



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRICOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

GANADERÍA

EFFECTO DEL CLORHIDRATO DE RACTOPAMINA EN EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y CARACTERÍSTICAS DE CARNE DE OVINOS EN FINALIZACIÓN

ÁNGEL MARTÍN ROMERO MAYA

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

DOCTOR EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2011.

La presente tesis, titulada: **Efecto del clorhidrato de ractopamina en el comportamiento productivo y características de carne de ovinos en finalización**, realizada por el alumno: **Ángel Martín Romero Maya**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS
GANADERÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



Dr. JOSÉ GUADALUPE HERRERA HARO

ASESOR:



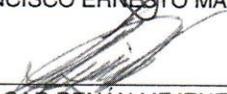
Dr. JOSÉ RICARDO BARCENA GAMA

ASESOR:



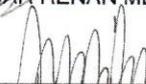
Dr. FRANCISCO ERNESTO MARTÍNEZ CASTAÑEDA

ASESOR:



Dr. AMÍLCAR RENÁN MEJENES QUIJANO

ASESOR:



Dr. SERGIO SEGUNDO GONZÁLEZ MUÑOZ

ASESOR



Dr. JUAN CARLOS GARCÍA LOPEZ

Montecillo, Texcoco, México, octubre de 2011

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo económico que hizo posible mis estudios de Doctorado.

Al Colegio de Postgraduados por haberme brindado la oportunidad de obtener una formación académica de excelencia en su postgrado.

A la línea prioritaria de investigación No. 7, Inocuidad, calidad de alimentos y bioseguridad, por otorgar el financiamiento para realizar esta investigación.

A la empresa MNA de México S. A. de C, V. por su apoyo en proporcionar la premezcla mineral para la investigación.

Al Dr. José G. Herrera Haro por su apoyo, sencillez y calidad humana con la que dirigió mi formación académica.

Al Dr. Sergio S. González Muñoz, al Dr. Ricardo Bárcena Gama y al Dr. Juan Carlos García López por su apoyo, paciencia y sus colaboraciones acertadas y objetivas que contribuyeron a mejorar esta investigación.

Al Dr. Amílcar R. Mejenes Quijano y Dr. Francisco E. Martínez Castañeda por la revisión del presente estudio.

A todos mis compañeros y amigos del Colegio de Postgraduados por su amistad.

A los técnicos del Laboratorio de Biotecnología de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa.

DEDICATORIA

A **Lupita**, esposa, compañera y amiga, que siempre ha creído en mí, otorgándome su ayuda y su apoyo en todos los momentos de nuestras vidas, sin pedir nada a cambio.

A mis hijos, **Martin y Diego**, que dan sentido a mi vida y que siempre están y estarán en mi corazón con su amor.

A mis padres **Angel y la abuela Pana**, por todo su amor, apoyo en los tiempos más difíciles y por sus palabras de aliento para seguir adelante en todo momento.

A mis queridos hermanos **Florecita, Cucús y el Zopu**, y sus familias, por su inmenso cariño y darme ánimos para alcanzar esta meta tan importante en mi carrera profesional.

Educar no es dar carrera para vivir, sino templar el alma para las dificultades de la vida.
Pitágoras

El que lee mucho y anda mucho, ve mucho y sabe mucho.
Miguel de Cervantes Saavedra

EFFECTO DEL CLORHIDRATO DE RACTOPAMINA EN EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y CARACTERÍSTICAS DE CARNE DE OVINOS EN FINALIZACIÓN

Ángel Martín Romero Maya, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2011

RESUMEN GENERAL

Se realizó un estudio con el objetivo de evaluar el comportamiento productivo y características de la canal de ovinos Suffolk x Hampshire y Pelibuey al adicionar clorhidrato de ractopamina (RAC) en la dieta de corderos en la etapa de finalización. Se realizaron dos experimentos, en el primero se utilizaron 20 corderos machos Suffolk x Hampshire (S x H) con un peso inicial promedio de 37.01 ± 1.04 kg, y en el segundo 28 corderos machos Pelibuey (PB) con un peso inicial promedio 28.37 ± 0.66 kg. La prueba de engorda en corral fue de 45 días con un periodo de finalización de 30 días. Los corderos se alojaron en corraletas con comedero y bebedero individual, el alimento se ofreció a las 08:00 y 16:00 horas y el agua a libre acceso. El RAC se administró en la etapa de finalización. Para el experimento de comportamiento productivo el análisis estadístico se efectuó con el procedimiento GLM (SAS), usando un diseño completamente al azar con covariable. Los tratamientos fueron: T1) dieta base con 13.2 % de PC y 3.4 Mcal ED kg^{-1} MS; conteniendo 58.3 % maíz quebrado, 21 % sorgo entero, 11.7 % pasta de soya, 1% rastrojo de maíz molido, 5 % de melaza, 3 % de premezcla mineral; T2) dieta base más 10 mg kg^{-1} RAC (RAC100) ; T3) dieta base más 20 mg kg^{-1} RAC (RAC200); T4) dieta base más 30 mg kg^{-1} RAC (RAC300) y como covariable el peso inicial de los corderos. No hubo diferencias entre tratamientos de RAC en consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia ($P>0.05$), en ambos experimentos, aunque se observó un incremento lineal en la ganancia de peso de corderos S x H al aumentar la dosis de RAC ($P<0.02$). El peso final de los corderos S x H fue 47.6 ± 1.10 kg y hubo diferencias ($P<0.05$) entre tratamientos con la dosis RAC300. En los corderos PB el peso final fue 35.26 ± 0.16 kg sin presentar diferencias ($P>0.05$) entre dosis de RAC, ni efectos polinomiales. Para el segundo experimento de características de carne se utilizó el procedimiento GLM (SAS), con un diseño completamente al azar. Los resultados mostraron diferencias entre tratamientos en el peso final y rendimiento en la canal en corderos S x H, siendo mejor el tratamiento RAC 300 comparado con el testigo: 27.2 vs 20 y 53.5 vs 45.2 ($P<0.05$). En corderos PB los pesos finales y rendimiento en canal fueron 18.9 vs 16.14 y 55.4 vs 44.15 para RAC300 y testigo y con diferencias ($P<0.05$). Para grasa dorsal, perímetro y ancho de la grupa, los tratamientos con RAC no presentaron diferencias ($P>0.05$). Para actividad y capacidad de retención de agua, textura, pH y color tampoco hubo diferencias ($P<0.05$). Se concluye que la adición de RAC en la dieta de corderos en finalización S x H y PB no mejoró las variables productivas, pero mostró una tendencia lineal a incrementar la GDP con el incremento de la dosis de RAC. Además no modificó las propiedades físicas de la carne, pero si su peso y rendimiento en canal.

Palabras Clave. ovinos, ractopamine, Pelibuey, Suffolk x Hampshire

EFFECT OF RACTOPAMINE HYDROCHLORIDE ON SHEEP PERFORMANCE AND MEAT TRAITS ON FINAL FATTENING STAGE

Angel Martin Romero Maya, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2011

ABSTRACT

The aim of the present study was to evaluate Suffolk x Hampshire and Pelibuey sheep performance and carcass traits with the addition of ractopamine hydrochloride (RAC) in the diet of finishing lambs. Two experiments were carried out; in the first one 20 male Suffolk x Hampshire (S x H) lambs with 37.01 ± 1.04 kg initial body weight, and in the second experiment male Pelibuey (PB) lambs 28.37 ± 0.66 kg body weight. The performance trial lasted 45 d with a final fattening period of 30 d. Lambs were housed in individual cages, feed was offered at 08:00 and 16:00 h and water was offered *ad libitum*. The RAC was added in the finishing stage. For the performance trial a complete randomized design with covariable was used data was analyzed by GLM procedure (SAS). Treatments were: T1) control diet with 13.2 % CP and 3.4 Mcal DE kg^{-1} DM; 58.3 % broken maize, 21 % whole sorghum, 11.7 % soybean meal, 1% mill maize straw, 5 % molasses, 3 % mineral premix; T2) control diet plus 10 mg kg^{-1} RAC (RAC100); T3) control diet plus 20 mg kg^{-1} RAC (RAC200); T4) control diet plus 30 mg kg^{-1} RAC (RAC300); lambs initial weight was used as a covariate. There were no differences ($P>0.05$) between RAC treatments on feed intake, weight gain and feed conversion, for both experiments; although there was a lineal increase ($P<0.02$) in weight gain in S x H lambs as the RAC dose was increased. Final body weight in S x H lambs was 47.6 ± 1.10 kg and different ($P<0.05$) between treatments, favoring the RAC300 dose. In PB lambs the final weight 35.26 ± 0.16 kg was similar ($P>0.05$) between RAC doses and there was no polynomial effect was shown. For the meat traits trial a complete randomized design was used and data was analyzed with GLM procedure (SAS). Results showed differences ($P<0.05$) between treatments on final weight and carcass yield, in S x H lambs, and treatment RAC 300 was better than control: 27.2 vs 20 and 53.5 vs 45.2 ($P<0.05$). In PB lambs there were differences ($P<0.05$) for RAC300 and control in final weight and carcass yield: 18.9 vs 16.14 and 55.4 vs 44.15. However, there were no differences ($P>0.05$) between RAC treatments in dorsal fat, water retention capacity, texture, pH and color. It is concluded that RAC addition in the diet of S x H and PB lambs did not improve the performance traits; however, there was a lineal trend to increase daily weight gain as the RAC dose increases.

Key words. Lambs, ractopamine, Pelibuey, Suffolk x Hampshire.

CONTENIDO

	Página
INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
Hipótesis.....	3
Objetivos.....	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1 Situación de la industria ovina de carne en México.....	5
2.2 Principales razas de ovinos para carne en México.....	7
2.3 Características del sistema de producción intensivo ovino.....	9
2.4 Requerimientos nutricionales	10
2.4 Aditivos en la dieta	12
2.4.1 β -agonistas adrenérgicos	13
2.4.1.1 Clenbuterol	14
2.4.1.2 Clorhidrato de zilpaterol (CZ).....	16
2.4.1.3 Clorhidrato de ractopamina (RAC).....	17
2.4.2 Clasificación de β -agonistas adrenérgicos	18
2.4.3 Metabolismo de β -agonistas adrenérgicos	19
2.4.4 Investigaciones realizadas en β -agonistas adrenérgicos	22
2.4.5 Efectos de β -agonistas adrenérgicos en características de la canal	23
3. LITERATURA CITADA	28

CAPÍTULO I. COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE OVINOS SUFFOLK x HAMPSHIRE Y PELIBUEY EN FINALIZACIÓN, UTILIZANDO RACTOPAMINA EN LA DIETA.....	41
1.1 RESUMEN.....	41
1.2 ABSTRACT	43
1.3 INTRODUCCIÓN.....	45
1.4 REVISION DE LITERATURA.....	46
1.4.1. Sistemas de producción.....	46
1.4.2. Pruebas de comportamiento.....	48
1.5 MATERIALES Y MÉTODOS	49
1.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	53
1.7 CONCLUSIONES.....	58
1.8 LITERATURA CITADA	59
CAPÍTULO II. CARACTERÍSTICAS DE LA CARNE DE OVINOS SUFFOLK x HAMPSHIRE Y PELIBUEY EN FINALIZACION, UTILIZANDO RACTOPAMINA EN LA DIETA.....	75
2.1 RESUMEN.....	75
2.2 ABSTRACT	77
2.3 INTRODUCCIÓN.....	79
2.3 REVISIÓN DE LITERATURA	80
2.3.1 Características de la carne	81
2.3.2 Comercialización	90
2.4 MATERIAL Y MÉTODOS	90

2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN97

2.6 CONCLUSIÓN.....102

2.7 LITERATURA CITADA.....103

LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Población nacional de ovinos según entidad federativa y año.....	6
Cuadro 2. Situación económica del sector ovino según característica y año	7
Cuadro 3. Requerimientos minerales de ganado ovino.....	11
Cuadro 4. Composición nutricional de dietas experimentales	50
Cuadro 5. Comportamiento productivo en ovinos Suffolk x Hampshire en finalización con adición de clorhidrato de ractopamina en la dieta.....	53
Cuadro 6. Comportamiento productivo en ovinos Pelibuey en finalización con adición de clorhidrato de ractopamina en la dieta	54
Cuadro 7. Características del músculo <i>Longissimus dorsi</i>	83
Cuadro 8. Características de carne en ovinos Suffolk x Hampshire y Pelibuey en finalización con adición de clorhidrato de ractopamina en la dieta.....	98

LISTA DE FIGURAS

Página

Figura 1. a) Rebaño Suffolk x Hampshire en Parres, Tlalpan, D.F., b) y c) corderos Suffolk x Hampshire y Pelibuey usados en la investigación, d) rebaño Pelibuey	9
Figura 2. Principales receptores β -adrenérgicos (β 1, β 2) con su respectivo sistema transductor (proteína G); su efector primario (enzima adenilciclase, AC); segundo mensajero (adenosin monofosfato cíclico, AMPc); y su efector secundario (proteínquinasa, PQA).....	19
Figura 3. Ganancia de diaria de peso en ovinos Suffolk x Hampshire y Pelibuey con adición de clorhidrato de ractopamina en la dieta	55
Figura 4. Conversión alimenticia en ovinos Suffolk x Hampshire y Pelibuey con adición de clorhidrato de ractopamina en la dieta.....	58
Figura 5, Clasificación de canales de ovinos, según NMX-FF-106-SCFI-20066	82
Figura 6. Procedimiento para determinar grasa dorsal.....	93
Figura 7. Proceso de sacrificio; a) decapitado, b) izamiento, c – d) eviscerado, e) canal caliente, f) canal en refrigeración.....	94
Figura 8. a) Despiece de canales, b) pesaje de piezas, c) lomos, d) musculo <i>Longissimus dorsi</i>	94
Figura 9. a) Muestras de carne empacadas al alto vacío, b) lector de Aw, c) carne preparada para medir pH, d) colorímetro, e) textutometro, f) lector de CRA	95
Figura 10. Peso de canal caliente en ovinos Suffolk x Hampshire y Pelibuey con adición de clorhidrato de ractopamina en la dieta	101
Figura 11. Rendimiento de canal caliente en ovinos Suffolk x Hampshire y Pelibuey con adición de clorhidrato de ractopamina en la dieta.....	102

INTRODUCCIÓN GENERAL

La ganadería ovina en México tiene gran relevancia dentro del sector primario, por ser fuente de empleo para productores de bajos recursos económicos, proporcionar alimento de buena calidad proteínica para la población, así como materias primas para vestido y artesanías. Según Gómez (2008), hay una demanda creciente de carne ovina en los mercados, del Distrito Federal, Estado de México, Hidalgo, Tlaxcala, Puebla, Querétaro y Morelos la cual no se cubre con la producción nacional; por tanto se recurre a importaciones de ganado en pie y de carne congelada de los Estados Unidos, Nueva Zelanda y Australia (Arteaga, 2003).

En la búsqueda de una autosuficiencia nacional ovina, se ha recurrido a sistemas de producción intensivos (Cano *et al.*, 2001) con engorda en confinamiento para mejorar la calidad de la carne y la eficiencia alimenticia. Para ello, se han incorporado herramientas tecnológicas que mejoran la velocidad de crecimiento y la calidad de la carne del cordero, reduciendo su tiempo de finalización (Beerman *et al.*, 1995, Kawas 2005). El uso de aditivos alimenticios y promotores de crecimiento en ovinos es una herramienta de manejo financiero más eficiente y, por tanto, de mayor difusión. Algunos de estos aditivos mejoran la digestión, el metabolismo, la salud del animal (García *et al.*, 2003) y las características de la carne. Sin embargo, la utilización de aditivos en las dietas, incrementa los costos de producción, obligando a una más eficiente comercialización del producto final.

La industria ovina busca constantemente alternativas para obtener animales más eficientes en la producción de carne (Beermann, 2009; Etherton, 2009), incorporando compuestos que modifiquen la tasa de crecimiento y calidad de la canal (Johnson y

Chung, 2007; Sillence, 2004), como modificadores metabólicos que mejoran crecimiento, la conversión alimenticia, el rendimiento en canal y disminuyen la grasa de la canal (Dikeman, 2007). Tal es el caso de los β -agonistas adrenérgicos (β -AA) que inducen la síntesis de proteínas, creando una hipertrofia en el músculo y generando una lipólisis en el tejido adiposo (Mersmann, 1998; Van Hoof *et al*, 2005). Además la adición de β -AA a la dieta, mejora el rendimiento en canal de novillos en engorda sin afectar la calidad de la carne (Avendaño-Reyes *et al.*, 2006).

Hay varios β -AA que se usan en las dietas de bovinos, tal como cimaterol (Nash *et al.*, 1994), L644-969 (Pringle *et al.*, 1993), clenbuterol (Cardoso y Taveira, 2002), terbutalina y el metaproterenol (Nourozi *et al.*, 2008). Los β -AA clorhidrato de ractopamina y zilpaterol están aprobados para la alimentación animal en México, EE. UU. y Sudáfrica, debido a que su eliminación es rápida y segura cuando se usa adecuadamente, aunque hay pocos estudios para evaluar los efectos de algunos β -AA, como la ractopamina, en corderos (Salinas-Chavira *et al.*, 2004, 2006).

Por lo anterior, se realizó el presente estudio con el objetivo de evaluar los efectos del clorhidrato de ractopamina (RAC) en el comportamiento productivo y características de la carne de ovinos Suffolk x Hampshire y Pelibuey.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En las explotaciones ganaderas de México, principalmente en las de ganado de engorda en corral, el uso indiscriminado de aditivos no autorizados por autoridades mexicanas en dietas es común, tal es el caso del clenbuterol, debido a que ayuda a

mejorar el rendimiento en canal, incrementando la utilidad al productor. Sin embargo, los residuos de este β -agonista (β -AA) pueden afectar las funciones de pulmones y corazón en humanos que ingieren carne o hígado de animales que han consumido este compuesto. Esto se debe a que la ingesta de carne contaminada puede fácilmente exceder las dosis médicas habituales para seres humanos, que son de 40 a 60 microgramos al día (Baker *et al.*, 1984; Ricks *et al.*, 1984).

El clorhidrato de ractopamina es un β -AA usado como aditivo en el alimento, es un producto aprobado por la FDA (Foods and Drugs Administration) de los EEUU y por la SAGARPA en México, se proporciona en la etapa de finalización durante la engorda para incrementar la ganancia diaria de peso, el rendimiento de carne en canal, se puede utilizar en hembras y machos y no hay evidencias de efectos negativos en la salud pública.

HIPÓTESIS

La adición de clorhidrato de ractopamina en dietas para ovinos en engorda intensiva en corral mejora la ganancia diaria de peso, la conversión alimenticia, el rendimiento en canal y las características de la carne.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de 0, 10, 20 y 30 mg kg⁻¹ de clorhidrato de ractopamina (RAC) adicionados a la dieta, en ovinos Suffolk x Hampshire y Pelibuey en engorda en corral.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Evaluar cuatro dosis de RAC (0, 10, 20 y 30 mg kg⁻¹) en la ganancia diaria de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia.
2. Evaluar cuatro dosis de RAC (0, 10, 20 y 30 mg kg⁻¹) en las características de la carne; peso canal caliente, peso canal fría, grado de rendimiento, espesor de grasa, área del ojo de costilla, capacidad de retención de agua, actividad de agua, color, pH y textura.

