

# Crecimiento y características de canal en corderas tratadas con clorhidrato de zilpaterol durante primavera y verano

## Growth and carcass characteristics of ewe lambs treated with zilpaterol hydrochloride during spring and summer

Ulises Macías-Cruz<sup>a</sup>, Leonel Avendaño-Reyes<sup>a</sup>, Francisco D. Álvarez-Valenzuela<sup>a</sup>, Noemí G. Torrentera-Olivera<sup>a</sup>, C. Meza-Herrera<sup>b</sup>, Miguel Mellado-Bosque<sup>c</sup>, Abelardo Correa-Calderón<sup>a</sup>

### RESUMEN

Se utilizaron 44 corderas Dorper x Pelibuey con peso vivo promedio de  $24.56 \pm 0.70$  kg para evaluar el efecto del clorhidrato de zilpaterol (CZ) sobre el comportamiento productivo y algunas características de canal en épocas de primavera (n=24) y verano (n=20), bajo condiciones áridas del noroeste de México. En cada época, las corderas fueron colocadas en corraletas individuales y divididas en dos grupos para ser alimentadas sin CZ (SCZ) o con 10 mg de CZ/animal/día (CCZ) durante 32 días. Posteriormente, todas las corderas fueron sacrificadas. La información se sometió a un análisis de varianza con un diseño de bloques completamente al azar con arreglo factorial 2x2. Las corderas CCZ de primavera presentaron mayor ( $P < 0.01$ ) peso final, ganancia diaria de peso y eficiencia alimenticia que las corderas CCZ de verano o las corderas SCZ de ambas épocas. El rendimiento en canal en primavera y verano fue mayor ( $P < 0.01$ ) en corderas CCZ. El consumo de alimento, grasa de cobertura y porcentaje de grasa pélvica-renal-corazón no variaron ( $P > 0.05$ ) por efecto del CZ; contrariamente, el peso de canal caliente y fría, y la área del músculo *Longissimus dorsi* fueron mayores ( $P < 0.05$ ) en corderas CCZ. Solamente consumo de alimento y área del músculo *Longissimus dorsi* fueron afectados ( $P < 0.01$ ) por época. En conclusión, las altas temperaturas registradas en verano limitan el funcionamiento de CZ para mejorar el crecimiento y la eficiencia alimenticia de corderas de pelo finalizadas en corral, pero no las características de canal.

**PALABRAS CLAVE:** Ovinos de pelo, Agonistas adrenérgicos  $\beta$ , Crecimiento de corderos, Rendimiento en canal.

### ABSTRACT

Dorper x Pelibuey ewe lambs (n= 44) initially weighing  $24.56 \pm 0.70$  kg were used to evaluate the effect of zilpaterol hydrochloride (ZH) on productive performance and some carcass characteristics in spring (n= 24) and summer (n= 20), under arid conditions of the Northwest of Mexico. In each season, ewe lambs were placed in individual pens and divided into two groups to be fed without ZH (SCZ) or 10 mg of ZH/animal/d (CCZ) for 32 d. Subsequently, all the ewes were slaughtered. The information was submitted to an analysis of variance under a randomized complete block design with a 2 x 2 factorial arrangement of treatments. The CCZ ewes of spring showed greater ( $P < 0.01$ ) final weight, daily weight gain and feed efficiency than CCZ ewes of summer or SCZ ewes of both seasons. The dressing in spring and summer was higher ( $P < 0.01$ ) in CCZ lambs than in those SCZ. Feed intake, fat thickness and kidney-pelvic-heart fat percentage did not change ( $P > 0.05$ ) by ZH effect; contrary, hot and cold carcass weights, and *Longissimus dorsi* muscle area were greater ( $P < 0.05$ ) in CCZ ewes than in SCZ ewes. Only feed intake and *Longissimus dorsi* muscle area were affected by season ( $P < 0.01$ ). In conclusion, high summer temperatures limit the ZH action to improve growth and feed efficiency of feedlot hair lambs, but not the carcass traits.

**KEY WORDS:** Hair sheep, Beta agonists, Sheep growth, Carcass yield.

Recibido el 28 de marzo de 2012. Aceptado el 4 de junio de 2012.

<sup>a</sup> Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California, Ejido Nuevo León, Mexicali, Baja California, 21705, México. [acorrea@uabc.edu.mx](mailto:acorrea@uabc.edu.mx). Correspondencia al último autor.

<sup>b</sup> Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Universidad Autónoma de Chapingo, Durango, México.

<sup>c</sup> Departamento de Nutrición Animal, Unidad Saltillo, Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Coahuila, México.

## INTRODUCCIÓN

La producción de carne de ovino en México es insuficiente para abastecer la demanda del mercado nacional, por lo cual aproximadamente el 40 % de la carne consumida en el país es importada de Australia, Nueva Zelanda y Uruguay<sup>(1)</sup>. En este sentido, la búsqueda de productos para mejorar el crecimiento y reducir los periodos de engorda en ovinos ha sido una constante en los últimos años, siendo los agonistas adrenérgicos beta (AA- $\beta$ ) un ejemplo de estos. Los AA- $\beta$  presentan estructura similar a las catecolaminas naturales, y favorecen el crecimiento rápido de los animales que los consumen, debido a que estimulan el desarrollo de masa muscular mediante el aumento en la síntesis de proteína y reducción en la degradación de la proteína a nivel de músculo estriado, mientras que en tejido graso reduce la lipogénesis e incrementa la lipólisis<sup>(2,3)</sup>. Clenbuterol, cimaterol, metaproterenol y L-644,969 son algunos agonistas inicialmente desarrollados para el tratamiento de asma por sus efectos descongestionantes o broncodiladores, pero en la década de los 90s se descubrió que mejoraban el comportamiento productivo y el rendimiento en canal de bovinos y ovinos debido a sus efectos sobre el metabolismo de grasas y proteínas<sup>(4)</sup>. Sin embargo, el uso de todos ellos en la alimentación de los animales se ha prohibido, ya que son nocivos para la salud humana<sup>(5)</sup>.

