal.

Cada valor representa la media de 10 repeticiones; n.s. = no significativas (P>0.05), \* = (P<0.05),

\*\* = (P<0.01)

Comparado con el grupo testigo, el grupo CZ presentó mayor ( $P<0.05$ ) porcentajes de peritoneo ( $1.7\pm 0.13$  vs  $1.9\pm 0.13$  %) y de cabeza ( $3.6$  vs  $3.8 \pm 0.058\%$ ) (Cuadro 5). Sin embargo, el porcentaje de los siguientes componentes como el rumen, abomaso, abomaso, intestino delgado, peritoneo, piel, corazón, hígado, riñón y pulmón fueron similares ( $P>0.10$ ) entre tratamientos.

Cuadro 5. Porcentaje de los componentes no cárnicos en ovinos de pelo tratados y no tratados con Clorhidrato de Zilpaterol.

Variables (%) <sup>A</sup>	Tratamiento		e.e.	Valor de P
	Testigo	CZ		
Rumen, omaso y abomaso	3.02	3.26	0.29	n.s.
Intestino Delgado	1.76	1.54	0.09	n.s.
Peritoneo	1.75	1.89	0.13	*
Piel	7.67	6.85	0.43	n.s.
Cabeza	3.66	3.83	0.05	**
Corazón	0.48	0.43	0.05	n.s.
Hígado	2.74	2.62	0.05	n.s.
Riñón	0.35	0.33	0.02	n.s.
Pulmón	1.15	1.08	0.05	n.s.

Cada valor representa la media de 10 repeticiones; n.s. = no significativas ( $P>0.05$ ). \*\* = ( $P<0.01$ ), \* = ( $P<0.05$ )

#### 4.4.<sup>[U34]</sup> Porcentaje de cortes de canal

El porcentaje de los cuartos (Cuadro 6) delanteros fue mayor ( $P=0.0001$ ) en el grupo testigo (50.7 vs  $47.7 \pm 0.30\%$ ), mientras que el porcentaje de los cuartos traseros ( $P=0.0147$ ) en el grupo tratado con CZ (46.6 vs  $48.3 \pm 0.38\%$ ). Las corderas no suplementadas con CZ obtuvieron mayor rendimiento ( $P<0.01$ ) en cuello ( $6.5$  vs  $4.2 \pm 0.27\%$ ) y espaldilla ( $24.8$  vs  $20.7 \pm 0.51\%$ ), pero menor rendimiento ( $P<0.05$ ) en costillares ( $9.9$  vs  $12.9 \pm 0.35\%$ ) y piernas ( $23.9$  vs  $24.5 \pm 0.19\%$ ) en comparación de las ovejas tratadas con CZ.<sup>[U35]</sup> Los pesos en porcentaje de lomo, lomo plano y sirloin fueron similares ( $P>0.05$ ) entre los grupos CZ y testigo.

Cuadro 6. Peso de cortes de canales en ovinos de pelo tratados y no tratados con Clorhidrato de Zilpaterol bajo condiciones de estrés calórico.

Variables (%)	Tratamiento		e.e.	Valor de p
	Testigo	CZ		
Cuarto delantero	50.72	47.77	0.30	**
Cuello	6.55	4.25	0.27	**
Costillas	9.94	12.86	0.35	**
Lomo	9.40	9.98	0.41	n.s
Espaldilla	24.81	20.67	0.51	**
Cuarto trasero	46.64	48.30	0.38	*
Piernas	23.90	24.53	0.19	*
Lomo plano	14.15	14.89	0.46	n.s
Sirloin	8.58	8.86	0.50	n.s

Cada valor representa la media de 10 repeticiones: n.s.= no significativas ( $P>0.05$ ); \* = ( $P<0.01$ <sup>[U36]</sup>), \*\* = ( $P<0.05$ <sup>[U37]</sup>).

## DISCUSIÓN

Durante la prueba de comportamiento, la temperatura ambiental registrada fue entre 30 y 45°C, valores por encima de la zona de confort, como es indicado por Fuquay (1981), quien afirma que esta zona de confort en ovinos se encuentra entre valores de 18 y 27°C. Es posible que la combinación de temperatura y humedad ambiental durante este estudio hayan causado estrés calórico severo, hecho que se respalda con el ITH observado de 85 unidades. Según Marai<sup>[U38]</sup> *et al.* (2007), cuando las condiciones climáticas producen ITH≥84 unidades se presenta estrés calórico severo en ovinos. Varios estudios han reportado que la exposición de ovinos a temperaturas altas afecta negativamente las funciones biológicas de estos, reflejándose en un inapropiado desarrollo productivos y reproductivos (Dixon *et al.*, 1999; Marai *et al.*, 2007; Darcan and Güney, 2008; McManus *et al.*, 2009). La altas temperaturas ambientales estimulan a los receptores térmicos periféricos, los cuales inhiben el estímulo del apetito en el hipotálamo, por lo que se genera una reducción en el CMS (Marai *et al.*, 2007). Este mecanismo de termorregulación provoca una reducción en la producción de calor y carga térmica (Martello *et al.*, 2009). Aunque cabe mencionar, que dicho mecanismo aun cuando favorece la homeostasis del animal, produce una reducción sobre la tasa de crecimiento, la eficiencia alimenticia y la calidad de la canal de los ovinos.