REVISION DE LITERATURA

Situación de la industria ovina de carne en México

La explotación ovina tiene una función fundamental en el desarrollo de la humanidad, al proporcionar al hombre productos indispensables para su alimentación y vestido. Esta especie fue introducida en América después de la conquista y colonización a principios del siglo XVI (Medrano, 2000), y los cruzamientos entre razas originaron un mosaico genético denominado “criollo” (Perezgrovas, 1998). Durante el siglo XX, las importaciones de diferentes razas ovinas ampliaron el acervo genético local, generando nuevos genotipos que fueron adaptados a diversos nichos ecológicos del país (Medrano, 2000), cuyas características sobresalientes de producción y gran demanda propiciaron su aceptación por los productores nacionales (López, 2007). Actualmente, la explotación ovina es fuente de empleo para miles de productores rurales, empleados de rastros y frigoríficos, comerciantes de barbacoa y artesanos vinculados a la industria de la lana (De Lucas *et al.*, 2010). En México existen explotaciones ovinas en pequeña escala, constituidas en su mayoría por productores de traspatio y de tipo empresarial dedicadas a la producción de animales para el abasto y pie de cría (Medrano, 2000).

La producción de ovinos nacional tiene un inventario de 8, 818,411 ovinos (SIAP, 2011), el producto interno bruto representa de 1 a 2 %, y los estados de Hidalgo, Oaxaca y Estado de México poseen el mayor número de ovinos (Cuadros 1).

Cuadro 1. Población nacional de ovinos según entidad federativa y año.

Estado	Año		
	2005	2007	2009
Hidalgo	882,605	1,387,319	1,487,367
México	1,251,416	953,452	1,121,368
Oaxaca	530,084	559,987	570,423
Veracruz	488,953	464,359	465,855
San Luis Potosí	470,932	453,676	451,384
Puebla	428,662	437,561	441,188
Zacatecas	385,768	303,747	341,252
Jalisco	276,734	272,644	348,330
Guanajuato	302,140	290,060	302,500
Chiapas	275,057	266,702	268,623
Michoacán	240,268	238,159	248,598
Chihuahua	120,588	182,940	208,541

Fuente: SIAP, 2011.

Esta población ha fluctuado entre 6 y 8 millones de ovinos de 2000 a 2010, la producción de carne muestra un incremento promedio anual de 1%, es más elevado a partir de 1999 con una producción calculada de 30 mil t de carne, la cual se incrementó rápidamente, de manera que al finalizar 2009 se produjeron 53 mil 740 t (Cuadro 2).

Cuadro 2. Situación económica del sector ovino según característica y año.

Característica	
Inventario nacional ovino (Unidad animal)	8,018,411
Producción de carne (t)	53,740
Importación de carne (t)	39,736
Consumo nacional aparente (CNA)* t	93,476
Participación de la producción nacional (%)	57.49
Participación de las importaciones (%)	42.51
CNA = Importación + producción nacional – exportaciones	

Fuente: SAGARPA, 2011.

Principales razas de ovinos para carne en México

En México, cinco razas sobresalen por su utilización comercial y han participado en pruebas de comportamiento productivo, Dorset, Hampshire, Pelibuey, Suffolk y Rambouillet, además de una importante población de ovinos criollos adaptados a los diferentes nichos ecológicos agropecuarios del país (Perezgrovas, 1998).

Hampshire. Es de doble propósito y fue desarrollada en el condado de Hampshire, Inglaterra de donde obtuvo su nombre (Figura 1). Esta raza es de tamaño mediano, cara negra, lana blanca, miembros fuertes cubiertos de lana en el tercio inferior sobre pelo oscuro. La lana es más densa en los miembros posteriores, no posee cuernos y la cabeza se encuentra cubierta de lana, excepto en la nariz y cualquier cobertura de lana que interfiera con la visión es considerada como un defecto

serio. Los machos adultos alcanzan 130 kg de peso, mientras que las hembras es 95 kg (AMCO, 2007).

Suffolk. Es de doble propósito y se originó en Inglaterra, resultado de la cruce de carneros Southdown con borregas Norfolk horned (Figura 1); el resultado de esta cruce superó las características de las razas progenitoras. Los ovinos Suffolk son de talla grande, conformación musculosa, cuerpo largo y alto con vellón de lana blanca y pelo negro en cabeza y patas, no tienen cuerno, sus patas son largas, rectas y negras, y están cubiertas de lana hasta la rodilla y corvejones, hacia abajo están limpias. Los machos adultos pueden alcanzar un peso de 160 kg, y las hembras hasta 115 kg (AMCO, 2007). Su crecimiento es rápido por lo cual es una raza apropiada para la producción de cruces terminales, presentando un rápido desarrollo, con una canal de alta calidad. Esta raza puede desarrollarse en una gran variedad de condiciones ambientales, aunque se adapta mejor a climas húmedos que secos, con mayores requerimientos alimenticios como raza de carne. Se utiliza comúnmente en la obtención de híbridos, debido a su excelente prolificidad, calidad de canal y facilidad de parto, ya que el tamaño de su cabeza es más reducida que el Hampshire (García, 1986).

Pelibuey. Animales de pelo y talla pequeña, cuyos colores aceptados por AMCO son canelo, pinto y blanco (AMCO 2007). Los pesos al destete varían de 15 a 20 kg a una edad de 60 a 70 d, y a la edad adulta el peso es 40 a 50 kg para hembras y 50 a 70 kg para machos. Las hembras son prolíficas y resistentes a parásitos, reportándose prolificidades de 1.73 a 2.0 crías por parto; sin embargo, se ha reportado hasta 2.6 crías nacidas por año (Rodríguez, 2005). La producción de carne es baja debido a su talla pequeña (Rojas, 2002).



Figura 1. a) Rebaño Suffolk x Hampshire en Parres, Tlalpan, D.F.; b) y c) corderos Suffolk x Hampshire y Pelibuey usados en la investigación; d) rebaño Pelibuey

Características del sistema de producción intensivo ovino

El sistema de producción es un conjunto de técnicas relacionadas con el manejo, alimentación, selección y reproducción del rebaño, el cual se modifica por las condiciones ecológicas de la región o área geográfica y las características socioeconómicas de los productores. Este sistema reviste mayor importancia en áreas cercanas a centros urbanos de población, donde existe gran demanda de carne, que sería imposible satisfacer con un sistema extensivo, porque los ovinos son finalizados en confinamiento, alcanzando un tamaño y grado de finalización que demandan los mercados. Esta engorda de corderos en confinamiento, requiere dietas con un alto nivel de granos (Kawas y Huston, 1990).

La engorda intensiva en confinamiento permite lograr mejores conversiones alimenticias, obtener mayores ganancias de peso, reducir el período de engorda y mejorar la calidad de la carne. En este sistema los corderos deben finalizar el proceso

de engorda en los últimos 60 a 90 días antes del sacrificio, pudiendo reducir el tiempo de estancia en los corrales cuando se quieren producir canales más magras.

El sistema de producción de corderos para el mercado se basa generalmente en tres etapas: iniciación, transición (desarrollo) y engorda (finalización), con diferentes requerimientos nutricionales. Los granos pueden ofrecerse enteros o molidos; sin embargo, se recomienda que al menos el 50 % del grano esté entero para estimular la masticación (Kawas, 2005).

Requerimientos nutricionales

Los requerimientos nutricionales para ovinos pueden agruparse en fuentes de agua, energía, proteína y minerales. De acuerdo con el NRC (1985) los requerimientos de energía para ovinos con un moderado crecimiento oscila entre 2.9 a 4.2 Mcal de EM kg^{-1} MS, dependiendo de la edad, peso, sexo y estado fisiológico del animal. Por ejemplo, un cordero de 20 kg de peso requiere 2.9 Mcal d^{-1} de energía neta de mantenimiento, mientras que para un cordero de 30 kg el requerimiento aumenta a 3.6 Mcal d^{-1} de energía neta de mantenimiento. De manera similar es el requerimiento de energía para ganancia diaria de peso (NRC, 1985).

El requerimiento de proteína es similar a los requerimientos de energía. Por ejemplo, un cordero de 20 kg de peso, necesita 167 g d^{-1} de proteína para una ganancia diaria de peso de 0.250 kg, mientras que un cordero de 40 kg necesita 202 g d^{-1} de proteína para una ganancia diaria de peso de 0.345 kg (NRC, 1985). En general, el requerimiento de proteína de ovinos oscila entre 167 y 202 g d^{-1} .

Los requerimientos de minerales para ovinos se clasifican en dos grupos: macrominerales (Ca, P, Mg, K, Na y S) y microminerales (Co, Cu, I, Fe, Mn, Se y Zn) como se puede observar en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Requerimientos de minerales para ganado ovino

Macrominerales	Requerimiento
Calcio, %	0.20 - 0.82
Fósforo, %	0.16 - 0.38
Magnesio, %	0.12 – 0.18
Potasio, %	0.50 - 0.80
Sodio, %	0.09 - 0.18
Azufre, %	0.14 – 0.26
Microminerales	Requerimiento
Cobalto, ppm	0.1 – 0.2
Cobre, ppm	7
Yodo, ppm	0.10 – 0.80
Fierro, ppm	30 – 50
Manganeso, ppm	20 – 40
Selenio, ppm	0.1 - 0.2
Zinc, ppm	20 – 33

NRC, 1985.

Estos minerales son importantes por su función como constituyente de las células y tejidos del organismo animal en diversas combinaciones funcionales y

químicas con concentraciones que dependen del elemento y tejido. Dichas concentraciones deben estar dentro de límites estrechos para mantener la integridad funcional y estructural de los tejidos y conservar inalterado el crecimiento, la salud y la productividad del animal.

Un consumo deficiente o excesivo de cualquier mineral, puede causar cambios en forma o concentración en tejidos y fluidos corporales, hasta existir una deficiencia o intoxicación (Underwood y Suttle, 2002).

Aditivos en la dieta

La tendencia en la engorda de bovinos, ovinos y cerdos, en sistemas de producción intensivo, es producir la mayor cantidad de carne con el menor porcentaje de grasa en un menor tiempo, para satisfacer un mercado que demanda estos productos (Bohorov, 1995). En un sistema de producción intensivo de ovinos las dietas, tienen una alta proporción de concentrados y en algunos casos se adicionan aditivos con el fin de estabilizar el pH, beneficiar a los microorganismos del rumen, incrementar consumo, ganancia de peso y mejorar la eficiencia alimenticia, así como calidad de la carne (Mendoza y Velasco, 1993). Los ionóforos, amortiguadores, enzimas y β -agonistas son aditivos adicionados a las dietas (López *et al*, 2003). La utilización óptima de aditivos e implantes, permiten mejorar la eficiencia de utilización del alimento y maximizar el crecimiento corporal (González, 1994), además de mejorar la calidad e inocuidad de la carne.

Algunos residuos de drogas de uso veterinario son relativamente frecuentes en los alimentos para consumo humano, no obstante, las reacciones adversas rara vez se observan, ya que la cantidad ingerida de residuo puede no ser suficiente para producir

signos clínicos de intoxicación (Thomas y Peláez, 1995). El grupo de fármacos recientemente incorporados que se utilizan en la producción pecuaria para mejorar la retención de nitrógeno, son los repartidores de energía o β -agonistas adrenérgicos (β -AA).

β -agonistas adrenérgicos. Son agentes químicos que actúan en los receptores adrenérgicos, derivando la energía de los alimentos y de la lipólisis hacia la síntesis proteica muscular (Mersmann, 1998). La utilización de estas sustancias presenta ventajas relacionadas no sólo con una mejor productividad, sino también con la calidad de carne, ya que los animales tratados con β -AA tienen más tejido magro. Los β -AA pueden potencializarse con una buena nutrición (Mersmann, 1998). Se ha estudiado el efecto del clorhidrato de zilpaterol (CZ) en bovinos para carne y cerdos (Salinas *et al.*, 2006; Mondragón *et al.*, 2010; Rincón *et al.*, 2010), así como de ractopamina (Smith y Shelver, 2002; Abney *et al.*, 2007; Quinn *et al.*, 2008); pero la información disponible acerca de ovinos es escasa.

La información sobre el empleo de compuestos con actividad β -agonista se inicia en la década de 1980, según (Ricks *et al.*, 1984) en estudios desarrollados en biomodelos de roedores no obesos y posteriormente se empleó el clenbuterol como agente para alterar las características de la canal en novillos, observándose un aumento de la masa muscular y disminución del tejido adiposo. Estos efectos en la carne tienen cada vez mayor interés en la disminución de problemas de colesterol y enfermedades coronarias y metabólicas, asociadas al consumo de grasa animal saturada. (Sumano, 2002)

En Europa no se permite el uso de β -AA en la producción pecuaria (Kuiper *et al.*, 1998) por razones de salud pública. En México, se usa CZ en bovinos y ovinos (Plascencia *et al.*, 1999; Castellanos *et al.*, 2006; Salinas *et al.*, 2006, Romero *et al.*, 2009), y el clorhidrato de clenbuterol en bovinos (Geesink *et al.*, 1993; Sillence *et al.*, 1993). Sin embargo, el uso indebido de clenbuterol causa problemas de salud pública, por lo cual, en México la norma NOM-061-ZOO-1999 prohíbe su uso. Esta norma excluye al clorhidrato de ractopamina (CR) y el CZ, que son fármacos con menor potencia en la broncodilatación, vasoconstricción y en la frecuencia cardiaca (Sumano *et al.*, 2002). En Sudáfrica se permite el uso de CZ en bovinos, en dosis similares ($0.15 \text{ mg kg}^{-1} \text{ PV d}^{-1}$) a las aprobadas para uso en México (Plascencia *et al.*, 1999; Castellanos *et al.*, 2006).

Clenbuterol. Este constituye un miembro de las fenetolonaminas (Moody *et al.*, 2009) que como grupo, requiere la presencia de un anillo aromático con un grupo hidroxilo en la posición β del grupo alifático, para mostrar actividad. La presencia del grupo nitrogenado y la sustitución de R por un grupo voluminoso, a menudo cíclico, no alifático, hace más específica a la molécula por los receptores β -adrenérgicos. Para los β -agonistas las sustituciones en el anillo aromático son importantes para obtener una actividad biológica definida (Ramos *et al.*, 2001). Algunos compuestos se biotransforman e inactivan rápidamente por las cateco-O-transferasas (COMT) tisulares que metilan los hidroxilos en el anillo aromático, tal es el caso del isoproterenol y la dobutamina (Sumano *et al.*, 2002).

En cuanto a intoxicación con clenbuterol, hay información sobre sus efectos dañinos en salud pública en EE.UU. y en la Unión Europea (Mitchell y Dunnavan,

1998), lo que originó su prohibición en casi todo el mundo. En México, en el periodo de 2002 a 2006, se registraron 192 brotes de intoxicación por clenbuterol, con un total de 1 300 casos que por estado fueron: Jalisco (625), Distrito Federal (326), Guanajuato (144), Nayarit (45), Hidalgo (43). El alimento consumido por las personas estuvo implicado en la mayoría de los brotes; en el 70 % de los casos fue el consumo de hígado de res, dentro de un periodo de tiempo de 30 min a 6 h después del consumo las personas presentaron dos o más de las siguientes manifestaciones: taquicardia, cefalea, palpitaciones, náuseas, ansiedad, angustia y malestar general (Vallejos *et al.*, 2007), con duración de 40 h en promedio (Serrano *et al.*, 2002). De enero a marzo de 2002 se notificaron 122 casos en humanos en seis entidades del país, todos con antecedentes de consumo de hígado de res, derivado de la ingesta del fármaco por residuos en productos de origen animal (Vallejos *et al.*, 2007). Para evitar intoxicaciones, los residuos de clenbuterol en productos animales no deben superar concentraciones de 0.5 mcg kg^{-1} en hígado y riñón, 0.1 mcg kg^{-1} en músculo, y 0.05 mcg kg^{-1} en leche, los cuales son los límites máximos de residuos recomendados por el Comité para Productos Medicinales Veterinarios de la Agencia Europea de Evaluación del Medicamento (Serrano *et al.*, 2002).

En contraste, la RAC, el sameterol y el salbutamol no son sustratos para el COMT y solo son biotransformados por glucoronidación hepática. Cuando OH- es sustituido por halógeno, se evita la biotransformación hepática (Sumano *et al.*, 2002). Sin embargo, todos los derivados β -AA mencionados serían liposolubles de no ser porque su amina se encuentra protonada a un menor pH fisiológico que del estómago (Smith, 1998; Ramos *et al.*, 2001). Al mismo tiempo, la presencia del cloro en

clenbuterol lo hace más liposoluble que sus análogos y por consecuencia tiende a difundirse profundamente en los tejidos, minimizando su excreción (Ramos *et al.*, 2001). Esta respuesta es determinada por los tipos de receptores adrenérgicos encontrados en la membrana celular, a los cuales, el β -AA se unirá para llevar a cabo su respuesta fisiológica (Sumano *et al.*, 2002).

Las fenetolonaminas son también agentes de repartición debido a su habilidad para redirigir la vía de los nutrientes desde el tejido adiposo al muscular (Ricks *et al.*, 1984, citados por Moody *et al.*, 2000; Cardoso y Stock, 1996; Beerman, 2001). En general el efecto de la fenetolonaminas en los animales son: incremento en la tasa de ganancia de peso (Moody *et al.*, 2000), mejora en la eficiencia de utilización del alimento (Moloney *et al.*, 1990; Moody *et al.*, 2000), incremento en las características magras de la canal (Lindsay *et al.*, 1993); Sillence *et al.*, 2002; Mills *et al.*, 2003) e incremento en el porcentaje de la canal (Moody *et al.*, 2000).

En la mayor parte de las células de los mamíferos se han encontrado receptores β -adrenérgicos; sin embargo, su distribución y proporción varían de un tejido a otro, en cada especie animal (Mersmann, 1998). Por ejemplo, en ovinos los receptores β_1 y β_2 coexisten en el bíceps posterior del animal y en el área del músculo *Longissimus dorsi* (Koochmaraie *et al.*, 1991; Ekpe *et al.*, 2000).

Clorhidrato de zilpaterol (CZ). Este β -adrenérgico presenta límites máximos de residuos para los diferentes tejidos comestibles (ppb): hígado y riñón 30, tejido adiposo 20 y músculo 1. Por sus propiedades químicas, se consideran de baja magnitud de riesgo para la población, cuando se consumen tejidos de animales tratados (Smith, 1998). Los resultados obtenidos en diferentes estudios pueden diferir de acuerdo con el

β -AA empleado, dosis, unidad de producción y características de los animales; por lo que es necesario desarrollar más investigación para conocer los factores que originan esta variación.