Recientemente, México, Sudáfrica y Estado Unidos aprobaron el uso del AA- $\beta$  clorhidrato de zilpaterol (CZ) para uso en el ganado bovino<sup>(4)</sup>, ya que es 12 veces menos potente que el clenbuterol y se elimina rápidamente a través de la orina<sup>(6)</sup>. En ovinos<sup>(7,8)</sup> y bovinos<sup>(9,10)</sup>, la adición de CZ en la dieta de finalización durante 30 ó 40 días antes del sacrificio, ha mostrado mejorar la ganancia diaria de peso, la eficiencia alimenticia y algunas características de la canal (peso de canal caliente, rendimiento en canal, área del músculo *Longissimus dorsi*, etc.). No obstante, en ovinos, los resultados acerca del efecto del CZ sobre el

## INTRODUCTION

Production of sheep meat in Mexico is insufficient to meet the demand of the national market; since approximately 40 % of the meat consumed in the country is imported from Australia, New Zealand and Uruguay<sup>(1)</sup>. In this sense, the search of products to improve growth and reduce the sheep fattening periods has been a constant in recent years, and adrenergic beta agonists (AA- $\beta$ ) are an example of these. The AA- $\beta$  are similar in structure to natural catecholamines, and favor the rapid growth of the animals that consume them, since they stimulate the development of muscle mass through the increase in protein synthesis and reduction in the level of striated muscle protein degradation, while fatty tissue reduces lipogenesis and increased lipolysis<sup>(2,3)</sup>. Clenbuterol, cimaterol, metaproterenol, L-644 969 are some agonists initially developed for the treatment of asthma by their decongestants or bronchodilators effects, but in the decade of the 90's it was discovered that they improved productive performance and carcass yield of cattle and sheep because of their effects on the fat and protein metabolism<sup>(4)</sup>. However, the use of all of them in animal feeding had banned, since they are harmful to human health<sup>(5)</sup>.

Recently, Mexico, South Africa and the United States approved the use of the AA- $\beta$  zilpaterol hydrochloride (ZH) for use in cattle<sup>(4)</sup>, given it is 12 times less potent than clenbuterol and is quickly eliminated via the urine<sup>(6)</sup>. The addition of ZH in the diet of sheep<sup>(7,8)</sup> and cattle<sup>(9,10)</sup> for 30 or 40 d before slaughter, has shown to improve the daily weight gain, feed efficiency and some carcass characteristics (hot carcass weight, carcass yield, *Longissimus dorsi* muscle area, etc.). However, in sheep, results regarding the effect of the ZH on the growth and carcass characteristics are not constant, some studies have only found effects on productive performance<sup>(11,12)</sup> or carcass characteristics<sup>(13,14)</sup>, but not in both aspects. Different factors may be associated with this discrepancy between results, such as year

crecimiento y las características de canal no son constantes, puesto que en algunos estudios encontraron solamente efecto en el comportamiento productivo<sup>(11,12)</sup> o características de la canal<sup>(13,14)</sup>, y no en ambos aspectos. Diferentes factores pueden estar relacionados con esta discrepancia entre resultados, tales como época del año, especie, raza, tipo de proteína en la dieta, composición química de la dieta, entre otros. Sin embargo, el posible efecto de factores ambientales sobre el crecimiento y las características de la canal en corderos alimentados con CZ no ha sido estudiado. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de clorhidrato de zilpaterol en época de verano y primavera sobre el comportamiento productivo y algunas características de canal en corderas de pelo finalizadas en corral en condiciones áridas del noroeste de México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se condujo en la Unidad Experimental Ovina del Instituto de Ciencias Agrícolas (ICA), de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC). El ICA se localiza en la región del Valle de Mexicali, Baja California, con clima árido seco con temperaturas extremas en época de verano (hasta 50 °C) e invierno (hasta 0 °C). La precipitación a través de año es errática (80 mm), concentrándose en noviembre y diciembre<sup>(15)</sup>.

Las temperaturas (T) y humedades relativas (HR) ambientales durante los periodos experimentales fueron colectadas a partir de la Estación Meteorológica ubicada en la Facultad de Ingeniería, de la UABC. El índice de temperatura-humedad (ITH) se calculó usando la siguiente ecuación<sup>(16)</sup>:  $ITH = T - \{(0.31 - 0.31 * HR) * (T - 14.4)\}$ . Se consideró que los animales se encontraban en condiciones de estrés calórico cuando los valores de ITH fueron  $\geq 22$  unidades.

El experimento se diseñó para evaluar el uso de CZ tanto en época de verano como de primavera, de tal manera que en ambas épocas

season, species, breed, type of protein in the diet, chemical composition of the diet, among others. However, the possible effect of environmental factors on the growth and carcass characteristics in lambs fed with ZH has not been studied. The objective of the present study was to evaluate the effect of zilpaterol hydrochloride in summer and spring season on the productive performance and some carcass characteristics in finishing hair ewe lambs under arid conditions of the Northwest of Mexico.

## MATERIALS AND METHODS

The study was conducted at the Experimental Sheep Unit of the Institute of Agricultural Sciences (ICA), of the Autonomous University of Baja California (UABC). The ICA is located in the Mexicali valley, Baja California, where the climate is arid and dry, with extreme temperatures in summer (up to 50 °C) and winter (down to 0 °C). Precipitation throughout the year is erratic (80 mm), concentrated on November and December<sup>(15)</sup>.

Temperature (T) and relative humidity (RH) during the experimental periods were collected from the weather station located in the Faculty of Engineering of the UABC. Temperature-humidity index (THI) was calculated using the following equation<sup>(16)</sup>:  $THI = T - \{(0.31 - 0.31 * RH) * (T - 14.4)\}$ . It was considered that animals were under heat stress conditions when THI values were  $\geq 22$  units.