Por otra parte, las condiciones estrés calórico presentes durante el estudio, se reflejaron en un incremento en la temperatura de la piel siendo más evidente en la región del vientre. En general, las temperaturas de cabeza, grupa y vientre

incrementaron en forma cuadrática a medida que avanzaron las horas del día; observándose que de 7 a 15 h del día aumento la temperatura de esas regiones y posteriormente, tendió a ser constante (en vientre) ó a bajar (cabeza y grupa) de 15 a 19 h. Este comportamiento de la temperatura corporal fue muy similar al comportamiento de la temperatura ambiental (menor en la mañana y mayor en la tarde). Darcan y Güney (2008) mencionan que el incremento de la temperatura en piel está asociado con el también incremento de la temperatura del ambiente, lo cual ellos comprobaron, en cabras productoras de leche, al observar temperaturas altas en cabeza, piel, ubre y grupa durante el medio día (12:00 a 13:00 h) mientras que por la mañana dichas temperaturas registraron niveles normales. En ganado lechero, Martello *et al.* (2009) solo reportaron un efecto cuadrático en temperatura de vulva, auricular, y grupa, así como de frecuencia respiratoria, con valores altos entre las 14:00 y 15:00 h y valores bajos al inicio y al final del día. Las temperaturas observadas en las diferentes partes de la piel demostraron la capacidad de los ovinos para disipar el calor corporal. Aunque en este estudio no se registró la temperatura rectal y frecuencia respiratoria, las temperaturas de la piel son indicativas de que las corderas estuvieron bajo estrés calórico y afectándose algunas variables biológicas. Martello *et al.* (2009) comentaron sobre la estrecha relación entre la temperatura ambiental y la temperatura de la piel. Asimismo, indican que la relación entre temperaturas ambiental y frecuencia respiratoria es lineal y positiva como consecuencia de la activación del mecanismo de termorregulación. Adicionalmente, la temperatura de vientre y flanco derecho fue mayor en las corderas suplementadas con CZ, situación que posiblemente se

deba a los cambios generados en el rumen y en el intestino delgado como resultado de la administración oral del CZ. Walker y Drouillard (2010) evaluaron los efectos de la fermentación de ractopamina *in vitro* y reportaron que este producto favorece la fermentación microbiana ruminal, por lo que esto puede disminuir el CMS. Fierms *et al.* (1991) trabajaron con ovinos suplementados con cimaterol y reportaron que este agonista incrementa el nivel de ácido acético y propiónico, mientras que disminuye el ácido butírico en el líquido ruminal<sup>[U39]</sup>. Por lo tanto, estos resultados sugieren un aumento en el metabolismo y en la producción de calor en rumen como consecuencia de la adición de CZ a la dieta de finalización de corderas de pelo.

La suplementación de dietas de finalización con CZ no mejora el comportamiento productivo en corral de corderas de razas de pelo. Estos resultados pueden deberse a las condiciones ambientales que se presentaron durante el experimento, aunado a que el número de corderas utilizadas en este estudio fue bajo. Ekpe *et al.* (2000) indican que la actividad del sistema adrenérgico en animales puede ser modificado por los factores ambientales y nutritivos. Adicionalmente, algunos estudios mencionan que ambientes de altas temperaturas pueden reducir el efecto de los AA- $\beta$  al bajar el número de RA- $\beta$  en músculo y tejido adiposo, disminuyéndose la capacidad de respuesta del animal (Mersmann, 1998; Ekpe *et al.*, 2000). Otros factores que pueden estar relacionados con estos resultados de la prueba de comportamiento productivo son: la edad (4 meses), el peso inicial (26 kg aproximadamente) y la raza (las cruza de Pb, raza introducida para favorecer parámetros reproductivos) de las