Clorhidrato de ractopamina. La autorización y el uso del RAC en la alimentación de bovinos productores de carne ha generado el interés tanto de académicos como de productores por conocer sus potencialidades (Johnson, 2004). Es un β -agonista que se utiliza como ingrediente alimenticio en ganado bovino, aprobado por la FDA (Foods and Drugs Administration) de los EE.UU. se proporciona en los últimos 28 a 42 d de la etapa de finalización, incrementa la ganancia diaria de peso, mejora la conversión alimenticia, incrementa el rendimiento de carne manteniendo el sabor natural, la suavidad y la jugosidad de la carne y su nombre comercial es Optaflexx® 100. No afecta la calidad y el marmoleo de la carne y se puede usar tanto en hembras como en machos de engorda y no afecta el consumo de materia seca (Elanco, 2003). Los residuos de RAC son eliminados mucho más rápido por la ausencia del cloro en grupo cíclico que facilita su biotransformación y excreción (Ramos *et al.*, 2001). Se ha calculado que en sólo 24-48 h se reducen las concentraciones de RAC y metabolitos a niveles inferiores a la ingesta diaria admisible, siendo la conjugación glucoronida la principal forma de biotransformación (Sumano *et al.*, 2002). La FDA ha establecido un tiempo de retiro de cero días en virtud del nivel de no efecto (NOEL) tan alto que se ha derivado de estudios de toxicidad (Sumano *et al.*, 2002).

Aunque las comparaciones entre estudios son difíciles de realizar debido a las diferencias en compuestos estudiados, dosis, duración y variables de respuestas, una recopilación de los datos disponibles sobre fenetolonaminas en los bovinos y ovinos

presentan respuestas sustancialmente mejores que cerdos, y con la menores respuestas en pollos (Moody *et al.*, 2000). Las menores respuestas en pollos pueden deberse a la intensiva selección para la tasa de crecimiento en pollos, los que da un menor potencial de mejora de la fenetolonaminas, o quizás debido a especie diferentes en receptores β -adrenérgicos que son las estructuras celulares sobre las cuales reaccionan las fenetolonaminas (Mersmann, 1998). Según Moody *et al.*, (2000), la base de la diferencia en la respuesta entre fenetolonaminas podría deberse a la especificidad de un compuesto en particular para los receptores adrenérgicos (β_1 VS β_2 selectivamente), por ejemplo el β_2 -selectiva fenetolonaminas son particularmente efectivos en ovinos y caprinos, pero menos en cerdos. La β_1 -selectiva fenetolonaminas es menos efectiva en rumiantes, pero su administración en cerdos ha dado consistentes incrementos tanto en la ganancia de peso como en las características magras de la canal.

Clasificación de β -agonistas adrenérgicos.

A partir de la década de 1980 se investigan varios análogos de epinefrina y norepinefrina que son sintetizadas y secretadas en la glándula adrenal (Mersmann, 1998), de manera natural se encuentran en los mamíferos, y promueven el crecimiento del musculo esquelético reduciendo la cantidad de grasa en la canal de animales tratados con ellos (NRC, 2001); estos análogos son los β -agonistas. Actualmente se ha popularizado su uso por vía oral, los cuales estimulan fisiológicamente a los receptores β -adrenérgicos que están presentes en muchos tipos de células, disminuyendo la grasa e incrementando el músculo en algunos animales como el ganado bovino y porcino (Mersmann, 1998).

Metabolismo de β -agonista adrenérgicos.

La forma de acción de un receptor de la membrana celular es la formación del complejo agonista-receptor β -adrenérgico (Figura 2), con la intervención de la proteína G (reguladora de nucleótidos de guanina), que activan la enzima adenilciclasa (ac) y en consecuencia incrementa un segundo mensajero intracelular, el AMPc. Este actúa sobre un efector secundario llamado proteinquinasa (pqa), el cual modifica el funcionamiento celular para generar otros efectos (Mersmann, 1998; Ferguson, 2001).

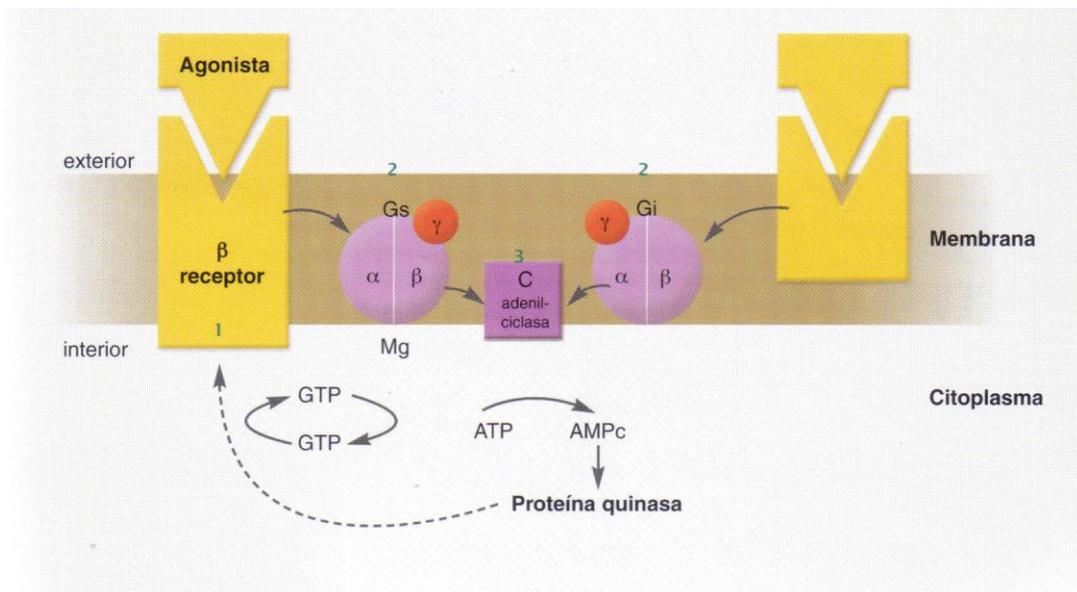


Figura 2. Principales receptores β -adrenérgicos (β_1 , β_2) con su respectivo Sistema transductor (proteína G); su efector primario (enzima adenilciclasa, AC); segundo mensajero (adenosin monofosfato cíclico, AMPc); y su efector secundario (proteínquinasa, PQA) (Fuente: Mersmann, 1998; Ferguson, 2001).

En el tejido adiposo el metabolismo de los β -AA aumenta marcadamente el metabolismo degradativo de los lípidos en el adiposito, por lo tanto, impiden y reducen

la deposición de grasa (Mersmann, 1998, 2002; Van Hoof *et al.*, 2005). La activación de los receptores β -AA causa un aumento en el AMPc que activa a la proteinkinasa A, la cual a su vez fosforila a la hormona sensible a la lipasa. La lipasa fosforilada es la forma activa que inicia la lipólisis (Mersmann, 2002). Los ácidos grasos son producidos y exportados del adiposito para ser usados como fuentes oxidativas por otros tejidos. La síntesis de ácidos grasos y la esterificación de ácidos grasos dentro del triacilglicerol, que es la primera molécula energética almacenada en el adiposito, son procesos inhibidos por los β -AA. Por lo tanto, un aumento en el catabolismo (lipólisis) y una reducción en el anabolismo (lipogénesis) de los lípidos en el adiposito, conducirá a una hipertrofia reducida del adiposito y en consecuencia a una reducción del depósito de grasa en la canal (Smith, 1998; Mersmann, 1998). Sin embargo, se han indicado algunos β -AA en adipositos de determinados animales, los cuales no han tenido efecto alguno (Mills y Mersmann, 1995). En ovejas, la respuesta al uso prolongado de los β -AA no es clara; Oksbjerg *et al.* (1996) indicaron que los efectos de los β -AA en el tejido adiposo son menores que en el músculo.

Los agonistas β -AA son moléculas orgánicas que se unen a los receptores dando lugar al complejo agonista-receptor, que a su vez activa a la proteína reguladora del nucleótido Giguandina (Gs) (Gürdal *et al.*, 1997; Mersmann, 2002). La subunidad reguladora de la cinasa proteínica (Mijares *et al.*, 2000), para liberar la subunidad catalítica que fosforila a un buen número de proteínas intracelulares (Moody *et al.*, 2000; Sumano *et al.*, 2002).

Estas proteínas tienen funciones vitales para diversas actividades que van desde permitir la entrada de Ca^{++} a la célula, hasta mediar la síntesis de proteínas

clave para el funcionamiento celular. Los agonistas fisiológicos β -AA son la norepinefrina y la epinefrina; la primera constituye una catecolamina del grupo de la fentalonaminas, también es considerada como un neurotransmisor del sistema nervioso simpático, que se biosintetiza a partir de la tirosina y circula en el suero en concentraciones relativamente elevadas; la segunda del mismo grupo se sintetiza y secreta en la medula adrenal, circula a menores concentraciones que la norepinefrina en la mayoría de los mamíferos, pero en situaciones de estrés responde en mayor proporción que norepinefrina. La norepinefrina es más selectiva de receptores α y la epinefrina actúa sobre ambos con mayor selectividad por β . La administración oral de algunos agonistas β -AA sintéticos, modifica el crecimiento por aumento de la masa muscular y disminución de la acumulación de grasa.

Los receptores β -adrenérgicos son proteínas conformadas por 450 a 600 aminoácidos y tienen un peso molecular de 40 a 50 KDa (Soria y Arias, 1997), están presentes en la mayoría de las células de los mamíferos, aunque la distribución de los subtipos β_1 , β_2 , β_3 y la proporción de cada uno varía entre tejidos en una especie dada (Mersmann, 1998). Drenann (1994) describió a los receptores β_1 en el miocardio y los receptores β_2 en el sistema nervioso central y en el conducto bronquial. Por lo general, los β_1 predominan en el corazón estimulando su inotropismo (fuerza de contracción) y en el musculo liso intestinal induciendo relajación, mientras que a los β_2 se les localiza en los bronquios y musculo uterino, induciendo relajación en ambos casos. Ganong (2001) indicó que ambos subtipos de receptores β incrementan el adenosin monofosfato cíclico (AMPc); y estos receptores consisten en una proteína que atraviesa siete veces la membrana celular, formando tres asas intracelulares y tres extracelulares

a los que se unen la adrenalina y la noradrenalina. Evidentemente, la magnitud de la actividad fisio-farmacológica de un agonista o agonista-parcial β -AA, dependerá de su actividad intrínseca en el receptor y distribución en los tejidos blanco (Smith, 1998).

En el tejido muscular el metabolismo de los β -AA aumenta la perfusión sanguínea hacia el músculo, así como una mayor disponibilidad de energía y aminoácidos; en consecuencia aumenta la síntesis y retención de proteína que favorece la hipertrofia muscular, principalmente de los músculos del cuarto trasero del animal (Li *et al.*, 2000; Ekpe *et al.*, 2000; Castellanos *et al.*, 2006). En el músculo, además de la hipertrofia, ocurren cambios en el tipo de fibra muscular, también hay cambios en la proporción de ARN de transcripción para proteínas musculares como la miosina y actina (Miller *et al.*, 1988).

Investigaciones realizadas en β -agonistas adrenérgicos.

En estudios realizados en ovinos y bovinos se ha observado que la adición de β -AA aumenta el peso de los músculos en 40 %, y que la magnitud de la respuesta varía dependiendo del β -AA suministrado, así como de la influencia de factores como la especie, la raza, la edad, el sexo y la dieta (Mersmann, 1998). En un estudio realizado con ovinos alimentados con CZ (Anaya *et al.*, 2005; López *et al.*, 2003; Salinas *et al.*, 2006; Mondragón, 2008) y con el L-644,969 (Shackelford *et al.*, 1992; Koohmaraie *et al.*, 1996) no se mejoró la respuesta productiva. En contraste, en otro estudio en ovinos que recibieron CZ (Salinas *et al.*, 2004) se mejoró la ganancia de peso en 60 %. Así mismo, en bovinos se han observado mejores ganancias de peso con CZ (Garza *et al.*, 1997; Garcés *et al.*, 1998; Placencia *et al.*, 1999; Castellanos *et al.*, 2006; Avendaño *et al.*, 2006).

Mersmann (1998) señala que determinados β -AA no inducen el mismo efecto en todas las especies, debido posiblemente a que los receptores β -adrenérgicos del tejido “blanco” no se activan adecuadamente, o bien, porque los mismos receptores se inactivan rápido; o tal vez porque algunas especies tienen un número limitado de estos receptores, lo cual disminuye la respuesta. Debido a estas variaciones, los efectos producidos en el metabolismo de los nutrientes, por el suministro de un β -AA, son difíciles de comprender, pero se han aprovechado con fines prácticos en la producción pecuaria.

Efectos de β - agonistas adrenericos en características de la canal.

Los β -AA disminuyen el contenido de grasa en la canal de ovinos Koohmaraie *et al.*, (1996) y bovinos (Moloney *et al.*, 1990; Castellanos *et al.*, 2006). También se ha observado que aumentan el área del *Longissimus dorsi* en ovinos (Salinas *et al.*, 2004; Shackelford *et al.*, 1992; Mondragón, 2008) y bovinos (Garcés *et al.*, 1998; Plascencia *et al.*, 1999; Avendaño *et al.*, 2006; Castellanos *et al.*, 2006); además, en bovinos (Moloney *et al.*, 1990) y ovinos (Li *et al.*, 2000; Mondragón, 2008), aumenta la retención de proteína muscular. En la actualidad, estos efectos han tenido un impacto importante debido a la creciente demanda de carne magra por el consumidor, enfatizando en la composición de la canal con menos grasa tanto intramuscular como de cobertura, y mayor masa muscular (Nourozi *et al.*, 2008; Mohammadi *et al.*, 2006). Esto también se traduce en mayor beneficio económico (Cañequé y Sañudo, 2000). Sin embargo, en otros estudios, no se ha encontrado efecto alguno sobre la disminución de grasa en la canal de ovinos (Shackelford *et al.*, 1992; Koohmaraie *et al.*, 1996) y en bovinos (Garza *et al.*, 1997; Zorrilla *et al.*, 1998); así como en el área del *Longissimus dorsi* y la

retención de proteína muscular en ovinos (Salinas *et al.*, 2006; Koohmaraie *et al.*, 1996).

En calidad de la carne, las características deseables o indeseables variaran, según el destino de la carne (López *et al.*, 2000). La carne destinada a barbacoa requiere canales con suficiente grasa, lo que no sucede con los cortes finos, por la preferencia de carne marmoleada o con determinado contenido de grasa intramuscular, para mantener buena textura, jugosidad y sabor. Por lo tanto, la calidad de la carne que se obtiene, en términos de sus propiedades físicas y químicas, al utilizar β -AA, puede representar una oportunidad de mercado. Otra característica de la carne que le confiere buena aceptación por el consumidor, es su terneza (medida como la fuerza necesaria para cortarla). La terneza es considerada internacionalmente un variable fundamental de calidad, porque incide directamente en el precio de venta de los diferentes cortes de una canal, de tal manera que aquellos cortes de mayor valor suelen ser los más tiernos y por ende admiten formas rápidas de cocción (Bianchi *et al.*, 2004).

En ovinos, los β -AA modifican la terneza, 10.9 vs 8.2 kg cm² (Koohmaraie *et al.*, 1996), posiblemente porque en músculo hay mayor degradación proteínica en los primeros 20 d postmortem; esto se debe a la actividad de las enzimas calpastatinas que inhiben a las proteasas, lo que a su vez impide la degradación de las proteínas musculares, dando como resultado una carne menos suave. Al respecto, Mondragón (2008) indica que el CZ aumenta el contenido de agua, proteína y la dureza del músculo *Longissimus dorsi* en la carne de ovinos engordados en un sistema intensivo. En carne de bovinos tratados sin y con CZ, Avendaño *et al.* (2006) muestran valores mayores ($P < 0.05$) de fuerza de corte (4.39 vs. 5.11 kg cm⁻²), atribuible a una poca actividad

enzimática durante la congelación, con cierta actividad proteolítica y por lo tanto, mejor suavidad de la carne (Chacón 2004). La terneza establecida por la industria cárnica ovina de los EE.UU. y Nueva Zelanda indica que para retener o acceder a nuevos mercados debe ser menor o igual a una fuerza de corte de 5 kg por cm^{-2} (Bickerstaffe, 1996). En México hay estudios sensoriales en la carne de rumiantes tratados con β -AA. Mondragón (2008) señala que la barbacoa de ovinos en engorda tratados con CZ no presentó diferencias. En carne de cerdos tratados con RAC tampoco se modificó la palatabilidad del músculo *Longissimus dorsi* (Stoller *et al.*, 2003).

Según Allen *et al.* (1986), el cimaterol en novillos Holstein incrementó la tasa de crecimiento (0.33 y $49 \text{ mg novillo}^{-1} \text{ d}^{-1}$), eficiencia de utilización del alimento, peso de la canal, rendimiento del músculo, área del ojo de la chuleta, grado de marmoleo en canal (menor grasa y mejor conformación). Otros estudio con cimaterol (4 ppm en la dieta) realizado por Boucqué *et al.*, (1986) en novillos Belgianblue también muestran incrementos significativos en la ganancia de peso, disminuciones en el consumo de alimento y en el contenido de grasa en la canal.

Koohmaraie *et al.*, en (1991 y 1996) estudiaron β -agonistas en ovinos, específicamente el L644-969, y sus resultados indican que la administración con β -agonistas en la dieta aumenta la masa muscular y reduce la grasa en pelvis y riñón en un 26 %. Baker *et al.* (1984) utilizaron clenbuterol en ovinos y con un tratamiento de 2 ppm en la dieta, en comparación con el testigo obtuvieron 263 vs 212 g de ganancia diaria de peso, 6.72 vs 8.31 para conversión alimenticia, 57.2 vs 54.6 % de rendimiento en canal y 23.85 vs 16.85 cm^{-2} para el músculo *Longissimus* ($P < 0.01$). Estos datos sugieren que el tratamiento con clenbuterol provoca una repartición de nutrientes que

se traduce en mejor conversión alimenticia, reducción de depósitos de grasa y aumento de la deposición muscular. Pringle (1993) al usar L644-969 en dosis de 4 ppm encontró alteraciones en el crecimiento muscular y en la suavidad de la carne durante la aplicación del tratamiento.

En corderos Suffolk que durante 70 d recibieron dosis de 0 o 0.5 mg cimaterol $\text{kg}^{-1} \text{PV d}^{-1}$, aumentó la ganancia de peso (174 vs 107g d^{-1}), el peso (26.9 vs 22.1 kg), el rendimiento en canal (57.2 vs 53.9), área del músculo *Longissimus* (22.5 vs 15.0 cm^2) y puntuación de la pierna (14.3 vs 12.2), pero no hubo cambios en digestibilidad de la dieta ni en producción de metano (Rikardsson *et al.*, 1991). En borregos Pelibuey en los últimos 29 d de finalización usando dos dosis de CZ, no encontraron diferencias en el consumo de alimento y ganancia de peso (Felix *et al.*, 2005). Vergara *et al.*, (2006) evaluaron diferentes dosis de CZ en ovinos en finalización, no encontraron diferencias significativas en consumo de alimento, ganancia diaria de peso y conversión alimenticia entre las dosis. En otro estudio en corderos en los últimos 28 d en etapa de finalización, utilizando diferentes dosis de RAC, no hubo diferencias ($P>0.05$) en consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia, grosor de la grasa dorsal y rendimiento en canal (Ríos *et al.*, 2009).