The experiment was designed to evaluate the use of ZH both summer and spring season, and the same management and measurements to animals were applied in both periods. Forty-four Dorper x Pelibuey crossbred ewe lambs, 24 in spring and 20 in summer, were used. These sheep were a product of a cross between pure Pelibuey ewes and two Dorper rams (the same in both seasons). At the beginning of the experiment, ewes used in spring presented a live weight of  $24.12 \pm 0.6$  kg and those employed in summer of  $25.00 \pm 0.83$  kg, both groups with an average age of 4-mo old. The

se aplicó el mismo manejo y mediciones a los animales. Se utilizaron 44 corderas cruzadas Dorper x Pelibuey, 24 en primavera y 20 en verano, las cuales fueron producto de aparear ovejas Pelibuey puras con dos sementales puros de raza Dorper (los mismos en ambas épocas). Al inicio del experimento, las corderas empleadas en primavera presentaban un peso vivo de  $24.12 \pm 0.6$  kg y las empleadas en verano de  $25.00 \pm 0.83$  kg, ambos grupos con una edad promedio de 4 meses. El periodo experimental en cada época tuvo una duración de 49 días (15 de adaptación y 34 de mediciones). Las corderas fueron vitaminadas (1 ml/animal de Vigantol, Bayer, México), desparasitadas (0.5 ml/animal de Ivermectina, Laboratorio Sanfer, México), adaptadas a la dieta base (Cuadro 1) y colocadas en corraletas individuales durante el periodo de adaptación. En la época de verano, las corraletas se encontraban dentro de una caseta provista de dos ventiladores (0.91 m de diámetro con un motor de 0.5 HP), los cuales se ubicaban en el lado norte para una correcta distribución del aire ( $180 \text{ m}^3/\text{min}$ ). Los ventiladores permanecieron operando las 24 h del día. En el estudio de primavera, las corraletas fueron instaladas en un lugar sombreado bajo las condiciones climáticas del ambiente.

Al inicio del periodo experimental, las corderas se pesaron individualmente para formar parejas de hembras de similar peso. Las corderas de cada pareja se asignaron aleatoriamente, una por cada tratamiento. Los tratamientos fueron: 1) testigo (SCZ), no tratadas con CZ, y 2) tratadas (CCZ) con 10 mg de CZ/animal/d (Zilmax, Intervet, México). Diariamente, se alimentaron las corderas por la mañana (0700 h) y tarde (1500 h) en una proporción 40:60 del total de la dieta ofrecida. En el alimento ofrecido durante la mañana se adicionó el CZ en el grupo de corderas CCZ, actividad que se desarrolló diariamente hasta 48 h antes del sacrificio. El alimento ofrecido y rechazado se pesó diariamente. Muestras de 150 g de alimento ofrecido y rechazado se colocaron en bolsas de papel para ser secado en la estufa

experimental period in every season lasted 49 d (adaptation 15 d and 34 d of measurements). During the adaptation period, ewe lambs received injection of vitamins (1 ml per animal of Vigantol, Bayer, Mexico), were treated against internal and external parasites (0.5 ml per animal, Sanfer, Ivermectina, Mexico), adapted to the basal diet (Table 1) and placed in individual pens. In the summer, pens were inside a booth equipped with two fans (0.91 m in diameter with a 0.5 HP motor), which were located on the north side for a correct air distribution ( $180 \text{ m}^3/\text{min}$ ). The fans remained operating 24 h/d. In the spring period, pens were installed somewhere shaded under the climatic conditions of the environment.

At the beginning of the experimental period, ewes were individually weighed to form pairs of females of similar weight. Ewe lambs of each pair were randomly assigned, one per each

Cuadro 1. Dietas basales usadas en la alimentación de los ovinos durante primavera y verano

Table 1. Basal diets for feeding ewes during spring and summer

Ingredients (g/kg of food)	Spring	Summer
Ground wheat	619	610
Alfalfa hay	200	202
Soybean meal	80	117
Molasses	40	53
Premix*	38	5
Salt (grain)	3	5
Calcium phosphate	10	5
Limestone	10	3
Chemical composition (dry base)		
Metabolizable energy (Mcal/kg)	2.8	2.8
Dry matter, %	93.4	95.5
Organic matter, %	89.5	92.1
Crude protein, %	14.5	16.0
Neutral detergent fiber, %	28.8	28.8
Acid detergent fiber, %	11.1	11.1

\* 1,200,000 IU of vit A; 200,000 IU of vit D3; 1,200 IU of vit D-3; 3.2 mg of vit E; 1 g riboflavin; 0.4 g vit K-3; 4 g niacin; 2 g calcium pantothenate; 30 g choline chloride; 16 g Z; 16 g He; 1 g de Cu; 1 g Mn; 90 mg I; 33 mg Se; 3.3 g of B.H.T. (antioxidant).

(60 °C por 48 h), y así, calcular el consumo diario de materia seca (MS). Adicionalmente, las muestras secas de alimento ofrecido fueron llevadas al laboratorio de nutrición animal para determinarles materia orgánica, proteína cruda<sup>(17)</sup>, y fibra detergente neutra y ácida<sup>(18)</sup>. Al final del período experimental, todas las corderas se pesaron individualmente para estimar la ganancia diaria de peso (GDP, g/d) y la eficiencia alimenticia (GDP/consumo de MS, g/kg).

Finalizada la prueba de comportamiento productivo, las corderas fueron transportadas al laboratorio de carne del ICA-UABC, donde se sacrificaron por el método de degüello después de 24 h de ayuno. Todos los animales se evisceraron y desollaron para registrar el peso de canal caliente (PCC, kg). La grasa de canal ubicada en la cavidad pélvica y alrededor de corazón y riñones se colectó y pesó con el fin de determinar el peso de grasa pélvica-renal-corazón (KPH, kg). Posteriormente, las canales se colocaron en un cuarto frío por 24 h a 4 °C para registrar el peso de canal fría (PCF, kg) y poder medir el área del músculo *Longissimus dorsi* (MLD, cm<sup>2</sup>). Entre la 12<sup>a</sup> y 13<sup>a</sup> costilla, las canales se cortaron con una sierra eléctrica, y en la parte craneal de la canal, se marcó en hoja de plástico el perímetro del MLD para después determinar el área con una cuadrícula de puntos (64 mm). En ese mismo sitio se midió el espesor de grasa dorsal (mm) utilizando un calibrador Vernier, a una distancia de alrededor de 5 cm con respecto a la línea media dorsal. Finalmente, se calculó el rendimiento en canal (PCC expresado en porcentaje del peso final) y el porcentaje de grasa KPH (peso de grasa KPH expresado en porcentaje del PCC). Las mediciones y cálculos hechos para caracterizar la canal, se realizaron usando una guía metodológica para evaluación de canales de ovinos<sup>(19)</sup>.