hembras usadas. Nourozi *et al.* (2008) señalaron que los ovinos jóvenes que genéticamente no han sido seleccionados para la acreción de músculo, tienden a tener una menor respuesta a la suplementación de agonistas en comparación con aquellos ovinos que fueron seleccionados genéticamente para la producción de carne. Contrario a los resultados de este estudio, Mersmann (1998) indica que en los resultados de experimentos hechos con algún agonista en ganado, generalmente se presenta un incremento en GDP y en EFA<sub>[U40]</sub>. No obstante, los resultados publicados por suplementar vía oral con AA-β al ganado ovino y bovino son muy inconsistentes en diversos estudios. Algunos autores coinciden que en ovinos machos de raza de pelo no hay efectos sobre la producción (Aguilera-Soto *et al.*, 2008; Estrada-Angulo *et al.*, 2008; López-Carlos *et al.*, 2010), ni en becerras (Neill *et al.*, 2009) al suministrar CZ en condiciones termo neutrales. Sin embargo, se han reportado aumentos en GDP y mejoras en la EFA como resultado de suplementar CZ en machos Pb x Kh<sub>[U41]</sub> (Robles-Estrada *et al.*, 2009), en novillas (Montgomery *et al.*, 2009) y en bovinos de engorda (Avendaño-Reyes *et al.*, 2006; Plasencia *et al.*, 2008; Beckett *et al.*, 2009). Igualmente, Nourozi *et al.* (2008) encontraron que la suplementación en ovejas Moghani con el agonista terbutalina y metaproterenol incrementó la GDP y la eficiencia alimenticia.

Los efectos sobre las características de la canal en este experimento coinciden con resultados previamente publicados en animales tratados con AA-β. La adición del CZ favoreció el rendimiento en canal, el peso de CC y CF, la conformación y LD<sub>[U42]</sub>, lo cual se atribuye a las propiedades de redistribución de nutrientes del CZ. <sub>[U43]</sub> El crecimiento de masa muscular se le atribuye al aumento

de la síntesis proteica y a la disminución de la degradación proteica en el músculo, ambos efectos ocasionados por el consumo de AA-β (Mersmann, 1998). Estos resultados coinciden con el trabajo hecho bajo condiciones termoneutrales por Nouruzi *et al.* (2008), quienes encontraron un mejor peso de CC y CF y de rendimiento en canal cuando suplemento ovejas con terbutalina y metaproterenol (20 mg/kg MS). Mismo resultados fueron encontrados en ovinos [Dr/Kh]<sub>[U44]</sub> suplementados con CZ (López-Carlos *et al.*, 2010). [En novillas, Montgomey *et al.* (2009) también reportaron resultados parecidos.]<sub>[U45]</sub> Sin embargo, Estrada-Angulo *et al.* (2008) y Robles-Estrada *et al.* (2009) reportaron resultados contrarios a los encontrados en esta investigación, ya que encontraron que la administración de AA-β (CZ y CR) no mejoraron ninguna característica de la canal en ovinos Pb x [Kh]<sub>[DRS46]</sub>. Esto pueden ser atribuibles a la edad, el sexo y a la composición de la dieta, entre otros factores (Mersmann, 1998). Adicionalmente, la deposición de grasa interna en las canales de las corderas no se redujo por la adición de CZ en dieta de finalización, solamente mostró una ligera tendencia a reducirse en las ovejas suplementadas con este agonista. Lo anterior se atribuye a que el CZ es considerado un agente repartidor que básicamente incrementa la deposición de proteínas mientras que otros componentes como la grasa, humedad y cenizas son mínimamente afectados (Leheska *et al.*, 2009). De igual manera, Estrada-Angulo *et al.* (2008) no encontraron efectos del CZ sobre la grasa dorsal y el porcentaje de grasa KPH en ovinos. En general, la información derivada de la administración del CZ sobre la canal de ovejas indica un resultado positivo para la formación de músculo, sin afectar la grasa del cuerpo.

A favor del grupo tratado se observó una tendencia a incrementar la fuerza de corte en el LD (3.55 Kg/cm<sup>2</sup> más alta). Este efecto de incrementar la fuerza de corte en el [músculo LD]<sub>[DRS47]</sub> por el efecto de adicionar CZ en la dieta ya ha sido reportado de manera frecuente en otros estudios, sobre todo en bovinos (Avendaño-Reyes *et al.*, 2006; Leheska *et al.*, 2009; Neill *et al.*, 2009). Dicho efecto sobre fuerza de corte también se ha observado al usar otros AA-β como el clenbuterol, L644,969, cimaterol y clorhidrato de ractopamina en bovinos y ovinos (Gruber *et al.*, 2008; Mesrmann, 1998). La reducción de la degradación de proteínas y de la actividad proteolítica combinada con el engrosamiento de fibras musculares son las causas que generan este aumento en la terneza (Dunshea *et al.*, 2005; Vestergaard *et al.*, 1994). Por lo tanto, nuestros resultados muestran como la suplementación con CZ incrementa la masa muscular de corderas de raza de pelo bajo condiciones de estrés calórico.