En un estudio en novillos en los últimos 42 d de finalización usando RAC, hubo mejores resultados, obteniendo una eficiencia de 35 % en peso de la canal (Quinn *et al.*, 2008). En un estudio con toretes al utilizar RAC y CZ en los últimos 30 d de la engorda, obtuvo mejoras en GDP de 24 a 26 % (Avendaño *et al.*, 2006). En cerdos el uso de la RAC mejoro 5 a 20% el crecimiento, 8 a 20 % la masa muscular y redujo 4 a 37% el tejido adiposo dependiendo de la dosis (NRC, 2001).

Al evaluar los residuos de RAC en hígado y riñón de ovinos después del tratamiento durante 7 d, los resultados fueron inferiores a los límites de cuantificación permitidos (24.0 y 2.6 ppb) y la concentración en la orina fue menor a los límites permitidos de 5 ppb (Smith y Shelver, 2002). En toretes de engorda durante 37 d y la adición RAC en la dieta al final de la engorda, se mostró que los resultados favorecen la ganancia diaria de peso, peso de la canal caliente, conversión alimenticia, peso final y rendimiento y menor el marmoleo (Winterholler *et al.*, 2008)

LITERATURA CITADA

- Abney, C.S., J.T. Vasconcelos, J.P. McMeniman, S. A. Keyser, K. R. Wilson, G.J. Vogel, M.L. Galyean. 2007. Effects of ractopamine hydrochloride on performance, rate and variation in feed intake, and acid-base balance in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 85:3090-3098.
- Allen, P., F. Quirke, P.V. Tarrant. 1986. Effects of cimaterol on the growth, food efficiency and carcass quality of friesland cattle. *In: J.P. Hanrahan (ed). Beta-agonist and their effects on animal growth and carcass quality. Elsevier Applied Sci. London. pp: 86-92 .*
- Anaya, A. D. L.; G. M. Guevara, y S. O. Argudin. 2005. Comportamiento productivo de ovinos engordados en corral utilizando clorhidrato de zilpaterol en el alimento. *Arch. Latinoam Prod Anim.* 13 (1):190 - 197.
- AMCO. 2007 Asociación Mexicana de Criadores de Ovinos.
<http://www.asmexcriadoresdeovinos.org/> , consulta junio-2011
- Arteaga C., J. de D. 2003. La industria ovina en México. *In: Memorias del primer simposium internacional de ovinos de carne. Desafíos y oportunidades para la ovinocultura en México ante los nuevos esquemas de mercado abierto. Pachuca de Soto, Hgo. pp: 1-7.*
- Avendaño, R.L., R.V. Torres, M.F.J. Meraz, L.C. Pérez, S.F. Figueroa, P.H. Robinson. 2006. Effects of two B-adrenergic agonists on finishing performance, carcass characteristics, and meat quality of feed lot steers. *J. Anim. Sci.* 84:3259-3265.
- Baker, K.P., R.H. Dalrymple, D.L. Ingle, C.A. Ricks. 1984. Use of β -adrenergic agonist to alter muscle and fat deposition. *J. Anim. Sci.* 59:1256-1261.

- Beerman, D.H., T.F. Robinson, D.E. Hogue. 1995. Impact of composition manipulation on lean lamb production in the United States. *J. Anim Sci.* 73:2493-2502.
- Beermann, D.H., 2009. ASAS Centennial paper: a century of pioneers and progress in meat science in the United States leads to new frontiers. *J. Anim. Sci.* 87: 1192–1198.
- Bianchi, G. O. Bentancur, y C. Sañudo. 2004. Efecto del tipo genético y del tiempo de maduración sobre la terneza de la carne de corderos pesados, *Agrociencia VIII (1): 41-50.*
- Bickerstaffe, R. 1996. Proteases and meat quality. *The Proceeding of the New Zealand Society of Animal Production* 56: 153 - 162.
- Cardoso, L.A., and M.J. Stock. 1998. Effects of clenbuterol on endocrine status and nitrogen and energy balance in food-restricted rats. *J. Anim. Sci.* 76:1012-1018.
- Cardoso, L.A., O.Taveira. 2002. Effect of clenbuterol on growth, nitrogen and energy balances and endocrine status in food-restricted sheep. *J. S. Afr. Vet. Assoc.* 73:127–130.
- Cano, B. J., T. J. De Lucas, y R. G. Valenzuela. 2001. Crecimiento comparativo entre corderos alimentados en pastoreo y en corral de engorda. Memoria del 2º Congreso Latinoamericano de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos, XI Congreso Nacional de Producción Ovina. 22 al 25 de mayo. Mérida, Yucatán, México. pp: 47 – 51.
- Cañeque, V. y C. Sañudo. 2000. Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes. Ministerio de Ciencia y Tecnología-INIA, Madrid. 255p.

- Castellanos, R. A. F., R. J. G. Rosado, G. L. A. Chel, y A. D. A. Betancur. 2006. Empleo del zilpaterol en novillos con alimentación intensiva en Yucatán, México. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 14, (2): 56 - 59.
- Chacón, A. 2004. La suavidad de la carne: implicaciones físicas y bioquímicas asociadas al manejo y proceso agroindustrial, Agron. Mesoamericana 15 (2): 225 – 243.
- Drennan, W. G. 1994. Clembuterol not approved for use in cattle in Canada. Can. Vet. J. 35: 474 – 491.
- De Lucas T. J., y Arbiza A. S. 2010. Producción ovina en el mundo y México. Editores Unidos Mexicanos S.A. 342 p.
- Dikeman, M. E. 2007. Effects of metabolic modifiers on carcass traits and meat quality. Meat Sci. 77: 121 - 135.
- Ekpe, E. D., J. A. Moibi, and R. J. Christopherson 1999. Beta-adrenergic receptors in skeletal muscles of ruminants: Effects of temperature and feed intake. Can. J. Anim. Sci. 80: 79 - 86.
- Elanco, Guía Técnica, 2003. Laboratorio Elanco Animal Health. México D.F. 38 p.
- Etherton, T.D., 2009. ASAS centennial paper: animal growth and development research, historical perspectives. J. Anim. Sci. 87: 3060–3064.
- FAO. 2010. <http://www.fao.org/corp/statistics/es/> consulta enero de 2011.
- Felix, A.A., A. Estrada, F.G. Ríos, C.H. Ramos, A.B. Perez. 2005. Effect of zilpaterol clorhidrate on growth performance and carcass traits in finishing sheep. J. Anim. Sci. 83 (1):63.

- Ferguson, S. 2001. Evolving concepts in G protein coupled receptor endocytosis: The role in receptor desensitization and signaling. *Pharmacol. Rev.* 53:1 - 24.
- Ganong, W. F. 2001. Fisiología médica. 18ª edición en español, Manual Moderno. México, D. F. 980 p.
- Garcés, Y. P., M. R. Zinn, A. M. Rebolledo, y C. C. Abreu. 1998. Efectos del clorhidrato de zilpaterol sobre la ganancia de peso y características de la canal de toretes finalizados en pastoreo. *In: Memoria de la Reunión Científica de la XXXIV Reunión Nacional de Investigación Pecuaria.* Querétaro, México. 144 p.
- García D., y F.J. Garza D. 2003. Efecto del Incremento de energía y/o proteína en dietas adicionadas con clorhidrato de zilpaterol para bovinos en finalización. XI Congreso AMENA y I del CLANA. Can Cun, Quintana Roo, México. 436 p.
- García, G. (edit). 1986. Producción Ovina. Facultad de Ciencias Agrarias, Dep. de Producción Animal, Universidad de Chile. 344 p.
- Garza, F. J. D.; C. J. H. Ramírez; T. H. Montgomery y F. J. Garza 1997. Comportamiento productivo y características de canal en vaquillas de engorda suplementadas con zilpaterol en condiciones comerciales. XXXIII Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Veracruz, México. 580 p.
- Geesink, G. H., F. J. M. Smulders, J. M. Van Laack, J. H. Van der Kolk, and H. J. Breukink. 1993. Effects on meat quality of the use of clenbuterol in veal calves. *J. Anim. Sci.* 71: 1161 - 1170.
- Gómez, M. J. 2008. Alternativas de mercado para la carne ovina en México. Simposium Internacional, Producción de Carne Ovina. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 425 p.

- Gürdal, H., R. A. Bond, M. D. Jonhanson, E Friedman, and H. O. Onaran. 1997. An efficacy-dependent effects of cardiac overexpression of β_2 - adrenoceptor on ligand affinity in transgenic mice. *Mol. Pharma.* 52: 187-194.
- Johnson, B.J. 2004. B-adrenergic agonists: efficacy and potential mode of action in cattle. *Proc. Plains Nutr. Council Spring Conf.* April 15-16, San Antonio, Texas. pp 51-61.
- Johnson, B.J., K.Y. Chung, 2007. Alterations in the physiology of growth of cattle with growth-enhancing compounds. *Vet. Clin. Food Anim.* 23: 321–332
- Kawas, G.J. 2005. Alimentación de ovinos en corrales de engorda. *Memorias 3er ciclo de conferencia La producción ovina en Nuevo León.* 176 p.
- Kawas, J.R., y J.E. Houston. 1990. Nutrient requirements of hair sheep in tropical and subtropical regions. *In: Hair sheep production in tropical and sub-tropical regions.*
- Koohmaraie, M., S.D. Shackelford, N.E. Mugglit, R.T. Stone.1991. Effect of the beta-adrenergic agonist L-644,969 on muscle growth, endogenous proteinase activities, and postmortem proteolysis in wether lambs. *J. Anim. Sci.* 69: 4823-4835.
- Koohmaraie, M., S.D. Shackelford, T.L. Wheeler. 1996. Effects of a beta-adrenergic agonist (L-644,969) and male sex condition on muscle growth and meat quality of callipyge lambs *J. Anim. Sci.* 74: 70-79
- Kuiper, H. A., M. Y. Noordam, M. M. H. Dooren–Flipsen, R. Van Schilt, and A. H. Roos 1998. Illegal use Beta-adrenergic agonist. *J. Anim. Sci.* 76: 195 - 207.

- Li, Y. Z., B. T. Christopherson, 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 (4): 605 – 613.
- Lindsay, D. B., R. A. Hunter, C. Gazzola, W. G. Spiers. and M. N. Silience. 1993. Energy and growth. *Aust. J. Agric. Res.* 44:875-899.
- López-Carlos, M.A., R.G. Ramírez, J.I. Aguilera-Soto, C.F. Aréchiga, F. Méndez-Llorente, H. Rodríguez, J.M. Silva. 2010. Effect of ractopamine hydrochloride and zilpaterol hydrochloride on growth, diet digestibility, intake and carcass characteristics of feedlot lambs. *Livestock Sci.* 131: 23–30
- López, Z. R., S. O. Argudín, y A. D. Anaya. 2003. Efecto de un β -adrenérgico solo y combinado, sobre aumento de peso, grasa dorsal y área de rib eye en ovinos Tabasco. *Memorias XXVII Congreso Nacional de Buiatría.* pp. 240-241.
- López, R. 2007. La ovinocultura, una industria en ciernes que promete buenos resultados. Facultad de MVZ. UAT.
<http://fmvz.uat.edu.mex./investigacion/alfabetico/ovinos2.pdf> consulta julio 2011.
- Medrano J. 2000. Recursos animales locales del centro de México. *Arch Zootec.* 49, (187): 385-390.
- Mendoza, M.G., y R. Velasco. 1993. Alimentos de ganado bovino con dietas altas en granos. UAM. Unidad Xochimilco. México. 97 p.
- Mersmann, H. J. 2002. Beta-adrenergic receptor modulation of adipocyte metabolism and growth, *J. Anim. Sci.* 80: E24-E29.
- Mersmann, H. J. 1998. Overview of the effects of B-adrenergic receptor agonists on animal growth including mechanisms of action. *J. Anim. Sci.* 76:160-172.

- Mijares, A., D. Lebesgue, G. Wallukat, and J. Hoebeke. 2000. From agonist to antagonist: Fab fragments of an agonist-like monoclonal anti β_2 - adrenoceptor antibody behave as antagonist. *Molec Pharma*. 58:373-379.
- Miller, M. F., D. K. García, M. E. Coleman, P. A. Ekeren, D. K. Lunt, K. A. Wagner, M. Procknor, T. H. Welsh, and S. B. Smith. 1988. Adipose tissue, longissimus muscle and anterior pituitary growth and function in Clenbuterol - fed heifers. *J. Anim. Sci*. 66:12 – 20.
- Mills, S., and H. J. Mersmann. 1995. Beta-adrenergic agonists, their receptors, and growth: Special reference to peculiarities in pigs. *In*: Smith, S. B., and D. R. Smith (eds). *The biology of fat in meat animals: current advances*. American Society of Animal Science. Champaign. USA.
- Mills, S. E., M. E. Spurlock, and D. J. Smith. 2003. B-adrenergic receptor subtypes that mediate ractopamine stimulation of lypolisis. *J. Anim Sci*. 81: 662-668.
- Mitchell, G. A., and G. Dunnavan. 1998. Illegal use of B-adrenergic agonists in the United States. *J. Anim. Sci*. 76: 208 - 211.
- Mohammadi, M., M. Abazari, and M. Nourozi 2006. Effects of two beta-adrenergic agonists on adipose tissue, plasma hormones and metabolites of moghani ewes. *Small Rumin. Res*. 63: 84 - 90.
- Moloney, A.P., P. Allen, D.B. Ross, G. Olson, E.M. Convey. 1990. Growth, feed efficiency and carcass composition of finishing friesan steers fed the β_2 -adrenergic agonist L- 644,969. *J. Anim. Sci*. 68:1269-1277.

- Moody, D.E., D.L. Hancock, D.B. Anderson. 2000. Phenethanolamine repartitioning agents. *In: J.P.F. D'Mello (ed) Farm Animal Metabolism and Nutrition*. CAB International. pp 65-96.
- Moody, D.E., D.L. Hancock, D.B. Anderson. 2009. Phenethanolamine repartitioning agents. *In. J.P.F. D'Mello (ed) Farm animal metabolism and nutrition*. CAB International. pp: 65-96.
- Mondragón, A. J. 2008. Efecto de la concentración de clorhidrato de zilpaterol sobre el crecimiento, características de la canal y calidad de la carne de ovinos en engorda intensiva. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Mondragón A.J., I. A. Dominguez-Vara, J. M. Pinos-Rodriguez, M. Gonzalez, J. L. Borquez, A. Dominguez & M. L. Mejia. 2010. Effects of feed supplementation of zilpaterol hydrochloride on growth performance and carcass traits of finishing lambs. *Acta Agriculturae Scand Section A 60: 47 – 52*.
- Nash, J.E., Rocha, H.J., Buchan, V., Calder, G.A., Milne, E., Quirke, J.F., Lobley, G.E., 1994. The effect of acute and chronic administration of the betaagonist, cimaterol, on protein synthesis in ovine skin and muscle. *Br. J. Nutr. 71:501–513*.
- Nourozi, M., Abazari, M., Raisianzadeh, M., Mohammadi, M., ZareShahne, A. 2005. Effect of terbutaline and metaproterenol (two beta-adrenergic agonists) on performance and carcass composition of culled Moghani ewes. *Small Rumin. Res. 74: 72–77*.
- NRC, 1985. *Nutrient Requirements of Sheep (6th Revised Ed.)*. National Academy Press, Washington, D.C. 99 p.

- NRC, 2001. Metabolic modifiers. Effects on the nutrient requirements of food-producing animals. National Academy Press, Washington, DC. 96p.
- Oksbjerg, N., J. A. Fernández, H. Jorgensen, O. H. Olsen, T. Rulph, and N. Agergaard 1996. Effects of salbutamol on protein and fat deposition in pigs fed two levels of protein. *J. Anim. Physio. and Anim. Nutri.* 75, (1): 1 - 12.
- Plasencia, A., N. Torrentera, A.R. Zinn. 1999. Influence of the β -agonist zilpaterol, on growth performance and carcass characteristics of feedlot steers. *Proc. West. Sect. Am. Soc. Anim. Sci.* 50: 331-334.
- Perezgrovas, G. 1998. Comparación de recursos genéticos: El borrego de Chiapas (México) y las razas autóctonas de origen español. *Arch. Zoot.* 47: 425-430.
- Pringle, D., C.R. Calkins, M. Koohmaraie, S.J. Jones. 1993. Effects over time of feeding a beta-adrenergic agonist to wether lambs on animal performance, muscle growth, endogenous muscle proteinase activities, and meat tenderness. *J. Anim. Sci.* 71: 636-644.
- Quinn, M.J., C.D. Reinhardt, E.R. Loe, B.E. Depenbusch, M.E. Corrigan, M.L. May, J.S. Drouillard. 2008. The effects of ractopamine-hydrogen chloride (Optaflexx) on performance, carcass characteristics, and meat quality of finishing feedlot heifers. *J. Anim. Sci.* 86:902-908.
- Ramos, F., e M. I. N. da Silveira. 2001. Agonistas adrenérgicos β 2 e producao animal: II. Relacao estrutura-atividade e farmacocinetica. *Rev. Port. Cienc Vetr.* 96: 167-175.

- Ricks, C. A., P. K. Baker, and R. H. Dalrymple. 1984. Use of repartitioning agents to improve performance and body composition of meat animals. Proc. Reciprocal Meat. Conf. 37:5 - 11.
- Rikhardsson, G., K.A. Johnson, D.E. Johnson. 1991. Effects of cimaterol on energetics and carcass characteristics of Suffolk ewe lambs. J. Anim. Sci. 1991. 69: 396-404.
- Rincón, F.G.R., S.A. Barreras, A.J.F. Estrada, J.F. Obregón, J.A. Plascencia, L.J. Portillo, R.A. Zinn. 2010. Effects of level of dietary zilpaterol hydrochloride (β -agonist) on performance, carcass characteristics and visceral organ mass in hairy lambs fed all-concentrate diets. J. Appl. Anim. Res. 38 (1):33-38.
- Rios R.F.G., Robles, E.J.C., Obregon, J.F.O. Estrada, A.A., Contreras, P.G. y Portillo, L.J.J. 2009. Efecto de dos agentes β -agonistas en la respuesta productiva y características de la canal de ovinos de pelo en finalización. Memorias XXXIV reunión anual de la AMPA.
- Rodríguez, A.F.A. 2005. Programa de mejoramiento Genético. Cría de ovinos productores de carne en el norte de México. Tecno publicaciones S DE R.L.MI. 89 p.
- Romero, M.M., J.M.R. Pinos, J.G.H. Herrera, J.C.L. García, A.Z.M. Salem, R. Barcena, G. Alvarez. 2009. Influence of zilpaterol and mineral-yeast mixture on ruminal fermentation and growth performance in finishing steers. J. Appl. Anim. Res. 35:77-81.
- SAGARPA. 2011. <http://www.sagarpa.gob.mx/>. Consulta junio,2011.
- SIAP. 2011. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.

<http://www.siap.gob.mx/>. Consulta enero, 2011.