La información colectada tanto de comportamiento productivo como de la canal se sometió a un análisis de varianza, usando un diseño de bloques completamente al azar

treatment: 1) control (SCZ), not treated with ZH; 2) treated (CCZ) with 10 mg of ZH/animal/d (Zilmax, Intervet, Mexico). The ewes were daily fed in the morning (0700 h) and afternoon (1500 h) to a 40:60 ratio of the total offered diet. The ZH in treated ewes was added to the food offered in the morning, and this activity was daily developed until the 48 h before slaughter. The amount of feed offered and refused was weighed daily. Samples of 150 g of feed offered and refused were placed in paper bags to be dried in the oven (60 °C for 48 h), to calculate the dry matter (DM) daily intake. In addition, dry samples of feed offered were taken to the animal nutrition laboratory for determining organic matter, crude protein<sup>(17)</sup>, and neutral and acid detergent fiber<sup>(18)</sup>. At the end of the experimental period, all ewes were individually weighed to estimate the daily weight gain (DWG, g/d) and feed efficiency (DWG/DM intake, g/kg).

At the end of the productive performance test, the ewes were transported to the meat laboratory of the ICA-UABC, and slaughtered by the beheading method after 24 h fasting. All animals were eviscerated and desollated to register the hot carcass weight (HCW, kg). Fat carcass located in the pelvic cavity and around heart and kidney was collected and weighed to determine the weight of kidney-pelvic-heart fat (KPH, kg). Later, the carcass were placed in a cold room for 24 h at 4 °C to register the cold carcass weight (CCW, kg) and measure the *Longissimus dorsi* muscle area (LDM, cm<sup>2</sup>). Between the 12<sup>th</sup> and 13<sup>th</sup> rib, carcass were cut with an electric saw and in the cranial part, the perimeter of the LDM was marked in plastic sheet to then determine the area with a dot square grid (64 mm). On that same site, the back-fat thickness (mm) was measured using a Vernier caliper to a distance of about 5 cm of the dorsal midline. Finally, the carcass yield (HCW expressed as a percentage of the final weight) and the percentage of KPH fat (weight of KPH fat expressed as a percentage of the HCW) were calculated. Measurements and calculations made to characterize the carcass,

con arreglo factorial 2 (tratamientos) x 2 (épocas), con el procedimiento PROC GLM del programa estadístico SAS<sup>(20)</sup>. Las medias fueron comparadas con la prueba de t-student a un nivel de probabilidad de 0.05.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante primavera, las condiciones climáticas fueron menos calientes ( $23.56 \pm 3.26$  vs  $34.23 \pm 1.82$  °C) y húmedas ( $28.81 \pm 5.25$  vs  $38.68 \pm 8.06$  %) con relación a las de verano (Figura 1), consideradas de estrés calórico severo (ITH=  $30.47 \pm 1.56$  unidades), mientras que en primavera las condiciones se consideraron termoneutrales (ITH=  $21.52 \pm 2.51$  unidades) para las corderas estudiadas<sup>(21)</sup>. Ambientes de altas temperaturas, como lo registrado en verano, limitan el crecimiento de los corderos debido a la reducción en el consumo de alimento<sup>(22,23)</sup>.

La interacción tratamiento x época afectó ( $P < 0.05$ ) el peso final, la GDP y la eficiencia alimenticia de las corderas. En primavera, el peso final ( $32.38 \pm 0.81$  vs  $34.52 \pm 0.81$  kg) y la GDP ( $243 \pm 14$  vs  $305 \pm 14$  g) fueron mayores ( $P < 0.05$ ) en corderas CCZ que en corderas SCZ, pero en verano fueron similares (peso final=  $31.73 \pm 0.81$  kg y GDP=  $198 \pm 14$  g). Uno de los principales efectos biológicos observado en los corderos alimentados con CZ es un incremento significativo en la tasa de crecimiento debido a la hipertrofia muscular que causa este AA-β en los animales que lo consumen<sup>(3)</sup>. No obstante, existen estudios donde no han encontrado mejoras en peso final y GDP por el uso de CZ<sup>(13,14)</sup>. Los resultados de este estudio muestran que la acción del CZ sobre el crecimiento de las corderas puede ser afectada por las condiciones climáticas, específicamente por altas temperaturas. Es posible que las condiciones de hipertermia en ovinos reduzcan el número de receptores de AA-β2 activos en músculo, y produzcan una redistribución sanguínea que no favorece la llegada de suficiente sangre a las regiones donde existen mayor cantidad de receptores de

were conducted using the methodological guide for evaluation of sheep carcass<sup>(19)</sup>.

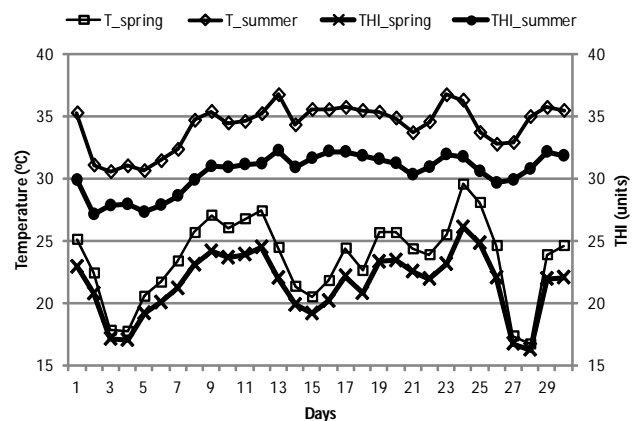
The collected information of both productive performance and carcass characteristics underwent to an analysis of variance under a randomized complete block design with a 2 (treatments) x 2 (season) factorial arrangement, using the PROC GLM procedure of the SAS statistical software<sup>(20)</sup>. Means were compared using t-student test to a 0.05 probability level.