En ovejas no se ha reportado el aumento de peritoneo y de cabeza debido a la suplementación con algún AA-β incluyendo al CZ, por lo tanto, no existen publicaciones que den pie a explicar dicho efecto. Algunos estudio, como el de Li *et al.* (2000) y Aguilera-Soto *et al.* (2008), afirman que la adición de agonistas a la dieta no afecta el porcentaje de los componentes diferentes a la canal. Reeds y Mersmann (1991) encontraron que el número, tipo y activación de los receptores varían en los diferentes tejidos, y que la concentración de receptores es mayor en el músculo estriado favoreciendo la hipertrofia muscular, contraria a lo observado en músculo liso. Por lo tanto, la distribución desigual de estos receptores es la causa que limita el efecto del CZ en la mayoría de los componentes que no

pertenecen a la canal. Sin embargo, a pesar de que no se pueden determinar efectos del CZ sobre la mayoría de los componentes no cárnicos, si se puede presentar un ligero cambio que induce a la hipertrofia en órganos viscerales (Li *et al.*, 2000).

No existe información en la literatura del efecto del CZ sobre el porcentaje de cortes primarios, aunque usando otros agonistas en la alimentación de corderos si se han encontrado efectos (Beermann *et al.*, 1986). En corderos Rambouillet suplementados con L-644-969, Shackelford *et al.* (1992) reportaron que el rendimiento de piernas y espaldilla tienden a incrementarse por efecto del agonista. Comparando el porcentaje de cada corte entre corderas del grupo testigo y corderas CZ, se observó que éste último tuvo un mejor porcentaje de los cortes de cuartos traseros, piernas y costillas, lo cual es debido a que el CZ produjo una hipertrofia muscular en esas regiones del cuerpo como consecuencia de una reducción en la actividad proteolítica en músculo (Dikeman, 2007).<sup>[DRS48]</sup> Datos similares a estos resultados han sido publicados por Plascencia *et al.* (2008), quienes señalan que las diferencias del efecto de CZ sobre los cortes pueden deberse a diferencias en número, afinidad o especificidad de los RA-B; al igual que el tipo de fibra muscular. Sin embargo, contrario a los resultados de Plascencia *et al.* (2008), en el presente estudio se observó un efecto regionalizado del CZ sobre el cuerpo del animal, ya el CZ solamente actuó positivamente sobre los cortes ubicado en la porción caudal del cuerpo (pierna y cuartos traseros), y en la porción cranial dicho efecto fue negativo (corte de espaldilla y cuello). Shook *et al.* (2009) indican que al parecer la respuesta del CZ es mayor en los músculos del

cuarto trasero comparados con los cuartos delanteros, donde la probable explicación a esto es la mayor presencia de la fibra tipo II en los músculos de los cuartos traseros, las cuales responden mejor a los AA- $\beta$  a comparación del otro tipo de fibras musculares. Adicionalmente, el impacto del CZ decreció el peso de algunos cortes en el cuarto delantero, posiblemente por las condiciones ambientales de estrés calórico. Posiblemente, la desactivación o la saturación de receptores estén correlacionados con el ajuste del fluido sanguíneo hacia la piel como un mecanismo de termo regulación, ya que en las ovejas sometidas a temperaturas mayores a los 36°C generan la disipación de calor a través de las orejas y piernas, reduciendo el resto del fluido sanguíneo al resto del cuerpo (Marai *et al.*, 2007). Esta situación también podría afectar a la redistribución de nutrientes y a la activación de RA- $\beta$  dentro del cuerpo de las ovejas bajo condiciones de un estrés calórico ligero hasta un tipo de estrés considerado como severo.

## **CONCLUSIONES**

Bajo condiciones de estrés calórico, la suplementación con 10 mg de clorhidrato de zilpaterol en la dieta de finalización no mejora el desarrollo en corral y la deposición de grasa de corderas de raza de pelo. Mientras que el peso de la canal caliente, canal fría, rendimiento en canal, conformación, área del ojo de la costilla, cuartos traseros, costilla y piernas fueron incrementados por la adición del CZ. En general, la adición de este agonista no afecta el peso de componentes no relacionados con la canal (piel y órganos viscerales).

## LITERATURA CITADA

- Aguilera-Soto, J.I., R.G. Ramírez, C.F. Arechiga, L.F. Méndez, M.A. López, R.J. Silva, D.R. Rincon, and R.F. Duran.<sup>[DRS49]</sup> 2008. Zilpaterol hydrochloride on performance and sperm quality of lambs fed wet brewer grains. *J. Appl. Anim. Res.*<sup>[DRS50]</sup>. 34:17-21.
- Ahlquist, R.P. 1948<sup>[DRS51]</sup>. A study of the adrenotropic receptors. *Am. J. Physiol.*<sup>[DRS52]</sup>. 153:586-589.
- Alexiev, J., D. Gudev, S. Popova-Ralcheva, and P. Moneva<sup>[DRS53]</sup>. 2004. Thermoregulation in sheep. IV. Effect of heat stress on heart rate dynamics in shorn and in shorn ewes from three breeds. *Zhivotnovdni-Nauki*. 41:16-<sup>[DRS54]</sup>21.
- Anaya-Alvarado, D.L., M.G. Guevara, y S.O. Agudín<sup>[DRS55]</sup>. 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: 324-326.<sup>[DRS56]</sup>
- Avendaño-Reyes, L., R.V. Torres, M.F.J. Meraz, L.C. Pérez, S.V.F. Figueroa, and P.H. Robinson. 2006. Effects of two  $\beta$ -adrenergic agonists on finishing performance, carcass characteristics, and meat quality of feedlot steers. *J. Anim. Sci.*<sup>[DRS57]</sup> 84:3259-<sup>[DRS58]</sup>3265.
- Avendaño-Reyes, L., V.F.D. Álvarez, R.L. Molinar, Q.J.S. Saucedo, C.A. Correa, O.R.S. Vejar, B.J. Escobar, y V.J.I. Bernal. 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., R.H. Dalrymple., D.L. Ingle, and C.A. Ricks.<sup>[DRS59]</sup> 1984. Use of  $\beta$ -Adrenergic agonist to alter muscle and fat deposition in lambs. *J. Anim. Sci.* 59:1256-1261.