- Salinas-Chavira, J., Ramirez, R.G., Dominguez-Muñoz, M., Palomo-Cruz, R., López-Acuña, V.H., 2004. Influence of zilpaterol hydrochloride on growth and carcass characteristics of Pelibuey lambs. *J. Appl. Anim. Res.* 26: 13–16.
- Salinas, C. J., M. M. Domínguez, M. R. Díaz, B. P. Cruz, G. M. F. Montaña, and A. C. Arzola 2006. Effect of duration of zilpaterol hydrochloride treatment on carcass characteristics and weight Gain in grazing Pelibuey lambs, *J. Appl. Anim. Res.* 29.
- Serrano, C. J., A. C. Ponferrada, R. C. Carceles, y P. E. Escudero (2002). *Fármacos antitusígenos y broncodilatadores. Farmacología y terapéutica veterinaria.* McGraw-Hill. Interamericana. España 734 p.
- Shackelford, S. D., J. W. Edwards, E. K. Smarr, and J. W. Savell 1992. Retail cut yields of Rambouillet wether lambs fed the β -adrenergic agonist L644,969, *J. Anim. Sci.* 70:161-168.
- Sillence, M. N., G. G. Hunter, L. Pegg, M. L. Brown, T. Matthews, M. Magner, M. Sleeman, and D. B. Lindsay. 1993. Growth, nitrogen metabolism and cardiac responses to Clembuterol and Ketoclembuterol in rats and underfed cattle. *J. Anim. Sci.* 71: 2942 - 2951.
- Sillence, M. N. , K. J. Munn, and R.G. Campbell. 2002. Manipulation of growth in pigs through treatment of the neonate with clenbuterol and somatotropin. *J. Anim. Sci.* 80: 1852-1862.
- Sillence, M.N., 2004. Technologies for the control of fat and lean deposition in livestock. *Vet. J.* 167:242–257.

- Smith, D. J., and G. D. Paulson 1998. Distribution, elimination and residues of [14C] Clembuterol HCL in Holstein Calves 1, 2, J. Anim. Sci. 75.
- Smith, D. J. 1998. The pharmacokinetics, metabolism and tissue residues of Beta-adrenergic agonists in livestock. J. Anim. Sci. 76:173-194.
- Smith, D.J. 2002. Total radioactive residue and clenbuterol residues in swine after dietary administration of [14C] clenbuterol for seven days and preslaughter withdrawal periods of zero, three, or seven days. J. Anim. Sci. 78: 2903-2912.
- Smith, D.J., and W.L. Shelver. 2002. Tissue residues of ractopamine and urinary excretion of ractopamine and metabolites in animals treated for 7 days with dietary ractopamina. J. Anim. Sci. 80: 1240-1249
- Soria, J. L. B. y M. J. A. Arias 1997. Señalización celular por segundos mensajeros, en Curso Internacional Precongreso actualización en fisiología.
- Stoller, G. M., H. N. Zerby, S. J. Moeller, T. J. Baas, C. Johnson, and L. E. Watkins 2003. The effect of feeding ractopamine (Paylean) on muscle quality and sensory characteristics in three diverse genetic lines of swine, J. Anim. Sci. 81. American Society of Animal Science.
- Sumano L.H., C.L. Ocampo, O.L. Gutiérrez. 2002. Clembuterol y otros β -agonistas, ¿una opción para la producción pecuaria o un riesgo para la salud pública?. Vet. Mex. 33:137-159.
- Thomas, S. X., E. Peláez, and A. German. 1995. Características de una intoxicación alimentaria por clenbuterol. Med. Clin. 104 (14): 557.
- Underwood, J.E., y F.N. Suttle. 2002. Los minerales en la nutrición del ganado. Editorial Acribia. 3a edición. Zaragoza, España. 637 p.

- Van Hoof, N., R. Schilt, E. Van der Vlis, P. Boshuis, M. Van Baak, A. Draaijer; K. De Wasch, M. Van de Wiele, J. Van Hende, D. Courtheyn, and H. De Brabander. 2005. Detection of zilpaterol (Zilmax ®) in calf urine and faeces with liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Analytica. Chemica. Acta.* 529: 189 - 197.
- Vallejos, A. P., J. C. A. Zaragoza, y J. A. F. Parres 2007. Intoxicación por clenbuterol, Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica. Vol. 18, Núm. 24.
- Vergara A.D., Sanchez del R.C., Cadena, M.J.A., Mejenes Q. A.R., Aranda O.G. 2006. Memorias XXXIV Reunion Anual AMPA. Mazatlan, Sin. 422 p.
- Winterholler, S.J., G.L. Parsons, D.K. Walker, M.J. Quinn, J.S. Drouillard, B.J. Johnson. 2008. Effect of feedlot management system on response to ractopamine-HCl in yearling steers *J. Anim. Sci.* 86:2401-2414.
- Zorrilla, R. J., I. Morales, R. D. Liceaga, y V. R. Hernández 1998. Efecto del clorhidrato de zilpaterol en la cortabilidad de canales de toretes acebuzados finalizados con dietas a base de cebada forrajera, en XXXIV Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Querétaro, México.

CAPÍTULO I. COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE OVINOS SUFFOLK-HAMPSHIRE Y PELIBUEY EN FINALIZACION UTILIZANDO RACTOPAMINA EN LA DIETA.

RESUMEN

Se realizó un estudio con el objetivo de evaluar la ganancia de peso corporal, consumo de alimento y conversión alimenticia al adicionar clorhidrato de ractopamina (RAC) en la dieta de corderos en finalización. Se realizaron dos experimentos; en el primero se utilizaron 20 corderos machos Suffolk x Hampshire (S x H) con un peso inicial promedio de 37.01 ± 1.04 kg y en el segundo 28 corderos machos Pelibuey (PB) con un peso inicial promedio 28.37 ± 0.66 kg. La prueba de engorda en corral fue de 45 días con un periodo de finalización de 30 días. Los corderos se alojaron en corraletas con comedero y bebedero individual, el alimento se ofreció a las 08:00 y 16:00 horas y el agua a libre acceso. El RAC se administró en la etapa de finalización. El análisis estadístico se efectuó con el procedimiento GLM (SAS), usando un diseño completamente al azar con covariable. Los tratamientos fueron: T1) dieta base con 13.2 % de PC y 3.4 Mcal ED kg⁻¹ MS; conteniendo 58.3 % maíz quebrado, 21 % sorgo entero, 11.7 % pasta de soya, 1% rastrojo de maíz molido, 5 % de melaza, 3 % de premezcla mineral; T2) dieta base más 10 mg kg⁻¹ RAC (RAC100) ; T3) dieta base más 20 mg kg⁻¹ RAC (RAC200); T4) dieta base más 30 mg kg⁻¹ RAC (RAC300), y como covariable el peso inicial de los corderos. No existieron diferencias entre tratamientos de RAC en consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia ($P > 0.05$) en ambos experimentos, aunque se observó un incremento lineal en los corderos S x H fue de 47.6 ± 1.10 kg y presentó

diferencias ($P < 0.05$) entre ganancia de peso de corderos S x H al aumentar la dosis de RAC ($P < 0.02$). El peso final entre tratamientos favoreciendo a la dosis RAC300. En los corderos PB se obtuvo un peso final de 35.26 ± 0.16 kg sin presentar diferencias ($P > 0.05$) entre dosis de RAC, ni efectos polinomiales. Se concluye, que la adición de RAC en la dieta de corderos S x H y PB no mejoró las variables productivas evaluadas, pero mostró una tendencia lineal a incrementar la GDP con el aumento de la dosis de RAC.

Palabras claves: ovinos, ganancia diaria, ractopamina, Pelibuey, Suffolk x Hampshire

CHAPTER I. EFFECT OF RACTOPAMINE HYDROCHLORIDE ADDED TO THE DIET ON PERFORMANCE OF FINISHING SUFFOLK x HAMPSHIRE AND PELIBUEY SHEEP.

ABSTRACT

The aim of the present study was to evaluate body weight gain, feed intake and feed conversion with the addition of ractopamine hydrochloride (RAC) to the diet of finishing lambs. Two experiments were conducted; in the first one 20 male Suffolk x Hampshire (S x H) lambs with 37.01 ± 1.04 kg body weight, and in the second male Pelibuey (PB) lambs with 28.37 ± 0.66 kg body weight. The performance trial in a feedlot lasted 45 d with a finishing period of 30 d. Lambs were housed in individual cages, feed was offered at 08:00 and 16:00 h and water was offered *ad libitum*. The RAC was added in the final finishing stage. For the performance trial a complete randomized design was used and data was analyzed with GLM procedure (SAS). Treatments: T1) control diet with 13.2 % CP and 3.4 Mcal DE kg^{-1} DM; 58.3 % broken maize, 21 % whole sorghum, 11.7 % soybean meal, 1% mill maize straw, 5 % molasses, 3 % mineral premix; T2) control diet plus 10 mg kg^{-1} RAC (RAC100); T3) control diet plus 20 mg kg^{-1} RAC (RAC200); T4) control diet plus 30 mg kg^{-1} RAC (RAC300); initial weight was used as a covariate. There were no differences ($P>0.05$) between RAC treatments on feed intake, weight gain and feed conversion, for both experiments, although there was a lineal increase ($P<0.02$) in weight gain in S x H lambs as the RAC dose was increased. Final body weight in S x H lambs was 47.6 ± 1.10 kg and was different ($P<0.05$) between treatments favoring the RAC300 dose. In PB lambs the final weight 35.26 ± 0.16 kg was not different ($P>0.05$) between RAC doses, nor polynomial effect was shown. It is

concluded that RAC addition in the diet of S x H and PB lambs did not improve the evaluated performance traits, and however it showed a lineal tendency to increase daily weight gain as the RAC dose increases.

Key words: lambs, daily gain, ractopamine, Pelibuey, Suffolk x Hampshire

INTRODUCCIÓN

La demanda de carne ovina en el país ha tenido un gran incremento en la última década, sin embargo, la producción nacional es insuficiente para cubrir dicha demanda, recurriendo a importaciones masivas de otros países, tanto de animales en pie como de carne en canal (Arteaga, 2000). Esta ineficiencia del sector ovino nacional es consecuencia de un sistema de producción extensivo, basado en el pastoreo de gramíneas nativas de baja calidad nutricional (Cantú, 2007) y a la falta de una verdadera organización para aprovechar tecnologías modernas de manejo, alimentación, selección y control de enfermedades, propiciando con ello, que el tiempo a que los animales llegan al mercado se alargue (Bavera Ruiz, 2002).

El inventario ovino en el Estado de México supera el millón de cabezas y ocupa el segundo lugar a nivel nacional (SIAP, 2011) y su oferta al mercado es de corderos destetados y añejos, finalizados en pastoreo o en corral. Sin embargo, la demanda de animales en pie y canales supera a la oferta, por lo que es común la introducción de animales de otros estados, los cuales son sacrificados, con un peso promedio que fluctúa entre 40 a 50 kg, para su transformación en barbacoa.

Para incrementar la oferta de animales y la rentabilidad de las explotaciones ovinas se hace necesario un sistema de producción más intensivo y eficiente, que permita una mayor velocidad de crecimiento y una eficiente conversión alimenticia de los corderos, reduzca el tiempo de finalización y mejore la calidad de carne en canal (Iturbe, 2001; Cantú, 2007; Bavera, 2002). El uso de β -agonistas en la dieta de los corderos finalizados en corral, como la ractopamina (Smith y Shelver, 2002; Abney *et*

al., 2007; Quinn *et al.*, 2008), es una estrategia de alimentación para mejorar productividad de los rebaños y la calidad de carne.

Por lo anterior, los objetivos del estudio fueron: evaluar la ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia de corderos Pelibuey (PB) y Suffolk-Hampshire (SxH) al adicionar clorhidrato de ractopamina (RAC) en la dieta.

REVISIÓN DE LITERATURA

Sistemas de producción

La producción ovina en México se realiza principalmente en sistemas de pastoreo, con escasa tecnología y por consecuencia baja productividad (Cantú, 2007), los cuales presentan algunas diferencias según la región del país: en la región norte son comunes los sistemas de explotación tecnificados, basados en razas especializadas, por lo regular en grandes extensiones de tierra; la región centro utiliza áreas de conservación alrededor de las ciudades, zonas marginales, pequeños agostaderos y terrenos agrícolas con residuos de cosechas donde pastorean ovinos de diferentes genotipos, generalmente cruza Suffolk - Hampshire y razas de pelo. La región sur y sureste, con características tropicales, utiliza grandes áreas de pastoreo de zacates nativos y mejorados, con las razas Pelibuey y Black Belly y recientemente Dorper y Katahdin (Arteaga, 2006).

Los sistemas de producción generalmente se clasifican en extensivos, semi-extensivos e intensivos, cuyas características son las siguientes:

Sistemas extensivos. Generalmente el pie de cría, reemplazos y corderos se mantiene en un solo rebaño, sin ningún control reproductivo, lo que propicia que se

incremente la consanguinidad del rebaño. El manejo lo realiza comúnmente un pastor que lo mueve dentro de los potreros, en libre pastoreo y sin restricción de áreas. Los animales no reciben alimentación complementaria, salvo raras excepciones, cuando se aprovechan productos o subproductos agrícolas de la región. Generalmente las prácticas de manejo son mínimas y carecen de control sanitario. Las instalaciones son construidas con material de la región, en forma rústica, con poca higiene. Los ganancias de peso de los corderos son bajas, requiriendo más de un año para alcanzar el peso de mercado (Bores y Vega, 2003).

Sistemas semi-intensivos. Los animales pastorean en potreros durante la mañana y regresan al corral de encierro por la tarde. Reciben alimentación balanceada complementaria, los cercos y algunas prácticas de manejo permiten un mejor pastoreo de los animales. Las ganancias de peso fluctúan entre 90 y 100 gramos por día (Cano *et al.*, 2001).

Sistemas Intensivos. En estos sistemas pretenden hacer más eficiente la producción de carne y mejorar su calidad, enviando los animales al mercado en el menor tiempo posible. Los animales permanecen confinados todo el tiempo, la alimentación se brinda en los comederos y es adecuada para satisfacer los requerimientos del animal, tanto en calidad como en cantidad. Las instalaciones son funcionales y prácticas, con pisos de cemento que evitan los encharcamientos (Villalobos 2001).

Pruebas de comportamiento.

Estas permiten evaluar el crecimiento de corderos, una vez terminada la fase de destete y tienen como objetivo la identificación de futuros reproductores (Lehman, 1996). En esta prueba se evalúa, en forma individual, la ganancia de peso, conversión alimenticia y características de la canal, permitiendo comparar animales en similares condiciones de alimentación y manejo (Bourdon, 1997). Dado la heredabilidad de la ganancia y peso postdestete varía de moderada a alta, la selección de corderos al finalizar la prueba es un buen indicador de la información genética que poseen (Simm, 1992). Esta prueba se realiza tanto en condiciones de confinamiento como en pastoreo.

La prueba de comportamiento en corral, permite evaluar a los corderos en forma individual y con un manejo similar. Al inicio de la prueba, los animales se desparasitan, vitaminan y se les abre un registro productivo. Durante los primeros 15 días reciben una dieta de adaptación, posteriormente se les proporciona una dieta estándar y se inicia la toma de registros, en forma periódica, durante 60 días. La evaluación de animales en condiciones ambientales similares, permite asignar a cada animal un valor genético estimado, ya que su desempeño productivo es resultado de su calidad genética y del ambiente al cual fue expuesto (Goodwin, 1977).

En la prueba de comportamiento, la ganancia de peso diaria y total son características muy importantes, debido a su correlación genética alta con la eficiencia de transformación del alimento en carne. En esta de crecimiento, el individuo muestra su verdadero potencial genético, relativamente libre de la influencia materna y permite identificar animales sobresalientes, principalmente machos (Solís, 2002; Herrera *et al.*,

2003). Una de las ventajas de la prueba de comportamiento, es la evaluación de animales jóvenes, reduciendo el intervalo entre generaciones e incrementando el progreso genético por generación (Bourdon, 1977).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron dos experimentos en los corrales de engorda de ovinos del Colegio de Posgraduados, localizado en el Km. 36.5 de la carretera México-Texcoco, en Montecillo, México, a una altitud de 2240 m y clima (Cwo) (w) b (i') (g), que corresponde a un clima templado subhúmedo con lluvias en verano, época seca en invierno, con temperatura promedio anual de 15.2 °C y precipitación media anual de 635.5 mm (García, 1981).

El objetivo del estudio fue evaluar los efectos del clorhidrato de ractopamina (RAC) en el comportamiento productivo y características de la carne de ovinos Suffolk x Hampshire (S x H) y Pelibuey (PB). El experimento se realizó en dos periodos de 45 d: 10 de adaptación, 5 de transición y 30 de finalización (Cuadro 5), de noviembre a enero 2009-2010. En el primer experimento se utilizaron 20 corderos machos Suffolk x Hampshire, con un peso promedio de 37.01 ± 2.08 kg, y en el segundo experimento 28 corderos machos Pelibuey con un peso promedio de 28.37 ± 0.16 kg. En ambos experimentos el diseño experimental fue completamente al azar con cuatro tratamientos 0, 10, 20 y 30 mg kg⁻¹ de RAC en la dieta, en base a materia seca. Las dietas experimentales se suministraron *ad libitum* utilizando grano (maíz y sorgo) entero durante los 30 días de finalización (Cuadro 4), balanceados de acuerdo al NRC (1985). Las dietas fueron elaboradas en la planta de alimentos de la granja experimental del Colegio de Postgraduados. La cantidad de alimento ofrecido se determinó de acuerdo

con el consumo de los corderos; el alimento ofrecido y el rechazado se pesó diariamente y de manera individual, y por diferencia se determinó el consumo total por día por animal. El 60 % del total de alimento se ofreció a las 08:00 horas y 40 % a las 16:00 horas. Al finalizar la engorda los corderos fueron sacrificados y se evaluaron las características de la carne.

Cuadro 4. Composición nutricional de dietas experimentales

Ingredientes	Periodo		
	Inicio	Transición	Engorda
Maíz quebrado,	303	453	558
Sorgo entero,	300	250	200
Pasta de soya,	137	127	117
Melaza,	50	50	50
Rastrojo de maíz,	180	90	45
Sales minerales ‡ (ovino 250), %	30	30	30
Composición química	Inicio	Transición	Engorda
Materia Seca,	91.35	91.49	91.63
EN de mantenimiento, Mcal kg ⁻¹	1.75	1.8	1.85
EN de ganancia, Mcal kg ⁻¹	1.2	1.23	1.25
PC,	13	12.91	12.75
FDN,	23.08	23.52	23.83
FDA,	16.5	16.8	16.8
Extracto etéreo,	4.87	6.28	7.71

Ca,	0.72	0.72	0.73
P,	0.32	0.31	0.31

‡ Ca, 19.6 %; P, 2.1 %; K, 1 %; Cl, 10 %; Mg, 0.7 %; Na, 7 %; S, 0.11 %; Co, 10ppm; Cu, 500ppm; I, 64ppm; Fe, 815ppm; Mn, 1280ppm; Se, 20ppm; Zn, 1800ppm.

† Ca, 9 %; Mg, 10.8 %; Na, 10 %.

¶EN, energía neta.

PC, proteína cruda; FDN, fibra detergente neutro; FDA, fibra detergente ácido.

Los corderos fueron alojados en corraletas individuales con una superficie de 2 x 2 m, con techo de lámina, piso de cemento, bebederos automáticos y comederos semi-fijos.