## RESULTS AND DISCUSSION

During spring, weather conditions were less hot ( $23.56 \pm 3.26$  vs  $34.23 \pm 1.82$  °C) and humid ( $28.81 \pm 5.25$  vs  $38.68 \pm 8.06$  %) in relation to summer (Figure 1); consequently, environment conditions in summer were of severe heat stress (THI=  $30.47 \pm 1.56$  units), while in spring conditions were considered thermoneutral (THI=  $21.52 \pm 2.51$  units) for the ewe lambs<sup>(21)</sup>. Environments of high temperatures, as those observed in summer, limit the growth of lambs due to a reduction in feed intake<sup>(22,23)</sup>.

Figura 1. Promedios diarios de temperatura (T) e índice de temperatura-humedad (THI) registrados en primavera y verano

Figure 1. Daily averages for temperature (T) and temperature-humidity indexes (THI) recorded in spring and summer



agonistas  $\beta_2$ (2,14). Por lo tanto, estos resultados sugieren que el zilpaterol favorece positivamente el crecimiento de los corderos, solamente si las condiciones ambientales son termoneutrales, tales como las que se registran en primavera.

En general, el consumo diario de MS fue similar ( $P>0.05$ ) entre corderas alimentadas con o sin CZ (Cuadro 2). El efecto del CZ sobre el consumo de MS que se observó en este trabajo, está de acuerdo con lo citado por otros estudios hechos en ovinos(8,24) y bovinos(9,25). También se observó que en verano las corderas consumieron menos ( $P<0.01$ ) alimento que en primavera, lo cual se atribuyó a las altas temperaturas registradas en verano durante el desarrollo del experimento. La reducción en el consumo de alimento de corderos estresados por calor es un mecanismo de termorregulación para decrecer la producción de calor metabólico, y con ello evitar una carga de calor corporal excesiva(21).

La interacción tratamiento x época también afectó la eficiencia alimenticia, observándose en primavera mayor ( $P<0.05$ ) eficiencia en corderas CCZ (250  $\pm$  11 g/kg de MS) que en las SCZ (200  $\pm$  11 g/kg de MS), y en verano, no se detectaron diferencias ( $P>0.05$ ) entre tratamientos (CCZ= 176  $\pm$  11 g/kg de MS y SCZ= 183  $\pm$  11 g/kg de MS). Este resultado de eficiencia alimenticia en conjunto con los de

The interaction treatment x season affected ( $P<0.05$ ) final weight, DWG and feed efficiency of ewe lambs. In spring, final weight (32.38  $0.81 \pm$  vs 34.52  $0.81 \pm$  kg) and DWG (243  $\pm$  14 vs 305  $\pm$  14 g) were higher ( $P<0.05$ ) in CCZ ewes that in SCZ ewes, but in summer values between treated groups for these variables were similar (average final weight = 31.73  $0.81 \pm$  kg and DWG= 198  $\pm$  14 g). One of the main biological effects observed in lambs fed with ZH is a significant increase in the growth rate due to muscular hypertrophy caused by consumption of this AA- $\beta$ (3). However, there are studies without improvements in final weight and ADG by the use of ZH(13,14). Results of this study show that ZH action on the ewe lambs growth can be affected by weather conditions, specifically due to high temperatures. It is possible that the conditions of hyperthermia in sheep reduce the number of active AA- $\beta_2$  receptors in muscle and produce a blood redistribution which does not favor the arrival of sufficient blood to the regions where there are more  $\beta_2$ -agonist receptors(2,14). Therefore, these results suggest that zilpaterol positively favors the growth of lambs, only if the environmental conditions are thermoneutral, as occur in spring.

In general, the daily DM intake was similar ( $P>0.05$ ) between ewe lambs fed with or without ZH (Table 2). The effect of the ZH on

Cuadro 2. Efecto de época del año y del tratamiento con zilpaterol sobre el comportamiento productivo en corral de corderas de pelo

Table 2. Effect of year season and zilpaterol treatment on productive performance of hair ewe lambs in feedlot pens

	Treatments (T)			Period (P)			P value		
	SCZ	CCZ	SE	Spring	Summer	SE	T	P	T x P
Initial weight, kg	24.54	24.56	0.42	24.12	24.98	0.46	0.97	0.16	0.99
Final weight, kg	32.24	32.94	0.55	33.45	31.73	0.61	0.37	0.04	0.05
DWG, g	226	246	10.80	274	198	10.50	0.19	<0.01	<0.01
DMI, kg/d	1.17	1.15	0.04	1.21	1.11	0.05	0.80	0.11	0.62
FE, g/kg of DM	191	213	7.50	225	179	8.63	0.06	<0.01	0.01

SCZ= Without zilpaterol; CCZ= With zilpaterol; SE= standard error.

DWG= daily weight gain; DMI= dry matter intake; FE= feed efficiency.

crecimiento, indica la importancia de utilizar CZ, principalmente en condiciones ambientales de confort para el animal, ya que el alimento consumido es más eficientemente aprovechado para ganar peso. Otros estudios también han mostrado un aumento en la eficiencia alimenticia de ovinos<sup>(8,26,27)</sup> y bovinos<sup>(4,9,10,25)</sup> por el consumo de este AA-β en climas templados.

Con excepción del rendimiento en canal, las características de la canal no fueron afectadas ( $P>0.05$ ) por la interacción tratamiento x época (Cuadro 3). Las corderas CCZ presentaron mayor ( $P<0.01$ ) PCC, PCF y área del MLD que las corderas SCZ. Adicionalmente, en ambas épocas del año se observó que las corderas CCZ presentaron mayor ( $P<0.01$ ) rendimiento en canal que las SCZ ( $48.60 \pm 0.51$  vs  $44.91 \pm 0.51$  % en primavera y  $54.10 \pm 0.51$  vs  $46.12 \pm 0.51$  % en verano); sin embargo, el rendimiento en canal de las corderas CCZ evaluadas en verano fue mayor ( $P<0.01$ ) que el de corderas CCZ evaluadas en primavera. En concordancia con estos resultados, otros estudios<sup>(7,8,13,14)</sup> también encontraron un incremento en el PCC, PCF, área del MLD y rendimiento en canal por efecto de CZ en ovinos de pelo, lo cual han atribuido a que los AA-β estimulan la síntesis de proteína en músculo esquelético, y evitan la degradación de ella; mientras que en tejido graso, incrementan la lipólisis y reducen la lipogénesis. Aunque también existen estudios que no han encontrado diferencias entre corderos tratados con y sin CZ para esas características de canal<sup>(11,27,28)</sup>. Factores ambientales y genéticos han sido relacionados con estas variaciones entre estudios<sup>(3)</sup>.