Beckett, J.L.<sup>[DRS60]</sup>, R.J. Delmore, G.C. Duff, D.A. Yates, D.M. Allen, T.E. Lawrence, N. Elam. 2009. Effects of zilpaterol hydrochloride on growth rates, feed conversion, and carcass traits in calf-fed Holstein steers. *J. Anim. Sci.* <sup>[DRS61]</sup> 87:4092-4100.

Beermann, D.H.<sup>[DRS62]</sup>, D.E. Hogue, V.K. Fishell, R.H. Dalrymple, and C.A. Ricks. 1986. Effects of cimaterol and fishmeal on performance, carcass characteristics and skeletal muscle growth in lambs. *J. Anim. Sci.* <sup>[DRS63]</sup> 62:370-380.

Bores, Q.R., M.A. Velázquez, M. y Heredia. 2002. Evaluación de razas terminales en esquemas de cruce comercial con ovejas de pelo F1. *Téc. Pecu. Méx.* 40:71-79.<sup>[DRS64]</sup>

Casey, N.H., E.C. Webb, and J.L. Martin. 1997. Effects of zilpaterol and its withdrawal on carcass and meat quality of young steers. in *Proc. 43rd Int. Congr. Meat Sci. Technol.*, Auckland, New Zealand. 264-265.

Council of the European Communities. 1986. Council Directive 86/469EEC of 16 September 1986. *Off. J. Eur. Cummun.* L275:36.

Courtheyn, D., B. Le Bizec, G. Brambilla, H.F. De-Brabander, E. Cobbaert, M. Van de Wiele, J. Vercammen, K. De Wasch. 2002. Recent developments in the use and abuse of growth promoters. *Anal. Chem. Acta.* <sup>[DRS65]</sup> 473:71-82.

Darcan, N., O. Güney. 2008. Alleviation of climatic stress of dairy goats in mediterranean climate. *Small Rumin. Res.* 74:212-215.

- Denek, N., A. Can, S. Tufenk, K. Yazgan, H. Pek, and M. Iriadam. 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.* 63:156-161.
- Dikeman, M.E. 2007. Effects of metabolic modifiers on carcass traits and meat quality. *Meat Sci.* [DRS66]77:121-135.
- Dixon, R.M., [DRS67]R. Thomas, and J.H.G. Holmes. 1999. Interactions between heat stress and nutrition in sheep fed roughage diets. *J. Agr. Sci.* 132:351-359.
- Domínguez-Vara I.A., A.J. Mondragón, R.M. González, G.F. Salazar, G.J. Bórquez, M.A. Aragón. 2009. Los  $\beta$ -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.* 16:278-284.
- Dunshea, F.R., D.N. D'Souza, D.W. Pethick, G.S. Harper, and R.D. Warner. 2005. Effect of dietary factors and other metabolic modifiers on quality and nutritional value of meat. *Meat Sci.* 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.* [DRS68]76:2899-2905.
- Ekpe, E.D., J.A. Moibi, and R.J. Christopherson. 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.[DRS69]

Estrada-Angulo A., A. Barrera-Serrano, G. Contreras, J.F. Obregón, J.C. Robles-Estrada, A. Plascencia, and R.A. Zinn. 2008. Influence of level of zilpaterol chlorhydrate supplementation on growth performance and carcass characteristics of feedlot lambs. *Small Rumin. Res.* 80:107-110.

Fain, J. N., S.J.A. García. 1983. Adrenergic regulation of adipocyte-metabolism. *J. Lipid. Res.* 24:945.

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><sup>[DRS70]</sup>. Consultado el 10 de septiembre del 2009.

Felix, A., A. Estrada-Angulo, F.G. Ríos, C.H. Ramos, and B.A. Pérez. 2005. Effect of zilpaterol clorhidrate on growth performance and carcass traits in finishing sheep. *J. Anim. Sci. (Suppl.1)*:83.