En la recepción, los corderos recibieron agua limpia y paja de cebada a libre acceso. Al siguiente día se realizó la identificación, desparasitación y suministro de vitaminas a cada cordero. La identificación se hizo con una pinza aretadora en la oreja izquierda y aretes con numeración progresiva. Para la desparasitación se aplicó 1mL ivermectina kg⁻¹ de peso del animal al 1 %, en forma subcutánea (Iverject F, Laboratorio Avilab, endectocida y fasciolacida de amplio espectro). La vitamina se aplicó en dosis de 0.5 mL de vitaminas kg⁻¹ de peso del animal A, D y E (ADE Phorte, Laboratorio Salud y Bienestar Animal). En la vacunación se aplicó 1 mL kg⁻¹ por animal de ultravac 7 con cepas de *Clostridium perfringens* (Bacterina Triangulo-8vias, Laboratorio Fort Dodge).

Los corderos fueron pesados cada 15 d en una báscula mecánica con capacidad de 120 kg, el peso se registró hasta el final de la engorda. Previo al sacrificio los animales se dietaron por 16 h, ofreciendo únicamente agua a libre acceso. La ganancia diaria de peso se obtuvo de la diferencia entre el peso final menos el peso inicial, dividido entre el número de días en engorda; la conversión alimenticia dividiendo el

consumo total del alimento entre las ganancia total de peso de cada animal por tratamiento.

Análisis estadístico

Los datos de las variables evaluadas se analizaron como un diseño completamente al azar, con peso inicial como covariable. Los tratamientos considerados en el análisis fueron los cuatro niveles de RAC (0, 10, 20 y 30 g t⁻¹). El análisis del comportamiento de las variables se realizó ajustando un polinomio de tercer grado a los datos. Para fines del análisis estadístico, cada corral con un animal se consideró como una unidad experimental y hubo tuvieron cinco y siete repeticiones por tratamiento, para S x H y P. Se obtuvieron las medias de mínimos cuadrados y se hicieron comparaciones entre ellas usando la prueba de Tukey (P<0.05). El análisis de varianza de los datos se realizó usando el programa SAS (2003)

Modelo estadístico asociado al diseño:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta (X_{ij} - X_{..}) + \xi_{ij} \quad i=1,2,3,4 \quad j=1,2,3,5$$

donde:

Y_{ij} = Variable respuesta en tratamiento i, repetición j (peso, ganancia, consumo, conversión.....).

μ = Media general.

τ_i = Efecto del tratamiento i (niveles de ractopamina).

β = Coeficiente de regresión.

$(X_{ij} - X_{..})$ = Peso inicial, expresado como desviación de la media.

ξ_{ij} = Error aleatorio; $\xi_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$

RESULTADOS Y DISCUSION

Experimento 1. Ovinos Suffolk-Hampshire (S x H).

Los resultados de la adición de diferentes dosis de RAC a la dieta de engorda de corderos S x H se muestran en el Cuadro 5. Se observa que la adición de RAC únicamente influyó en el peso final, la cual se incrementó linealmente al aumentar la dosis de RAC ($P < 0.03$).

Cuadro 5. Comportamiento productivo en ovinos Suffolk x Hampshire en finalización con adición de clorhidrato de ractopamina en la dieta.

Suffolk x Hampshire	Tratamiento				EEM	Efectos		
	0	10	20	30		L	C	Cub
						P > F		
Peso Inicial (kg)	32.4 ^b	40.7 ^a	40.0 ^a	34.9 ^b	2.1	0.49	0.01	0.64
Peso Final (kg)	41.8 ^b	50.8 ^a	51.4 ^a	46.4 ^{ab}	2.2	0.69	0.01	0.78
GPT (kg)	9.4	10.1	11.4	11.5	0.7	0.03	0.66	0.62
GDP (g)	0.31	0.34	0.38	0.38	0.1	0.03	0.66	0.62
Consumo (kg)	54.06	54.08	54.32	54.10	0.2	0.72	0.43	0.42
CA (kg)	5.8	5.3	4.8	4.7	0.3	0.02	0.67	0.63

^{a, b} Medias en una hilera con diferente literal, son diferentes, ($P \leq 0.05$); EEM = error estándar de la media; L=efecto lineal; C=efecto cuadrático; Cub=efecto cúbico; ractopamina: 0 g animal⁻¹d⁻¹, 10 g animal⁻¹d⁻¹, 20 g animal⁻¹d⁻¹, 30 g animal⁻¹d⁻¹.

La ganancia de peso y el consumo de alimento no fueron diferentes entre niveles de RAC en la dieta ($P > 0.05$). La conversión alimenticia presentó una tendencia a disminuir ($P = 0.12$), en la medida que se incrementó en nivel de RAC.

Experimento 2. Ovinos Pelibuey (PB).

En el Cuadro 6, se muestran los resultados de la adición de RAC a la dieta de corderos PB. Se observa, que la adición de RAC no afectó las variables productivas evaluadas ($P > 0.05$), ni se observó una tendencia definida por la adición creciente de RAC.

Cuadro 6. Comportamiento productivo en ovinos Pelibuey en finalización con adición de clorhidrato de ractopamina en la dieta.

Pelibuey	Tratamiento				EEM	Efectos		
	0	10	20	30		L	C	Cub
						P > F		
Peso Inicial (kg)	30.1	28.4	28.0	27.1	1.3	0.07	0.68	0.81
Peso Final (kg)	36.6	35.1	35.3	34.1	1.3	0.20	0.93	0.60
GPT (kg)	6.5	6.8	7.3	7.0	0.7	0.29	0.54	0.61
GDP (g)	0.21	0.22	0.22	0.23	0.1	0.29	0.54	0.61
Consumo (kg)	36.66	36.35	35.69	36.29	0.2	0.29	0.74	0.17
CA (kg)	5.7	5.4	4.9	5.2	0.3	0.23	0.42	0.56

^{a, b} Medias en una hilera con diferente literal, son diferentes, ($P \leq 0.05$); EEM = error estándar de la media; L=efecto lineal; C=efecto cuadrático; Cub=efecto cúbico; ractopamina: 0 g animal⁻¹d⁻¹, 10 g animal⁻¹d⁻¹, 20 g animal⁻¹d⁻¹, 30 g animal⁻¹d⁻¹.

Comparación entre genotipos evaluados.

Cuando se contrastan los genotipos evaluados S x H y PB, se observa (Figura 1) que la cruce S x H supera ampliamente en GDP a los corderos PB, cuyos valores fueron 312, 338, 380 y 383 g animal⁻¹d⁻¹ y 210, 220, 224 y 230 g animal⁻¹d⁻¹ respectivamente para cada genotipo, cuando se utilizaron dosis crecientes de RAC.

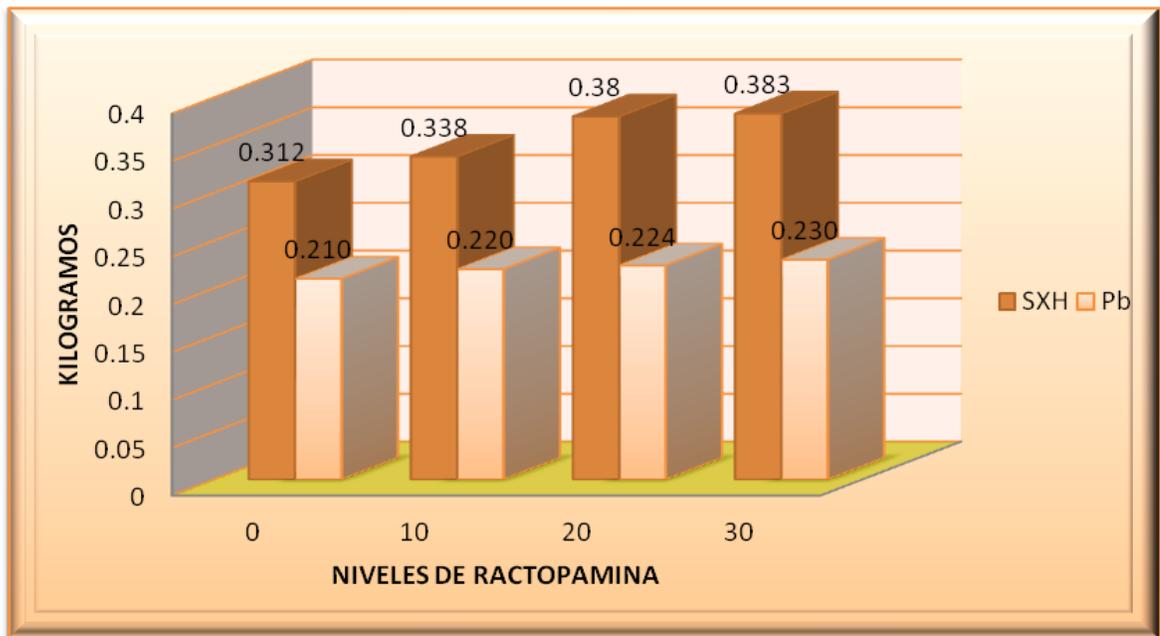


Figura 3. Ganancia de diaria de peso en ovinos Suffolk x Hampshire y Pelibuey en finalización con adición de clorhidrato de ractopamina en la dieta.

Como se observa en la Figura 3, los ovinos Suffolk x Hampshire presentaron una ganancia diaria de peso superior al adicionar RAC300 contra el testigo (383 vs 312). Nourozy et al. (2008) muestran mayores diferencias en GDP y eficiencia de la alimentación de corderos de lana alimentados con metaproterenol en comparación con terbutalina. Caro et al (1999), obtuvieron en corderos Suffolk sacrificados a los 17,4 kg (36 días) y 29,6 kg (57 días) de peso vivo, ganancias de peso diario de 369 y 446

gramos/día respectivamente. Buxade (1998), señala ganancias de peso diario en las razas de aptitud de carne como Suffolk entre 310 y 320 gr/día. Bores et al (2002) obtuvo ganancia diaria de peso en Hampshire de 191 g y Suffolk 185 g en comparación con Dorset de 182 g/día. Koohmaraie (1991) realizó estudios con L 644-969 en borregos Dorset-Romonov sin encontrar diferencias en ganancias diarias de peso y conversión alimenticia. Rikhardsson *et al* (1991), usando corderos Suffolk con dosis de 0.5 mg Cimaterol/kg peso corporal durante 70 días obtuvieron ganancias de peso 174 vs 107g/d con respecto al testigo sin presentar diferencias ($P > 0.05$). De la Cruz *et al.* (2005) encontraron pesos finales de 64.4 kg en ovinos Hampshire, 59.2 kg en Dorset y 66 kg en Suffolk y GDP de 450, 420 y 370 g/d, respectivamente.

De igual manera, en la figura 3 se muestra el comportamiento de corderos Pelibuey a los que se adicionó RAC, mismos que mostraron tendencia a mayores ganancias diarias de peso al adicionar RAC300 contra testigo 230 vs 210, sin tener diferencias ($P > 0.05$). Baker *et al.* (1984) utilizó clenbuterol en ovinos de pelo y con un tratamiento de 2 ppm en la dieta, comparado con el testigo obtuvieron 263 vs 212 g de GDP, Marshall *et al.* (2001) encontraron una GDP de 130 g/día con una dieta a base de heno y suplementación con gallinaza y harina de soya en borregos Pelibuey. Estrada *et al* (2008) con borregos Pelibuey en el que utilizaron Clorhidrato de Zilpaterol (CZ) tendieron a ganar más que el testigo 210 vs 247 g/día, Salinas-Chavira (2006) utilizo CZ en dosis de 4.35 y 6.0 microgramos CZ/g MS con ovinos Pelibuey y obtuvo ganancia diaria promedio de 365 y 347 g/día y determino diferencias ($P < 0.05$).

En estudios similares, Salinas Chavira et al. (2004), observó un aumento en el CMS y GDP con la suplementación de Zilpaterol en ovinos Pelibuey en comparación

con el testigo ($P < 0,05$) y por otro lado Felix et al. (2005) no observó efecto sobre la CMS en la misma raza de corderos y de nivel similar de Zilpaterol en la dieta que las utilizadas por Salinas Chavira et al. (2004). Bañuelos (2007) en un estudio con ovinos de pelo utilizó CZ y observó mejora en la GDP (321 vs 238) y en la CA 4.62 vs 5.76 a favor de los animales que recibieron el β -AA, y no observó efecto en el consumo de alimento. Bustamante (2002) con una dieta a base de forraje y concentrado en ovinos Pelibuey encontró GDP de 128 g/d y una GPT de 11.9 kg. Lopez et al (2003) utilizaron CZ en Pelibuey obteniendo mejores aumentos de peso en el grupo que se adicionó el β -AA.

Por otro lado el consumo de materia seca, la ganancia diaria de peso y la conversión alimenticia sin ningún efecto son respuestas que coinciden con este experimento y con la suplementación de zilpaterol en ganado de engorda (Garza, 1997; Plascencia et al, 1999, Avendaño-Reyes et al, 2006).

Otros estudios han demostrado aumentos en GDP en corderos suplementados con β -AA como el cimaterol (Beermann *et al.*, 1987), el clenbuterol (Hamby et al 1986), y el L644, 969 (Pringle *et al.*, 1993), pero el nivel de las respuestas son variables entre ellos.

De acuerdo con lo anterior hay pocos informes disponibles acerca de los efectos de los β -AA en la engorda de corderos y los resultados son contradictorios en otras especies. En otras especies la respuesta al tratamiento ha mejorado con la madurez de los animales (Moody, 2000). Mersmann (1998) menciona que los factores internos y externos podrían influir en los resultados cuando un se pone a prueba un β -agonista.

Los resultados en las investigaciones de corderos que reciben β -AA son inconsistentes a pesar de utilizar razas similares y dietas comunes en engorda en corral.

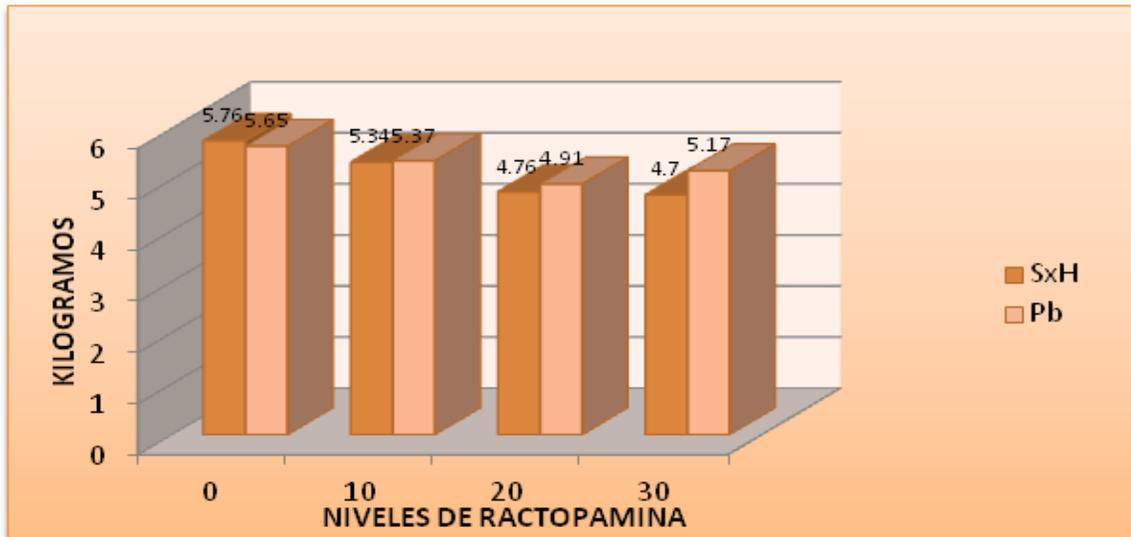


Figura 4. Conversión alimenticia en ovinos Suffolk x Hampshire y Pelibuey en finalización con adición de clorhidrato de ractopamina en la dieta

En esta investigación la ganancia total de peso (GTP) durante los 30 d de finalización para Suffolk x Hampshire fue 9.380 kg, 10.340 kg, 11.400 kg y 11.500 kg y en Pelibuey 9.64 kg, 10.07 kg, 10.47 kg y 10.87 kg para T1, T2, T3 y T4. La conversión alimenticia en ovinos Suffolk x Hampshire de T4 comparado con el testigo fue 4.78 vs 5.80 y en ovinos Pelibuey 5.17 vs 5.64, pero no hubo diferencias ($P>0.05$).

CONCLUSIONES

Con base en los resultados en este estudio se puede concluir que la adición de RAC a diferentes dosis no afecta el consumo de alimento, la ganancia de peso y la conversión alimenticia en ovinos Suffolk x Hampshire y Pelibuey en la etapa de finalización, en confinamiento.

LITERATURA CITADA

- Abney, C.S., J.T. Vasconcelos, J.P. McMeniman, S. A. Keyser, K. R. Wilson, G.J. Vogel, M.L. Galyean. 2007. Effects of ractopamine hydrochloride on performance, rate and variation in feed intake, and acid-base balance in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 85:3090-3098.
- Allen, P., F. Quirke, P.V. Tarrant. 1986. Effects of cimaterol on the growth, food efficiency and carcass quality of friesland cattle. *In: J.P. Hanrahan (ed). Beta-agonist and their effects on animal growth and carcass quality. Elsevier Applied Sci. London. pp: 86-92 .*
- Anaya, A. D. L., G. M. Guevara, y S. O. Argudin. 2005. Comportamiento productivo de ovinos engordados en corral utilizando clorhidrato de zilpaterol en el alimento. *Arch. Latinoam, Prod, Anim.* 13 (1):190.
- AMCO. 2007 Asociación Mexicana de Criadores de Ovinos.
<http://www.asmexcriadoresdeovinos.org/> , consulta junio-2011
- Arteaga, C. J. de D. 1998. Comercialización del ovino de pelo en México. *In: Memoria del II Simposium de ovinos de pelo en Tamaulipas. 1º de octubre. INIFAP-SAGAR, Cd. Victoria Tamps., México.*
- Arteaga, C. J de D. 2000. Estado actual y comercialización de ovinos de pelo en México. *In: Memorias de la primera jornada técnica de ovinocultura. 12 de febrero. Asociación Ganadera Local de Ovinocultores de la Zona Centro de Tamaulipas. Universidad Autónoma de Tamaulipas. Cd. Victoria Tamps. México.*
- Arteaga, C. J de D. 2003. La industria ovina en México. *In: Memorias del primer simposium internacional de ovinos de carne. Desafíos y oportunidades para la*

ovinocultura en México ante los nuevos esquemas de mercado abierto. Pachuca de Soto, Hgo. pp: 1-7.

Arteaga, C.J de D. 2006. La industria ovina en México. Disponible en : <http://www.inifap.gob.mx/noticia/MEMORIA-SIMPOSIUM-OVINO>. Accesado el 17 de Octubre del 2006.

Avendaño, R.L., R.V. Torres, M.F.J. Meraz, L.C. Pérez, S.F. Figueroa, P.H. Robinson. 2006. Effects of two B-adrenergic agonists on finishing performance, carcass characteristics, and meat quality of feed lot steers. J. Anim. Sci. 84:3259-3265.

Baker, K.P., R.H. Dalrymple, D.L. Ingle, C.A. Ricks. 1984. Use of B-adrenergic agonist to alter muscle and fat deposition. J. Anim. Sci. 59:1256-1261.