En el presente estudio se observó que el rendimiento en canal por efecto de CZ varió con la época del año, siendo mayor en corderas CCZ durante verano que durante primavera o en corderas control en ambas épocas del año. Este resultado fue inesperado, aunque en un estudio previo<sup>(14)</sup> se demostró que las corderas tratadas con CZ en condiciones de estrés calórico presentaban un mayor desarrollo

the DM intake that was observed in this study, agrees with other studies done in sheep<sup>(8,24)</sup> and cattle<sup>(9,25)</sup>. It was also found that, in summer, ewe lambs consumed less ( $P<0.01$ ) food than in spring, attributed to the high temperatures recorded in summer during the experimental period. The reduction in feed intake from lambs stressed by heat is a thermoregulation mechanism to decrease the metabolic heat production, and thereby avoid a body excessive heat load<sup>(21)</sup>.

The treatment x season interaction also affected feed efficiency observed in spring showing greater ( $P<0.05$ ) efficiency in CCZ lambs ( $250 \pm 11$  g / kg DM) than in SCZ ( $200 \pm 11$  g/kg DM). In summer, there was no difference ( $P>0.05$ ) between treatments (CCZ=  $176 \pm 11$  g/kg DM vs SCZ=  $183 \pm 11$  g/kg DM). This result of feed efficiency in conjunction with those of growth indicates the importance of the ZH use, mainly under conditions of comfort for the animal, since the consumed food is efficiently exploited to gain weight. Other studies have also shown an increase in feed efficiency of sheep<sup>(8,26,27)</sup> and cattle<sup>(4,9,10,25)</sup> by consumption of this AA-β in temperate climates.

With the exception of the carcass yield, carcass characteristics were not affected ( $P>0.05$ ) by the interaction treatment x season (Table 3). CCZ ewes showed greater ( $P<0.01$ ) HCW, CCW and LDM area than SCZ ewes. In addition, in both seasons it was observed that CCZ ewes showed greater ( $P<0.01$ ) carcass yield than SCZ ewes ( $48.60 \pm 0.51$  vs  $44.91 \pm 0.51$  % in spring and  $54.10 \pm 0.51$  vs  $46.12 \pm 0.51$  % in summer); However, in CCZ ewes evaluated in summer, carcass yield was higher ( $P<0.01$ ) than CCZ ewes evaluated in spring. In accordance with these results, other studies<sup>(7,8,13,14)</sup> also found an increase in the HCW, CCW, LDM area and carcass yield by ZH addition in hair sheep, and mention that the AA-β stimulate the synthesis of protein in skeletal muscle and prevent its degradation; while in fatty tissue, increases lipolysis and reduces lipogenesis. There are also studies that have found no



Cuadro 3. Efecto de época del año y del tratamiento con zilpaterol sobre las características de canal de corderas de pelo

Table 3. Effect of year season and zilpaterol treatment on carcass characteristics of hair ewe lambs

	Treatments (T)			Period (P)			P value		
	SCZ	CCZ	SE	Spring	Summer	SE	T	P	T x P
HCW, kg	14.67	16.88	0.32	15.64	15.91	0.35	<0.01	0.55	0.95
CCW, kg	14.30	16.44	0.30	15.29	15.44	0.33	<0.01	0.74	0.98
CY, %	45.51	51.33	0.39	46.74	50.10	0.43	<0.01	<0.01	<0.01
LDM, cm <sup>2</sup>	12.92	16.55	0.44	12.51	16.97	0.50	<0.01	<0.01	0.94
FT, mm	2.62	2.35	0.35	2.41	2.50	0.40	0.35	0.28	0.47
KPH fat, %	7.88	7.11	0.54	6.91	8.08	0.60	0.31	0.14	0.16

SCZ= Without zilpaterol; CCZ= With zilpaterol; SE= standard error.

HCW= hot carcass weight; CCW= cold carcass weight; CY= carcass yield; LDM= *Longissimus dorsi* muscle; FT= fat thickness; KPH= Kilograms of heart, pelvis and kidney fat expressed as percentage of HCW.

muscular en cuartos traseros con relación a las no tratadas, atribuyendo dicho resultado a la redistribución sanguínea que presentan los corderos de forma natural en condiciones de hipertermia. Por lo tanto, posiblemente, el mejor rendimiento en canal observado en corderas CCZ durante verano fue causado por un mayor peso de los cuartos traseros y la más grande área del MLD que presentaron en general las corderas tratadas con CZ.

El espesor de la grasa dorsal y el porcentaje de grasa KPH no variaron ( $P>0.05$ ) entre tratamientos (Cuadro 3). En forma similar, otros estudios<sup>(8,14,26)</sup> tampoco han reportado efecto de CZ sobre la acumulación de grasa en corderos de pelo. El CZ funciona principalmente alterando la síntesis de proteína en músculo, y sus efectos en tejido graso son mínimos o nulos<sup>(29)</sup>, lo cual explica los resultados obtenidos en el depósito de grasa. Otra posible razón es el peso vivo al que se sacrificaron las hembras, el cual fue inferior al peso maduro indicado en la literatura para este cruzamiento<sup>(23)</sup>.

La época del año solamente afectó ( $P<0.01$ ) el área del MLD, siendo mayor en las corderas evaluadas en verano que en las evaluadas en

differences between lambs treated with and without ZH for these carcass traits<sup>(11,27,28)</sup>. Environmental and genetic factors have been linked with these variations among studies<sup>(3)</sup>. In this study, carcass yield by ZH effect varied with the year season, being higher in CCZ ewes during summer than in those CCZ ewes during spring or control ewes in both year seasons. This result was unexpected, although a prior study<sup>(14)</sup> showed that ewes treated with ZH in heat stress conditions presented greater muscle development in hindquarters in relation to those non-treated, attributing this result to the blood redistribution that presented the lambs naturally in conditions of hyperthermia. Therefore, possibly the best carcass yield observed in CCZ ewes during the summer was caused by a greater weight of the hindquarters and the largest LDM area that generally showed ewes treated with ZH.