Fiems, L.O., C.V. Boucqué, B.G. Van Cottyn, and G. De Voorde. 1991. Effect of dietary cimaterol on performance and carcass traits in bulls and on aspects of digestion in cattle and sheep. *Ann. Zootech.* 40:191-200.

Fuquay, J.W. 1981. Heat stress as is affects animal production. *J. Anim. Sci.* 56:164-174.

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.<sup>[DRS71]</sup>

Gruber, S.L., J.D. Tatum, T.E. Engle, K.J. Prusa, S.B. Laudert, A.L. Schroeder, and W.J. Platter. 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.

González, M.S., [DRS72]Q.R. Bores, and S.R Herrera. 1991. Effect of energy level on compensatory growth in lambs. III. Body Composition and carcass yield. *J. Anim. Sci.* (Suppl.1):[DRS73]71-79.

Gutierrez, J., M.S. Rubio, R.D. Méndez. 2005. Effects of crossbreeding Mexican Pelibuey sheep with Rambouillet and Suffolk on carcass traits. *Meat Sci.* 70:1-5.

Hahn, G.L. 1999. Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. *J. Dairy. Sci.* (Suppl.2):10-20.

[INEGI, 2009. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Censo Agropecuario, VIII Agrícola, Ganadero y Forestal, Ags. México][DRS74]. Disponible en: <http://200.23.8.5/inegi/default.aspx>. Consultado el 22-Septiembre-10.

Johnson, B.L., and K.Y. [Chung. 2007][DRS75]. Alteration in the physiology of growth cattle with growth-enhancing compounds. In: *Veterinary Clinics of North America: Food Anim. Pract.* 23:321-332[DRS76]

Johnson, H.D. 1987. In: Johnson, H.D. *Bioclimatology and the adaptation of livestock*. Elsevier Science. Amesterdam.

Keown, J. F., P.J. Kononoff, and J.R. Grant. 2005. How to reduce heat stress in dairy cattle. University of Nebraska-Lincoln [Extensio. IANR.][DRS77] Disponible en:

<http://www.cheboygancoop.com/animalscience/dairy/G03620.PDF>.

Consultado el 22 de Septiembre del 2010.

Kuiper, H.A., M.M. Noordam, V. Dooren-Flipsen, R. Shuilt, and H. Roos. 1998. Illegal use of beta-adrenergic agonists: European Community. *J. Anim. Sci.* 76:195-207.

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

Li, Y.Z., R.J. Christopherson, and C.J. Field. 2000. Effects of beta-adrenergic receptor agonist and low environmental temperature on the immune system of growing lambs. *Can. J. Anim. Sci.* 81: 605-613.

Li, Y.Z., R.J. Christopherson, B.T. Li, and J.A. Moibi. 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.

Littell, R.C, G.A. Milliken, W.W. Stroup, and R.D. Wolfinger. 1996. *SAS System for Mixed Models*. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

López-Carlos M.A., R.G. Ramirez, J.I. Aguilera-Soto, C.F. Aréchiga, F. Méndez-Llorente, H. Rodríguez, and J.M. Silva. 2010. Effect of ractopamine hydrochloride and zilpaterol hydrochloride on growth, diet digestibility, intake and carcass characteristics of feedlot lambs. *Livest. Sci.* 131: 23-30.

LPHSI. 1990. Livestock and Poultry Heat Stress Indices Agriculture Engineering Technology Guide. [Clemson University, Clemson, SC. 29634, USA]<sub>[DRS78]</sub>.

Luna, P., J. Molina, C.Ma. Lesprón, J. Romero, U. Beltrán, and C.O. González. 1990. Bloqueadores beta y anestesia. *Rev. Méx. Anest.* 13:215-223.

[Macías, C.U., F.D.V. Álvarez, J.G. Rodríguez, C.A. Correa, T.S.C. Medina, L.R. Molina, A.R. González, M.F. Lucero, y R.L. Avendaño. 2007. Comportamiento productivo en corral de cruza 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. 419-422.]<sub>[DRS79]</sub>

Macías, C.U., J.A.E. Quintero, F.D.V. Álvarez, A.C. Correa, N. Torrentera, L. R. Molina, A.R. González, y L.R. Avendaño. 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 de la Asociación Mexicana de Producción Animal A.C.*, Nuevo León, México.108-114.

Marai, I.F.M., A.A. El-Darawanya, A. Fadiel, and M.A.M. Abdel-Hafez. 2008. Reproductive performance traits as affected by heat stress and its alleviation in sheep. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.* 8:209-234.

Marai, I.F.M., A.A. El-Darawanya, A. Fadiel, M.A.M. and Abdel-Hafez. 2007. Physiological traits as affected by heat stress in sheep-A review. *Small Rumin. Res.* 71:1-12.