Bavera Ruiz, A. 2002. La industria cárnica ovina. Manual para la educación agropecuaria. Editorial Océano. México, D.F. p. 102-123.

Beerman, D.H., T.F. Robinson, D.E. Hogue. 1995. Impact of composition manipulation on lean lamb production in the United States. J. Anim. Sci. 73:2493-2502.

Beermann, D.H., 2009. ASAS Centennial paper: a century of pioneers and progress in meat science in the United States leads to new frontiers. J. Anim. Sci. 87: 1192–1198.

Bianchi, G., O. Bentancur, y C. Sañudo. 2004. Efecto del tipo genético y del tiempo de maduración sobre la terneza de la carne de corderos pesados. Agrociencia. VIII, (1): 41-50.

Bickerstaffe, R. 1996. Proteases and meat quality. The proceeding of the New Zealand Society of Animal Production. 56. 153 - 162.

- Bores Q., R. F. y C. A. Vega y M. 2003. La investigación pecuaria ante los retos y desafíos de la ovinocultura en México. Desafíos y oportunidades para la ovinocultura en México ante los nuevos esquemas de mercado abierto. 17-19 de noviembre. Pachuca Hgo. Pp: 80-95.
- Bourdon, R. M. 1997. Understanding Animal Breeding. Prentice Hall. Upper Ladle River, Nj, USA. 523 p.
- Cantú Basañez, J. E. 2007. La Rentabilidad de la Cría de ovinos en América Latina. Tercera Edición. Editorial Iberoamericana. Zaragoza. España. p. 34-45.
- Cardoso, L.A. and M.J. Stock. 1998. Effects of clenbuterol on endocrine status and nitrogen and energy balance in food-restricted rats. J. Anim. Sci. 76:1012-1018.
- Cardoso, L.A., Taveira, O., 2002. Effect of clenbuterol on growth, nitrogen and energy balances and endocrine status in food-restricted sheep. J. S. Afr. Vet. Assoc. 73:127–130.
- Cano, B. J., T. J. De Lucas y R. G. Valenzuela. 2001. Crecimiento comparativo entre corderos alimentados en pastoreo y en corral de engorda. Memoria del 2º congreso latinoamericano de especialistas en pequeños rumiantes y camélidos sudamericanos, XI Congreso nacional de producción ovina. 22 al 25 de mayo. Mérida, Yucatán, México.
- Cañeque, V. y C. Sañudo. 2000. Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes. Ministerio de Ciencia y Tecnología-INIA, Madrid. 255p.
- Castellanos, R. A. F., R. J. G. Rosado, G. L. A. Chel y A. D. A. Betancur. 2006. Empleo del zilpaterol en novillos con alimentación intensiva en Yucatán, México. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 14, (2): 56 - 59.

- Chacón, A. 2004. La suavidad de la carne: implicaciones físicas y bioquímicas asociadas al manejo y proceso agroindustrial, *Agron Mesoamericana*. 15 (2): 225 – 243.
- Drennan, W. G. 1994. Clembuterol not approved for use in cattle in Canada. *Can. Vet. J.* 35: 474.
- De la Cruz C. L., G Torres H., R. Núñez D. Y C Becerril P. 2005. Evaluación de características productivas de corderos hampshire, Dorset y sulffok en pruebas de comportamiento en hidalgo.
- De Lucas T. J. y Arbiza A. S. 2010. Producción ovina en el mundo y México. Editores Unidos Mexicanos S.A. 342 p.
- Dikeman, M. E. 2007. Effects of metabolic modifiers on carcass traits and meat quality. *Meat. Sci.* 77: 121 - 135.
- Ekpe, E. D.; J. A. Moibi and R. J. Christopherson 1999. Beta-adrenergic receptors in skeletal muscles of ruminants: Effects of temperature and feed intake. *Can. J. Anim. Sci.* 80: 79 - 86.
- Elanco, Guía Técnica, 2003. Laboratorio Elanco Animal Health. México D.F. 38p.
- Etherton, T.D., 2009. ASAS centennial paper: animal growth and development research, historical perspectives. *J. Anim. Sci.* 87: 3060–3064.
- FAO. 2010. <http://www.fao.org/corp/statistics/es/> consulta enero de 2011.
- Felix, A.A., A. Estrada, F.G. Ríos, C.H. Ramos, A.B. Perez. 2005. Effect of zilpaterol clorhidrate on growth performance and carcass traits in finishing sheep. *J. Anim. Sci.* 83 (1):63.

- Ferguson, S. 2001. Evolving concepts in G protein coupled receptor endocytosis: The role in receptor desensitization and signaling. *Pharmacol. Rev.* 53:1 - 24.
- Ganong, W. F. 2001. Fisiología médica. 18ª edición en español, Manual Moderno. México, D. F. 980 p.
- Garcés, Y. P.; M. R. Zinn; A. M. Rebolledo y C. C. Abreu. 1998. Efectos del clorhidrato de zilpaterol sobre la ganancia de peso y características de la canal de toretes finalizados en pastoreo, en Memoria de la Reunión Científica de la XXXIV Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Querétaro, México. 144 p.
- García D., F.J. Garza D. 2003. Efecto del Incremento de energía y/o proteína en dietas adicionadas con Clorhidrato de Zilpaterol para bovinos en finalización. XI Congreso AMENA y I del CLANA. Can Cun, Quintana Roo, México. 436 p.
- García, G. (edit). 1986. Producción Ovina. Facultad de Ciencias Agrarias, Dep. De Producción Animal, Universidad de Chile. 344 p.
- Garza, F. J. D.; C. J. H. Ramírez; T. H. Montgomery y F. J. Garza 1997. Comportamiento productivo y características de canal en vaquillas de engorda suplementadas con zilpaterol en condiciones comerciales. XXXIII Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Veracruz, México. 580 p.
- Geesink, G. H., F. J. M. Smulders, J. M. Van Laack, J. H. Van der Kolk, and H. J. Breukink 1993. Effects on meat quality of the use of clenbuterol in veal calves. *J. Anim. Sci.* 71: 1161 - 1170.
- Gómez, M. J. 2008. Alternativas de mercado para la carne ovina en México. Smposium internacional, producción de carne ovina. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

- Gooldwin, T. H. 1977. Producción y manejo del ganado vacuno para carne. Traducción de Pedro Ducar M. Ed. ACRIBIA. Primera Edición. Zaragoza, España. 218 p.
- Gürdal, H., R. A. Bond, M. D. Jonhanson, E Friedman, and H. O. Onaran. 1997. An efficacy-dependent effects of cardiac overexpression of β_2 - adrenoceptor on ligand affinity in transgenic mice. *Mol. Pharma.* 52: 187-194.
- Gutiérrez O., E. 2000. Alimentos y alimentación del rebaño ovino. In: Memoria de la Primera Jornada Técnica de Ovinocultura. 12 de febrero. Asociación Ganadera Local de Ovinocultores de la Zona Centro de Tamaulipas, Universidad Autónoma de Tamaulipas. Cd. Victoria, Tamps., México. Pp. 3- 17.
- Hernández Muñoz, A.; P. Estrada Ramos e I. Torres Tijerina. 2005. Efecto de la proteína en la canal ovina. Memorias del III Simposio sobre Rumiantes. Guadalajara. Jalisco México. p. 78-89.
- Herrera H. J. G., C. Lemus y A. Barreras. 2003. Mejoramiento genético animal. Un enfoque aplicado. 1ª- edición. Colegio de postgraduados. Programa de ganadería. Montecillo. Texcoco, Edo de México. 151 p.
- Iturbide Ruiz, J. 2001. Las necesidades nutritivas y requerimientos de los ovinos de carne y lana. Editorial porrua. Zaragoza, España. p. 145-201.
- Johnson, B.J. 2004. B-adrenergic agonists: efficacy and potential mode of action in cattle. *Proc. Plains Nutr. Council Spring Conf.* April 15-16, San Antonio, Texas. pp 51-61.
- Johnson, B.J., Chung, K.Y., 2007. Alterations in the physiology of growth of cattle with growth-enhancing compounds. *Vet. Clin. Food. Anim.* 23: 321–332

- Kawas, G.J. 2005. Alimentación de ovinos en corrales de engorda. Memorias 3er ciclo de conferencia La producción ovina en Nuevo León.
- Kawas, J.R. y J.E. Houston. 1990. Nutrient requirements of hair sheep in tropical and subtropical regions. In: hair sheep production in tropical and sub-tropical regions.
- Koohmaraie, M., S.D. Shackelford, N.E. Mugglit, R.T. Stone.1991. Effect of the beta-adrenergic agonist L-644,969 on muscle growth, endogenous proteinase activities, and postmortem proteolysis in wether lambs. J. Anim. Sci. 69: 4823-4835.
- Koohmaraie, M., S.D. Shackelford, T.L. Wheeler. 1996. Effects of a beta-adrenergic agonist (L-644,969) and male sex condition on muscle growth and meat quality of callipyge lambs J. Anim. Sci. 74: 70-79
- Kuiper, H. A.; M. Y. Noordam; M. M. H. Dooren–Flipsen; R. Van Schilt and A. H. Roos 1998. Illegal use Beta-adrenergic agonist, J. Anim. Sci. 76: 195 - 207.
- Lehman, J.A. 1996. Performance Tested Ram Lambs. Bulletin. Iowa Ram Test Association. Purebreed and Comercial Ewe Lambs. Eldora, Iowa. 10 p.
- Li, Y. Z., B. T. Cristopherson, 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 (4): 605 – 613.
- Lindsay, D. B., R. A. Hunter, C. Gazzola, W. G. Spiers and M. N. Sillence. 1993. Energy and growth. Aust. J. Agric. Res. 44:875-899.
- López-Carlos, M.A., R.G. Ramírez, J.I. Aguilera-Soto, C.F. Aréchiga, F. Méndez-Llorente, H. Rodríguez, J.M. Silva. 2010. Effect of ractopamine hydrochloride and

zilpaterol hydrochloride on growth, diet digestibility, intake and carcass characteristics of feedlot lambs. *Livestock Sci.* 131: 23–30

López, Z. R.; S. O. Argudín y A. D. Anaya. 2003. Efecto de un β -adrenérgico solo y combinado, sobre aumento de peso, grasa dorsal y área de rib eye en ovinos Tabasco. *Memorias XXVII Congreso Nacional de Buiatría*. pp. 240-241.

Lopez R. 2007. La ovinocultura, una industria en ciernes que promete buenos resultados. Facultad de MVZ. UAT.

<http://fmvz.uat.edu.mex./investigacion/alfabetico/ovinos2.pdf> consulta julio 2011.

Medina Alba, G.; A. González Sánchez y T. Pérez San Román. 2004. Características permisibles para la clasificación de la canal ovina. *Memorias III congreso Nacional de Ovinos Tropicales*. México. D.F. p.134-141.

Medrano J. 2000. Recursos animales locales del centro de México. *Arch. Zootec.* 49, (187): 385-390.

Mendoza, M.G. y R. Velasco. 1993. Alimentos de ganado bovino con dietas altas en granos. UAM. Unidad Xochimilco. México. 97 p.

Mersmann, H. J. 2002. Beta-Adrenergic receptor modulation of adipocyte metabolism and growth. *J. Anim. Sci.* 80: E24-E29.

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

Mijares, A., D. Lebesgue, G. Wallukat, and J. Hoebeke. 2000. From agonist to antagonist: Fab fragments of an agonist-like monoclonal anti β_2 - adrenoceptor antibody behave as antagonist. *Molec. Pharma.* 58:373-379.

- Miller, M. F., D. K. García, M. E. Coleman, P. A. Ekeren, D. K. Lunt, K. A. Wagner, M. Procknor, T. H. Welsh, and S. B. Smith. 1988. Adipose tissue, longissimus muscle and anterior pituitary growth and function in Clenbuterol - fed heifers. *J. Anim. Sci.* 66:12 – 20.
- Mills, S., and H. J. Mersmann. 1995. Beta-adrenergic agonists, their receptors, and growth: Special reference to peculiarities in pigs, en Smith, S. B. y D. R. Smith (eds.). *The biology of fat in meat animals: current advances*. American Society of Animal Science. Champaign. USA.
- Mills, S. E., M. E. Spurlock, and D. J. Smith. 2003. B-adrenergic receptor subtypes that mediate ractopamine stimulation of lypolisis. *J. Anim. Sci.* 81: 662-668.
- Mitchell, G. A. and G. Dunnavan. 1998. Illegal use of B-adrenergic agonists in the United States. *J. Anim. Sci.* 76: 208 - 211.
- Mohammadi, M., M. Abazari, and M. Nourozi 2006. Effects of two beta-adrenergic agonists on adipose tissue, plasma hormones and metabolites of moghani ewes, *Small Rumin. Res.* 63: 84 - 90.
- Moloney, A.P., P. Allen, D.B. Ross, G. Olson, E.M. Convey. 1990. Growth, feed efficiency and carcass composition of finishing friesan steers fed the β 2-adrenergic agonist L- 644,969. *J. Anim. Sci.* 68:1269-1277.
- Moody, D.E., D.L. Hancock, D.B. Anderson. 2000. Phenethanolamine repartitioning agents. In. J.P.F. D'Mello (ed) *Farm Animal Metabolism and Nutrition*. CAB International. pp: 65-96.

- Moody, D.E., D.L. Hancock, D.B. Anderson. 2009. Phenethanolamine repartitioning agents. In. J.P.F. D'Mello (ed) Farm animal metabolism and nutrition. CAB International. pp: 65-96.
- Mondragón, A. J. 2008. Efecto de la concentración de clorhidrato de zilpaterol sobre el crecimiento, características de la canal y calidad de la carne de ovinos en engorda intensiva. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Mondragón A.J., I. A. Dominguez-Vara, J. M. Pinos-Rodriguez, M. Gonzalez, J. L. Borquez, A. Dominguez & M. L. Mejia. 2010. Effects of feed supplementation of zilpaterol hydrochloride on growth performance and carcass traits of finishing lambs. *Acta Agriculturae Scand Section A* 60: 47 - 52
- Nash, J.E., Rocha, H.J., Buchan, V., Calder, G.A., Milne, E., Quirke, J.F., Lobley, G.E., 1994. The effect of acute and chronic administration of the betaagonist, cimaterol, on protein synthesis in ovine skin and muscle. *Br. J. Nutr.* 71:501–513.
- Nourozi, M., Abazari, M., Raisianzadeh, M., Mohammadi, M., ZareShahne, A., 2005. Effect of terbutaline and metaproterenol (two beta-adrenergic agonists) on performance and carcass composition of culled Moghani ewes. *Small Rumin. Res.* 74: 72–77.
- NRC, 1985. *Nutrient Requirements of Sheep (6th Revised Ed.)*. National Academy Press, Washington, D.C. 99 p.
- NRC, 2001. *Metabolic modifiers. Effects on the nutrient requirements of food-producing animals*. National Academy Press, Washington, DC. 96p.

- Oksbjerg, N.; J. A. Fernández; H. Jorgensen; O. H. Olsen; T. Rulph and N. Agergaard
1996. Effects of salbutamol on protein and fat deposition in pigs fed two levels of
protein. *J. Anim. Physio. and Anim. Nutri.* 75, (1): 1 - 12.
- Plasencia, A., N. Torrentera, A.R. Zinn. 1999. Influence of the β -agonist zilpaterol, on
growth performance and carcass characteristics of feedlot steers. *Proc. West.
Sect. Am. Soc. Anim. Sci.* 50: 331-334.
- Perezgrovas, G. 1998. Comparación de recursos genéticos: El borrego de Chiapas
(México) y las razas autóctonas de origen español. *Arch. Zoot.* 47: 425-430.
- Pringle, D., C.R. Calkins, M. Koohmaraie, S.J. Jones. 1993. Effects over time of feeding
a beta-adrenergic agonist to wether lambs on animal performance, muscle
growth, endogenous muscle proteinase activities, and meat tenderness. *J. Anim.
Sci.* 71: 636-644.
- Quinn, M.J., C.D. Reinhardt, E.R. Loe, B.E. Dejenbusch, M.E. Corrigan, M.L. May, J.S.
Drouillard. 2008. The effects of ractopamine-hydrogen chloride (Optaflexx) on
performance, carcass characteristics, and meat quality of finishing feedlot heifers.
J. Anim. Sci. 86:902-908.
- Ramos, F., e M. I. N. da Silveira. 2001. Agonistas adrenérgicos β_2 e producao animal:
II. Relacao estrutura-atividade e farmacocinetica. *Rev. Port. Cienc. Vetr.* 96:
167-175.
- Ricks, C. A.; P. K. Baker and R. H. Dalrymple. 1984. Use of repartitioning agents to
improve performance and body composition of meat animals. *Proc. Reciprocal
Meat. Conf.* 37:5 - 11.

- Rikhardsson, G., K.A. Johnson, D.E. Johnson. 1991. Effects of cimaterol on energetics and carcass characteristics of Suffolk ewe lambs. *J. Anim. Sci.* 1991. 69: 396-404.
- Rincón, F.G.R., S.A. Barreras, A.J.F. Estrada, J.F. Obregón, J.A. Plascencia, L.J. Portillo, R.A. Zinn. 2010. Effects of level of dietary zilpaterol hydrochloride (β -agonist) on performance, carcass characteristics and visceral organ mass in hairy lambs fed all-concentrate diets. *J. Appl. Anim. Res.* 38 (1):33-38.
- Rios R.F.G., Robles, E.J.C., Obregon, J.F.O. Estrada, A.A., Contreras, P.G. y Portillo, L.J.J. 2009. Efecto de dos agentes β -agonistas en la respuesta productiva y características de la canal de ovinos de pelo en finalización. *Memorias XXXIV Reunión Anual de la AMPA.*
- Rodríguez, A.F.A. 2005. Programa de mejoramiento Genético. Cría de ovinos productores de carne en el norte de México. Tecno publicaciones S DE R.L.MI. 89 p.
- Romero, M.M., J.M.R. Pinos, J.G.H. Herrera, J.C.L. García, A.Z.M. Salem, R. Barcena, G. Alvarez. 2009. Influence of zilpaterol and mineral-yeast mixture on ruminal fermentation and growth performance in finishing steers. *J. Appl. Anim. Res.* 35:77-81.
- SAGARPA. 2011. <http://www.sagarpa.gob.mx/>. Consulta junio,2011.
- SIAP. 2011. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <http://www.siap.gob.mx/>. Consulta enero, 2011.