Back fat thickness and KPH fat did not varied ( $P>0.05$ ) between treatments (Table 3). Similarly, other studies<sup>(8,14,26)</sup> no reported an ZH effect on fat accumulation in hair lambs. ZH works mainly by altering the synthesis of muscle protein, and its effects on fatty tissue are scarce<sup>(29)</sup>, which explains the results obtained in the fat deposit. Another possible reason is

primavera (Cuadro 3). El PCC, PCF y las variables relacionadas con la grasa corporal fueron similares ( $P>0.05$ ) entre épocas de estudio. Inesperadamente, las altas temperaturas registradas en verano no afectaron las características de la canal evaluadas, por el contrario favorecieron un mayor desarrollo del MLD. Posiblemente, la reducción en consumo de alimento observado en las corderas empleadas en verano, no fue tan drástica como para afectar negativamente el desarrollo muscular y, por lo tanto, las características de la canal como PCC, PCF o grasa dorsal<sup>(14,21)</sup>. No obstante, no se encontró explicación para la mayor área del MLD que presentaron las canales evaluadas en verano comparado con las de primavera, ya que en la finalización de ovinos y bovinos, las altas temperaturas ambientales afectan negativamente las características de la canal como consecuencia directa de la reducción del consumo de alimento, lo cual es un mecanismo de termorregulación que se activa para reducir la producción de calor metabólica y la carga de calor corporal<sup>(21)</sup>. Esta reducción en el consumo de alimento provoca que la disponibilidad de nutrientes para crecimiento y regulación de temperatura interna también se reduzcan, teniendo los animales que inhibir la síntesis de proteína en el tejido muscular e incrementando la lipólisis en el tejido graso<sup>(22)</sup>. Así, la energía requerida para hacer frente a las condiciones de estrés calórico es obtenida a partir de los tejidos corporales, afectándose las características de canal y la calidad de la carne<sup>(30)</sup>. En general, los animales mantenidos bajo estrés calórico reducen la actividad anabólica e incrementan el catabolismo en los tejidos<sup>(21)</sup>.

## CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

Bajo condiciones áridas del noroeste de México, el clorhidrato de zilpaterol mejora el crecimiento y la eficiencia alimenticia de corderas finalizadas en corral solamente si las temperaturas ambientales son termoneutrales. Asimismo, este AA- $\beta$  incrementa el rendimiento en canal, siendo

the live weight at slaughter, which was less than the mature weight indicated in the literature for this crossing<sup>(23)</sup>.

The year season only affected ( $P<0.01$ ) the LDM area, being higher in ewes evaluated in summer than in spring (Table 3). HCW, CCW and variables related to body fat were similar ( $P>0.05$ ) between study season. Unexpectedly high temperatures registered in the summer did not affect the carcass characteristics evaluated, but instead favored the higher development of the LDM. Possibly, the reduction in feed intake in the summer, was not so drastic as to adversely affect the muscular development and, therefore, the carcass characteristics as HCW, CCW or back fat thickness<sup>(14,21)</sup>. However, there is no explanation for the largest LDM area of the carcass evaluated in summer, since in the finishing feeding period of sheep and cattle, high environmental temperatures adversely affect the carcass characteristics as a direct consequence of the reduction of the feed intake, which is a mechanism of thermoregulation activated to reduce the metabolic heat production and body heat load<sup>(21)</sup>. This reduction in feed intake causes that the availability of nutrients for growth and internal temperature regulation are also reduced, so the animals inhibit the synthesis of protein in the muscle tissue and increase lipolysis in the fat tissue<sup>(22)</sup>. Thus, the energy required to heat stress conditions is obtained from the body's tissues, affecting the carcass traits and meat quality<sup>(30)</sup>. In general, animals kept under heat stress reduce anabolic activity and increases the metabolism in tissues<sup>(21)</sup>.

## CONCLUSIONS AND IMPLICATIONS

Under the arid conditions of the Northwest of Mexico, zilpaterol hydrochloride improves growth and feed efficiency of finishing feedlot ewes only if ambient temperatures are thermoneutral. Likewise, this AA- $\beta$  increases carcass yield, being more pronounced in summer. The effect of zilpaterol on feed intake, carcass weight and fat deposition did not change with the year

éste más marcado en verano. El efecto de zilpaterol sobre consumo de alimento, peso de canales y depósito de grasa no varió con la época del año, al menos comparando primavera contra verano. Al parecer, la acción biológica positiva que produce el CZ sobre el crecimiento y eficiencia alimenticia de corderas, es limitada por las altas temperaturas ambientales registradas en verano.

season, at least comparing summer against spring. Apparently, positive biological action that ZH may produce on the growth and feed efficiency of ewe lambs is limited due to high environmental temperatures registered in the summer.