Marai, I.F.M., A.A. El-Darawany, E.I. Abou-Fandoud, M.A.M. and Abdel-Hafez. 2004. Reproductive traits and the physiological background of the seasonal

variations in Egyptian Suffolk ewes under the conditions of Egypt. *Ann. Arid. Zone.* 42:1-9.

Martello, L.S, J.H. Savastano, S.L. Silva, and J.C. Balieiro. 2009. Alternative body sites for heat stress measurement in milking cows under tropical conditions and their relationship to the thermal discomfort of the animals. *Int. J. Biometeorol.* 10:1-6. [DRS80]

McManus, C., G.R. Paludo, H. Louvandini, R. Gugel, S.L.C. Bastos, and P.S. Rezende. 2009. Heat tolerance in Brazilian sheep: physiological and blood parameters. *Trop. Anim. Health. Prod.* 41:95-101.

Mersmann, H.J. 1998. Overview of the effects of  $\beta$ -adrenergic receptor agonists on animal growth including mechanisms of action. *J. Anim. Sci.* 76:160-172.

Mersmann, H.J. 2002. Beta-Adrenergic receptor modulation of adipocyte metabolism and growth. *J. Anim. Sci.* 80: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. [DRS81]

Mondragón, A.J., I.A. Domínguez-Vara, J.M. Pinos-Rodríguez, M. González, J.L. Bórquez, A. and Domínguez, M.L. Mejía. 2010. Effects of feed supplementation of Zilpaterol hydrochloride on growth performance and carcass traits of finishing lambs. *Acta. Agric. Scand.* [DRS82]. Section A, 60:47-

52.

Montgomery, J.L., C.R. Krehbiel, J.J. Cranston, D.A. Yates, J.P. Hutcheson, W.T. Nichols, M.N. Streeter, D.T. Bechtol, E Johnson, T. TerHune, and T.H. Montgomery. 2009. Dietary zilpaterol hydrochloride I Feedlot performance and carcass traits of steers and heifers. *J. Anim. Sci.* 87:1374-1383.

Moody, D.E., D.L. Hancock, and D.B. Anderson. 2000. Phenethanolamine repartitioning agents. In: D'Mello, J.P.F. (Ed.), *Farm Animal Metabolism and Nutrition*. CAB International. NY, USA.

Neill, S., J.A. Unruh, T.T. Marston, J.R. Jaeger, M.C. Hunt, and J.J. Higgins. 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.

NRC, 1985. *Nutrient requirement of sheep*. 6th Rev. Ed. National Academy Press, Washington, DC.

Normas Oficiales Mexicanas. Diario Oficial de la federación. Disponible en <http://dof.gob.mx/>. Consultado el 08 de agosto del 2010.<sup>[DRS83]</sup>

Nourozi, M., M. Abazari, M. Mohammadi, M. Raisianzadeh, and A. ZareShahne. 2005. Effect of two beta-adrenergic agonists on performance and carcass composition of Iranian native breed of sheep. *Pak. J. Nutr.* 4:384-388.

Nourozi, M., M. Abazari, M. Raisianzadeh, M. Mohammadi, and A. ZareShahne. 2008. Effect of terbutaline and metaproterenol (two beta-agonists) on performance and carcass composition of culled Moghani ewes. *Small Rumin. Res.* 74:72-77. |

<sup>[DRS84]</sup>

- O'Neill, A.H. 2001. The effect of zilpaterol hydrochloride on dietary N-requirements and the quality and nutritional value of meat components. Master of Science Thesis, University of Pretoria, Pretoria, South Africa.
- Peters, A.R. 1989.  $\beta$ -agonists as repartitioning agents: a review. *Vet. Rec.*<sup>[DRS85]</sup> 124:417-420.
- Plascencia, A., N.G. Torrentera, and R.A. Zinn. 2008. Influence of the  $\beta$ -agonist, zilpaterol, on growth performance and carcass characteristics of feedlot steers. *J. Anim. Vet. Adv.* 7:1257-1260.
- Plascencia, A., N.G. Torrentera, and R.A. Zinn. 1999. Influence of the agonist, zilpaterol on growth performance and carcass characteristics of feedlot steers. *Proc. West. Sect, Am. Soc. Anim. Sci.* <sup>[DRS86]</sup>50:221-224.
- Reeds, P.J., and H.J. Mersmann. 1991. Protein and energy requirements of animals treated with beta-adrenergic agonists: A discussion. *J. Anim. Sci.* 69:1532-1550.
- Rick, A.C., R.H. Dalrymple, K.P. Baker and D.L. Ingle. 1984. Use of a  $\beta$ -agonist to alter fat and muscle deposition in steers. *J. Anim. Sci.* 59:1247-1255.
- Robles-Estrada, J.C., A. Barreras-Serrano, G. Contreras, A. Estrada-Angulo, J.F. Obregón, A. Plascencia, and F.G. Ríos, 2009. Effect of two  $\beta$ -adrenergic agonists on finishing performance and carcass characteristics in lambs fed concentrate diets. *J. Appl. Anim. Res.* <sup>[DRS87]</sup>36:33-36.
- Ross, T.T., L. Goode, and 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.

SAGARPA, 2005. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación: Estadísticas de ganadería. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/>. Consultada el 20 de Septiembre del 2010. |

[DRS88]

Salinas-Chavira J., R.G. Ramírez, M. Domínguez-Muñoz, R. Palomo-Cruz, and V.H. López-Acuña. 2004. Influence of zilpaterol hydrochloride on growth and carcass characteristics of Pelibuey lambs. *J. Appl. Anim. Res.* 26:[DRS89]13-16.

Salinas-Chavira J., M.M. Domínguez, M.R. Díaz, B.P. Cruz, G.M.F. Montaña, and A.C. Arzola. 2005. Effect of duration of zilpaterol hydrochloride treatment on carcass characteristics and weight gain in grazing Pelibuey lambs. *J. Appl. Anim. Res.* 29:[DRS90]25-28.

SAS INSTITUTE. SAS/STAT: User's guide statistics released 9.12. Edition Cary, N.C. SAS Institute, Inc. 2004.

Shackelford, S. D., J.W. Edwards, E.K. Smarr, and J.W. Savell. 1992. Retail cut yields of Rambouillet wether lambs fed the  $\beta$ -adrenergic agonist L-644, 969. *J. Anim. Sci.* 70:161-168.

Shelver, W.L., and D.J. Smith. 2006. Tissue residues and urinary excretion of zilpaterol in sheep treated for 10 days with dietary zilpaterol. *J. Agric. Food. Chem.* 54:4155-416.

Shook, J.N., D.L. VanOverbeke, L.A. Kinman, C.R. Krehbiel, B.P. Holland, M.N. Streeter, D.A. Yates, and G.C. Hilton. 2009. Effects of zilpaterol

hydrochloride and zilpaterol hydrochloride withdrawal time on beef carcass cutability, composition, and tenderness. *J. Anim. Sci.* 87:3677-3685.

SIAP, 2008. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Disponible en <http://www.siap.gob.mx><sup>[DRS91]</sup>. Consultada el 20 de Septiembre del 2010.

Silván, G.G. 2006. Promotores del crecimiento acciones sobre el eje Hipotálamo-Hipófisis-Adrenal-Gónada. Disponible en:<http://www.racve.es/actividades/promotores%20crecimiento%20SWilvan%20Granado.htm>. Consultada el 05 de Febrero del 2010. |

[DRS92]

Smith, G.C., D.B. Griffin, J.H. Kenneth. 2001. Meat Evaluation Handbook Revision Committee. Am. Meat Sci. Assoc. USA.

Snowder, G.D., and S.K. Duckett. 2003. Evaluation of the South African Dorper as a terminal sire breed for growth, carcass, and palatability characteristics<sup>[DRS93]</sup>. *J. Anim. Sci.* 81:368-375.

Strydom, P.E., L. Frylinck, J.L. Montgomery, and M.F. Smith. 2009. The comparison of three  $\beta$ -agonists for growth performance, carcass characteristics and meat quality of feedlot cattle. *Meat Sci.* 8:557-564

Sumano, L.H., C.L. Ocampo y O.L. Gutiérrez. 2002. Clenbuterol y otros  $\beta$ -agonistas, ¿Una opción para la producción pecuaria o un riesgo para la salud pública? *Vet. Méx.* 33:278-284.

Tabares-Rojas A., A.A. Porras, H.H. Vaquera, I.J. Hernández, M.S. Rojas, y C.J. Hernández. 2009. Desarrollo embrionario en ovejas Pelibuey y Suffolk en condiciones de estrés calórico. *Agrociencia* 43:671-680.

- Thompson, G.E., 1985. Respiratory System. In: Young, M.K. (Ed.), Stress Physiology in Livestock. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida, USA.
- USDA, 1992. United States Standards for Grades of Lamb, Yearling Mutton, and Mutton Carcasses, United States Department of Agriculture.
- Vestergaard, M., K. Sejrsen, and S. Klasttrup. 1994. Growth, composition and eating quality of longissimus dorsi from young bulls fed the  $\beta$ -agonist Cimaterol at consecutive developmental stages. Meat Sic. 38:55-66.
- Waldeck, B., and E. Widmark. 1995. Steric aspects of agonism and antagonism at  $\beta$ -adrenoceptors: experiments with the enantiomers of clenbuterol. Phamacol. Toxicol. 56:221-227.
- Walker, C.E., and J.S. Drouillard. 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. 88:697-702.
- Zamiri, M.J., and J. Izadifard. 1995. Effects of metaproterenol, a beta-adrenergic agonist, on feedlot performance and body composition of two fat-trailed breeds of sheep. Small Rum. Res. 18:263-271.