*End of english version*

## LITERATURA CITADA

- SAGARPA 2007. Programa Nacional Pecuario 2007-2012. [en línea] <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Publicaciones/Lists/Programa%20Nacional%20Pecuario/Attachments/1/PNP260907.pdf>. Consultado 20 Feb, 2012.
- Mersmann HJ. Overview of the effects of beta-adrenergic receptor agonists on animal growth including mechanisms of action. *J Anim Sci* 1998;76:160-172.
- Beerdmann DH. Beta-adrenergic receptor agonist modulation of skeletal muscle growth. *J Anim Sci* 2002;80:E18-E23.
- Avendaño RL, Macías CU, Rojo R. Los agonistas adrenérgicos-beta en la engorda intensiva de bovinos productores de carne. 2do. Simposio Internacional sobre Producción Animal. UAEM, Toluca, Edo. de Méx. 2011:30-39.
- Courtheyn D, Le Bizet B, Brambilla G, De Brabander HF, Cobbaert E, Van de Wiele M, Vercammen J, De Wasch K. Recent development in the use and abuse of growth promoters. *Ana Chim Acta* 2002;473:71-82.
- Shelver WL, Smith DJ. Tissue residues and urinary excretion of zilpaterol in sheep treated for 10 days with dietary zilpaterol. *J Agric Food Chem* 2006;54:4155-4161.
- Mondragón J, Domínguez-Vara IA, Pino-Rodríguez JM, González M, Bórquez JL, Domínguez A, Mejía ML. 2010. Effects of feed supplementation of zilpaterol hydrochloride on growth performance and carcass traits of finishing lambs. *Acta Agric Scand A-AN* 2010;60:47-52.
- Avendaño RL, Macías CU, Álvarez VFD, Águila TE, Torrentera ONG, Soto NSA. Effects of zilpaterol hydrochloride on growth performance, carcass characteristics, and whole cut yield of hair-breed ewe lambs consuming feedlot diets under moderate environmental conditions. *J Anim Sci* 2011;89:4188-4194.
- Avendaño RL, Torres RV, Meraz MFJ, Pérez LC, Figueroa SF, Robinson PH. Effects of two  $\beta$ -adrenergic agonists on finishing performance, carcass characteristics, and meat quality of feedlot steers. *J Anim Sci* 2006;84:3259-3265.
- Montgomery JL, Krehbiel CR, Cranston JJ, Yates DA, Hutcheson JP, Nichols WT, Streeter MN, *et al.* Dietary zilpaterol hydrochloride. I. Feedlot performance and carcass traits of steers and heifers. *J Anim Sci* 2009;87:1374-1383.
- Aguilera SJI, Ramírez RG, Arechiga CF, Méndez LF, López CMA, Silva RJM, Rincón DRM, *et al.* Zilpaterol hydrochloride on performance and sperm quality of lambs fed wet brewers grain. *J Appl Anim Res* 2008;34:17-21.
- Robles EJC, Barreras SA, Contreras G, Estrada AA, Obregón JF, Plascencia A, Rios FG. Effect of two  $\alpha$ -adrenergic agonists on finishing performance and carcass characteristics in lambs fed all-concentrate diets. *J Appl Anim Res* 2009;36:33-36.
- López CMA, Ramírez RG, Aguilera SJI, Arechiga CF, Méndez LF, Rodríguez H, Silva JM. Effect of ractopamine hydrochloride and zilpaterol hydrochloride on growth, diet digestibility, intake and carcass characteristics of feedlot lambs. *Livest Sci* 2010; 131:23-30.
- Macías CU, Álvarez VFD, Torrentera ONG, Velázquez MJV, Correa CA, Avendaño RL. Effect of zilpaterol hydrochloride on feedlot performance and carcass characteristics of ewe lambs during heat-stress conditions. *Anim Prod Sci* 2010;50:983-989.
- García E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 3a ed. México, DF: Universidad Nacional Autónoma de México; 1985.
- Marai IFM, Ayyat MS, Abd El-Monem UM. Growth performance and reproductive traits at first parity of New Zealand White female rabbits as affected by heat stress and its alleviation, under Egyptian conditions. *Trop Anim Health Prod* 2001; 33:457-462.
- AOAC, Official Methods of Analysis, fifth edition, AOAC (Association Official Analytical Chemists) INC., Arlington, Virginia, U.S.A. 1990.
- Van Soest, PJ, Robertson JB, Lewis BA. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci* 1991;74:3583-3597.
- Smith GC, Griffin DB, Kenneth JH. Meat evaluation handbook revision committee. (American Meat Science Association: Champaign, IL). 2001.
- SAS. SAS/STAT, Guide for personal computer (release 9.2). Cary, NC, USA: SAS Inst. Inc. 2004.
- Marai IFM, El-Darawany AA, Fadiel A, Abdel-Hafez MAM. Physiological traits as affected by heat stress in sheep - A review. *Small Ruminant Res* 2007;71:1-12.
- Nardone A, Ronchi B, Lacetera N, Bernabucci U. Climatic effects on productive traits in livestock. *Vet Res Comm* 2006;30:75-81.
- Macías CU, Álvarez VFD, Rodríguez GJ, Correa CA, Torrentera ONG, Molina RL, Avendaño RL. Crecimiento y características de canal en corderos Pelibuey puros y cruzados F1 con razas Dorper y Katahdin en confinamiento. *Arch Med Vet* 2010; 42:147-154.
- Lopez CMA, Ramirez RG, Aguilera SJI, Plascencia A, Rodriguez H, Arechiga CF, Rincon RM, *et al.* Effect of two beta adrenergic

- agonists and feeding duration on feedlot performance and carcass characteristics of finishing lambs. *Livest Sci* 2011;138:251-258.
25. Beckett JL, Delmore RJ, Duff GC, Yates DA, Allen DM, Lawrence TE, Elam N. Effects of zilpaterol hydrochloride on growth rates, feed conversion, and carcass traits in calf-fed Holstein steers. *J Anim Sci* 2009;87:4092-4100.
  26. Rios RFG, Barreras SA, Estrada AA, Obregón JF, Plasencia JA, Portillo LJJ, Zinn RA. Effect of level of dietary zilpaterol hydrochloride ( $\beta$ 2-agonist) on performance, carcass characteristics and visceral organ mass in hair lambs fed all-concentrate diets. *J Appl Anim Res* 2010;38:33-38.
  27. Lopez CMA, Ramirez RG, Aguilera SJI, Rodríguez H, Arechiga CF, Mendez LF, et al. Effect of the administration program of two beta-adrenergic agonists on growth performance, carcass, and meat characteristics of feedlot ram lambs. *J Anim Sci* [in press] 2012.
  28. Estrada AA, Barrera SA, Contreras G, Obregon JF, Robles EJC, Plascencia A, Zinn A. Influence of level of zilpaterol chlorhydrate supplementation on growth performance and carcass characteristics of feedlot lambs. *Small Ruminant Res* 2008;80:107-110.
  29. Leheska JM, Montgomery JL, Krehbiel CR, Yates DA, Hutcheson JP, Nichols WT, Streeter M, Blanton JR, Miller MF. Dietary zilpaterol hydrochloride. II. Carcass composition and meat palatability of beef cattle. *J Anim Sci* 2009;87:1384-1393.
  30. Horton GMJ, Burgher CC. Physiological and carcass characteristics of hair and wool breeds of sheep. *Small Ruminant Res* 1992;7:51-60.