- Salinas-Chavira, J., Ramirez, R.G., Dominguez-Muñoz, M., Palomo-Cruz, R., López-Acuña, V.H., 2004. Influence of zilpaterol hydrochloride on growth and carcass characteristics of Pelibuey lambs. *J. Appl. Anim. Res.* 26: 13–16.
- Salinas, C. J., M. M. Domínguez, M. R. Díaz, B. P. Cruz, G. M. F. Montaña, and A. C. Arzola 2006. Effect of duration of zilpaterol hydrochloride treatment on carcass characteristics and weight Gain in grazing Pelibuey lambs, *J Appl Anim Res.* 29.
- Serrano, C. J., A. C. Ponferrada, R. C. Carceles, y P. E. Escudero (2002). *Fármacos antitusígenos y broncodilatadores. Farmacología y terapéutica veterinaria.* McGraw-Hill. Interamericana. España 734 p.
- Shackelford, S. D., J. W. Edwards, E. K. Smarr, and J. W. Savell 1992. Retail cut yields of Rambouillet wether lambs fed the β -adrenergic agonist L644,969. *J, Anim, Sci.* 70:161-168.
- Sillence, M. N., G. G. Hunter, L. Pegg, M. L. Brown, T. Matthews, M. Magner; M. Sleeman and D. B. Lindsay 1993. Growth, nitrogen metabolism and cardiac responses to Clenbuterol and Ketoclenbuterol in rats and underfed cattle, *J. Anim. Sci.* 71: 2942 - 2951.
- Sillence, M. N. , K. J. Munn, and R.G. Campbell. 2002. Manipulation of growth in pigs through treatment of the neonate with clenbuterol and somatotropin. *J. Anim. Sci.* 80: 1852-1862.
- Sillence, M.N., 2004. Technologies for the control of fat and lean deposition in livestock. *Vet. J.* 167:242–257.

- Simm G. 1992. Selection for lean meat production in sheep. In Speedy A. W. (Ed.) progress in sheep and goat research. C. A. B. International. Great Britain. Pp: 193-215.
- Smith, D. J. and G. D. Paulson 1998. Distribution, elimination and residues of [14C] Clenbuterol HCL in Holstein Calves 1, 2, J. Anim. Sci. 75.
- Smith, D. J. 1998. The pharmacokinetics, metabolism and tissue residues of Beta-adrenergic agonists in livestock. J. Anim. Sci. 76:173-194.
- Smith, D.J. 2002. Total radioactive residue and clenbuterol residues in swine after dietary administration of [14C] clenbuterol for seven days and preslaughter withdrawal periods of zero, three, or seven days. J. Anim. Sci. 78: 2903-2912.
- Smith, D.J. and W.L. Shelver. 2002. Tissue residues of ractopamine and urinary excretion of ractopamine and metabolites in animals treated for 7 days with dietary ractopamina. J. Anim. Sci. 80: 1240-1249.
- Solís, R. J. 2002. Pruebas de comportamiento genético en ovinos. Memorias del VII concurso base de cría ovina. AMTEO. 12 -14 septiembre. Toluca, edo. México. pp: 1- 13.
- Soria, J. L. B. y M. J. A. Arias 1997. Señalización celular por segundos mensajeros, en Curso Internacional Precongreso actualización en fisiología.
- Stoller, G. M., H. N. Zerby, S. J. Moeller, T. J. Baas, C. Johnson and L. E. Watkins 2003. The effect of feeding ractopamine (Paylean) on muscle quality and sensory characteristics in three diverse genetic lines of swine, J. Anim. Sci. 81. American Society of Animal Science.

- Sumano L.H., C.L. Ocampo, O.L. Gutiérrez. 2002. Clembuterol y otros β -agonistas, ¿una opción para la producción pecuaria o un riesgo para la salud pública?. Vet. Mex. 33:137-159.
- Thomas, S. X., E. Peláez and A. German. 1995. Características de una intoxicación alimentaria por clembuterol. Med. Clin. 104 (14): 557.
- Underwood, J.E. y F.N. Suttle. 2002. Los minerales en la nutrición del ganado. Editorial Acribia. 3a edición. Zaragoza, España. 637 p.
- Van Hoof, N., R. Schilt, E. Van der Vlis, P. Boshuis, M. Van Baak, A. Draaijer, K. De Wasch, M. Van de Wiele, J. Van Hende, D. Courtheyn, and H. De Brabander 2005. Detection of zilpaterol (Zilmax ®) in calf urine and faeces with liquid chromatography-tandem mass spectrometry. Analytica. Chemica. Acta. 529: 189 - 197.
- Vallejos, A. P., J. C. A. Zaragoza, y J. A. F. Parres 2007. Intoxicación por clembuterol, Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica. Vol. 18, Núm. 24.
- Vergara A.D., Sanchez del R.C., Cadena, M.J.A., Mejenes Q. A.R., Aranda O.G. 2006. Memorias XXXIV Reunion anual AMPA. Mazatlan, Sin. 422 p.
- Villalobos, M. 2001. Estabulación y Semiestabulación de Ganado de Carne: Análisis Económico e Impacto Ambiental. Curso de Aspectos Socioeconómicos del Desarrollo Sostenible. San José C.R. Universidad de Costa Rica. Programa de Doctorado en Sistemas de Producción Agrícola Tropical Sostenible.
- Winterholler, S.J., G.L. Parsons, D.K. Walker, M.J. Quinn, J.S. Drouillard, B.J. Johnson. 2008. Effect of feedlot management system on response to ractopamine-HCl in yearling steers. J. Anim. Sci. 86:2401-2414.

Zorrilla, R. J., I. Morales, R. D. Liceaga, y V. R. Hernández .1998. Efecto del clorhidrato de zilpaterol en la cortabilidad de canales de toretes acebuzados finalizados con dietas a base de cebada forrajera, en XXXIV Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Querétaro, México.

CAPÍTULO II. CARACTERÍSTICAS DE LA CARNE DE OVINOS SUFFOLK-HAMPSHIRE Y PELIBUEY EN FINALIZACION UTILIZANDO RACTOPAMINA EN LA DIETA.

RESUMEN

Se realizó un estudio con el objetivo de evaluar peso y rendimiento en canal, grasa dorsal, área del ojo de la costilla, actividad y capacidad de retención de agua, pH, textura y color al adicionar clorhidrato de ractopamina (RAC) en la dieta de corderos en finalización. Se sacrificaron 48 corderos; 20 Suffolk- Hampshire y 28 Pelibuey provenientes de dos experimentos en los cuales se probaron las siguientes tratamientos: T1) dieta base con 13.2 % de PC y 3.4 Mcal ED kg⁻¹ MS; conteniendo 58.3 % maíz quebrado, 21 % sorgo entero, 11.7 % pasta de soya, 1% rastrojo de maíz molido, 5 % de melaza, 3 % de premezcla mineral; T2) dieta base más 10 mg kg⁻¹ RAC (RAC100) ; T3) dieta base más 20 mg kg⁻¹ RAC (RAC200); T4) dieta base más 30 mg kg⁻¹ RAC (RAC300). Se utilizó el procedimiento GLM (SAS), con un diseño completamente al azar. Los resultados mostraron diferencias entre tratamientos en el peso final y rendimiento en la canal, en corderos S x H, siendo mejor el tratamiento RAC300 comparado con el testigo 27.2 vs 20 y 53.5 vs 45.2 respectivamente (P<0.05). En corderos PB, los pesos finales y rendimiento en canal fueron de 18.9 vs 16.14 y 55.4 vs 44.15, para RAC300 y testigo, presentando también diferencias (P<0.05). Sin embargo, en grasa dorsal, perímetro y ancho de la grupa, los tratamientos con RAC no presentaron diferencias (P>0.05). Así también, para actividad y capacidad de retención de agua, textura, PH y color no presentaron diferencias (P<0.05). Se concluye que la

adición de RAC en la dieta de ovinos en finalización, no modifica las propiedades físicas de la carne pero si el peso y rendimiento en canal.

Palabras claves: ovinos, calidad de carne, canal, ractopamina

CHAPTER II. EFFECT OF RACTOPAMINE HYDROCHLORIDE ON SUFFOLK-HAMPSHIRE AND PELIBUEY SHEEP MEAT TRAITS ON FINAL FATTENING STAGE.

ABSTRACT

The aim of the present study was to evaluate dorsal fat, water retention capacity, texture, pH and color with the addition of ractopamine hydrochloride (RAC) to the diet of finishing lambs. Two experiments were carried out, in the first one 20 male Suffolk x Hampshire (S x H) lambs with 37.01 ± 1.04 kg initial body weight, and in the second 28 male Pelibuey (PB) lambs with 28.37 ± 0.66 kg initial body weight. The performance trial lasted 45 d with a final fattening period of 30 d. Lambs were housed in individual cages, feed was offered at 08:00 and 16:00 h and water was offered *ad libitum*. The RAC was added in the final finishing stage. A complete randomized design was used and data was analyzed with GLM (SAS). Treatments were: T1) control diet with 13.2 % CP and 3.4 Mcal DE kg^{-1} DM; 58.3 % broken maize, 21 % whole sorghum, 11.7 % soybean meal, 1 % mill maize straw, 5 % molasses, 3 % mineral premix; T2) control diet plus 10 mg kg^{-1} RAC (RAC100); T3) control diet plus 20 mg kg^{-1} RAC (RAC200); T4) control diet plus 30 mg kg^{-1} RAC (RAC300). Results showed differences ($P < 0.05$) between treatments on final weight and carcass yield, in S x H lambs, being best treatment RAC 300 compared with control, 27.2 vs 20 and 53.5 vs 45.2 ($P < 0.05$). In PB lambs, there were differences ($P < 0.05$) for RAC300 and control in final weight and carcass yield 18.9 vs 16.14 and 55.4 vs 44.15. However, there were no differences ($P > 0.05$) between RAC treatments in dorsal fat, water retention capacity, texture, pH and color. It's concluded that RAC addition in the diet of S x H and PB lambs did not improve the evaluated

performance traits, and however it showed a lineal tendency to increase daily weight gain as the RAC dose increases.

Key words: lambs, meat quality, carcass yield, ractopamine

INTRODUCCIÓN

La carne es una excelente fuente de proteína de gran calidad, con todos los aminoácidos esenciales para el bienestar físico y desarrollo mental e intelectual del hombre y es una de las pocas fuentes de vitamina B₁₂. Por ello, algunos economistas señalan que su consumo es un indicador del estado económico de un país (Forrest, 1980). La carne se define como aquellos tejidos animales que pueden emplearse como alimento, se compone fundamentalmente de músculo y de cantidades variables de tejido conectivo, así como de una pequeña porción de tejido epitelial y nervioso (Forrest, 1980). En los animales, la descripción del cuerpo sin piel, vísceras, extremidades y cabeza, después del sacrificio, se denomina canal (López y Casp, 2004; Zorrilla, 2003) y su calidad se basa en el aporte de nutrientes de alto valor biológico para consumo humano (Cañeque y Sañudo, 2000), brindando al consumidor un producto diferenciado que puede escoger para cumplir sus expectativas (Santrich, 2006).

En México, los borregos se sacrifican entre los 40 y 45 kg para producir canales de 18 a 22 kg en promedio (Gutierrez y Tapia, 2005), sin distinción de calidades, procedencias, tipo genético, alimentación, grado de engorde, tamaño o edad, evidenciando que el mercado no demanda un producto diferenciado. En EEUU se prefiere un corte de carne marmoleado y en México el corte magro, ya que más del 95% de la producción ovina se destina a barbacoa. Buscando orientar y fortalecer la cadena de producción, transformación, comercialización y consumo de carne de ovino, México estableció la norma de calidad NMX-FF-106-SCFI-2006- Productos Pecuarios –

Carne de Ovino en Canal - Clasificación, sin embargo, esta norma no es oficial y por tanto no es obligatoria.

REVISIÓN DE LITERATURA

En los seres vivos una función importante de los órganos y sistemas corporales es el mantenimiento de un ambiente interno en el que cada uno pueda desempeñarse eficientemente. La mayoría de los órganos, incluido el músculo, únicamente funcionan dentro de un rango estrecho de condiciones fisiológicas; pH, temperatura, concentración de oxígeno y aporte de energía (Ganong, 2001). La regulación homeostática proporciona a los organismos la capacidad de sobrevivir bajo condiciones muy diferentes, y en ocasiones adversas, como variaciones bruscas de temperatura, escasez de oxígeno y traumas (Ganong, 2001). La homeostasis permite al organismo conservar un ambiente interno fisiológicamente equilibrado, proporcionándole medios para enfrentarse a agentes estresantes que tiendan a deteriorar su ambiente interno. Muchas de las reacciones y cambios que ocurren durante la conversión de músculo a carne, son consecuencias directas de la homeostasis y por tanto, las condiciones inmediatamente anteriores al sacrificio, como el transporte de los animales al mercado, manejo, aturdimiento y su inmovilización previo al sacrificio, pueden modificar los cambios musculares posmortem y afectar la calidad de la carne (Carballo, 2001).

Características de carne.

Canal caliente y canal fría. La canal caliente es cuando el animal ha sido sacrificado y despojado de piel, patas, cabeza y vísceras, y la canal fría es cuando han transcurrido 24 horas después del sacrificio y esta ha sido refrigerada (Surak, 1996). La NOMX-FF-106-SCFI-2006 clasifica las canales de ovinos en tres grupos: excelente, buena y deficiente (Figura 5).

Según la norma oficial mexicana NOM 009 ZOO (1994), la carne de las especies animales, autorizadas para consumo humano, es definida como una estructura compuesta por fibras musculares estriadas, acompañada o no de tejido conjuntivo elástico, grasa, fibras nerviosas, vasos linfáticos y sanguíneos. El contenido de grasa, color, humedad, sabor, aroma y textura son atributos que se deben tomar en cuenta para evaluar su calidad, sin adulteraciones y sin residuos tóxicos (Torres, 1998; Gay, 2000). La valoración de las canales es importante, en todas las etapas de la cadena comercial de la carne. El detallista tiene que vender cortes de carne con el tamaño, apariencia y composición adecuada, para satisfacer al consumidor, mientras que el mayorista o empacador compra el ganado de los productores, que reúne las características que satisfagan la necesidad del detallista. Por su parte, el ganadero cría y finaliza ganado, que la totalidad de la cadena productiva demande.



Figura 5, Clasificación de Canales de ovinos, según NMX-FF-106-SCFI-2006 :a) Excelente. Canales con músculos gruesos y amplios en comparación con la longitud de la misma; amplio llenado de las piernas y los cuartos delanteros; b) Buena. Canales con músculos moderados en comparación con la longitud de la misma; piernas y cuartos delanteros moderadamente delgados; c) Deficiente. Canales con músculos delgados en comparación con la longitud de la misma; piernas y cuartos delanteros delgados y cóncavos.

Los grados de clasificación de las canales se basan en los siguientes puntos:

1) características de la carne magra, que indican su calidad y palatabilidad referidas como “grado de calidad”, 2) inocuidad de la carne, libre de presencia de patógenos y 3) características que determinen la cantidad de carne producida basada en el porcentaje de cortes comerciales deshuesados y referidas como “grado de rendimiento” (Gay, 2000; U.S. Meat, 2001).

Longissimus dorsi. El músculo *Longissimus dorsi* es glicolítico (Muriel et al., 2002). Durante los últimos 40 años los estudios realizados sobre los tipos de fibras musculares son numerosos, tanto a nivel celular como a nivel molecular. Los métodos usados para su clasificación han originado un amplio espectro de nomenclaturas

diferentes. Las fibras musculares pueden clasificarse de acuerdo a su metabolismo, propiedades contráctiles y color.

Cuadro 7. Características del músculo *Longissimus dorsi*. (Muriel *et al.*, 2002)

Característica de los músculos	Músculo rojo (α o β)	Músculo blanco (α)
Mioglobina	Abundante	Escasa
Metabolismo energético	Aerobio, oxidativo	Anaerobio, glicolítico
Velocidad de contracción	Lenta (β), Rápida (α)	Rápido (α)
Área de la sección transversal	Pequeña	Grande
Irrigación sanguínea	Abundante	Menos abundante
Acidificación postmortem	Lenta (β), mas Rápida (α)	Rápida (α)
Mitocondria	Numerosas	Menos numerosa
Sustratos energéticos	Glúcidos, Ácidos grasos	Glúcidos
Resistencia a la fatiga	Elevada	Baja
Tejido adiposo y conjuntivo asociado	Muy abundante	Poco

Una de ellas es la codificación de los músculos en rojos y blancos, se debe al predominio en los mismos de fibras R (α y β) en el caso de los rojos y W de los blancos. Los músculos blancos son generalmente de contracción rápida (α) y los músculos rojos pueden ser de contracción rápida (α) o lenta (β). Los músculos de contracción lenta metabolizan los ácidos grasos aportados por la sangre en presencia de oxígeno, además de los glúcidos. Estos músculos de contracción lenta están por lo general bien irrigados, al contrario de los de contracción rápida en que suelen estar menos irrigados, tener poca mioglobina y contar con la energía procedente de la degradación rápida y anaerobia de los azúcares.

Desangrado. La extracción de sangre del cuerpo, es la fase que marca el comienzo de una serie de cambios posmortem del músculo. Esta hemorragia masiva ocasiona un

grave estrés al animal. Tan pronto como desciende la presión sanguínea, el sistema circulatorio ajusta su funcionamiento en un intento de mantener un aporte sanguíneo adecuado para los órganos vitales. El bombeo cardíaco aumenta y los vasos periféricos se contraen intentando mantener la presión sanguínea de los órganos vitales (Cañeque y Sañudo, 2000). De hecho únicamente se extrae del organismo el 50 % aproximadamente del volumen sanguíneo total, el resto se mantiene fundamentalmente en los órganos. Por lo anterior es importante poner atención en la producción de carne, debido a que la sangre es un excelente medio para el crecimiento de los microorganismos causantes de alteraciones y el exceso de sangre en los cortes es repugnante para el consumidor; de aquí que un desangrado lo más completo posible constituya un comienzo óptimo del proceso de maduración de la carne (Gay, 2000).

Como consecuencia del desangrado cesa el funcionamiento de la ruta aeróbica, la energía se desplaza entonces a la ruta anaeróbica de una forma muy similar a cuando hay deficiencia de oxígeno para el músculo vivo durante periodos de ejercicio intenso. Por lo tanto, este mecanismo homeostático permite al musculo disponer de otra fuente de energía; pero durante la ruta anaeróbica hay menos energía en forma de ATP. Sin embargo, el músculo dispone así de una fuente energética que mantendrá por un tiempo la integridad estructural y la temperatura de las células. (Price, 1994)

En la canal, al momento del sacrificio, el ácido láctico originado en el metabolismo anaeróbico es transportado desde el músculo al hígado, donde se utiliza para la síntesis de glucosa y glucógeno. Durante el proceso de sacrificio, el ácido láctico permanece en el musculo, aumentando su concentración a medida que prosigue el metabolismo y continua acumulándose hasta que casi todo el glucógeno original almacenado en el

músculo ha sido agotado o hasta que las condiciones retrasan o paran la glucólisis anaeróbica.

Caída postmortem del pH. La acumulación de ácido láctico determina un descenso del pH muscular (Carballo et al 2001), siendo uno de los cambios postmortem más significativos que recaen en el músculo durante su conversión en carne. La velocidad con que desciende el pH y el límite hasta en que desciende son muy variables (Huy, 2006). La acumulación de ácido láctico, en las primeras fases del periodo postmortem, puede afectar negativamente la calidad de la carne. El desarrollo de condiciones ácidas (pH bajo) en el músculo, antes de que el calor corporal natural y el metabólico se hayan disipado durante la refrigeración de la canal da lugar a la desnaturalización de las proteínas. El grado de desnaturalización depende de la temperatura alcanzada y del descenso del pH. La temperatura tiene una función clave en la desnaturalización. La desnaturalización de las proteínas les hace perder solubilidad, capacidad de retención de agua e intensidad del color del pigmento muscular, cambios que perjudican la calidad de la carne (Colomer, 1983).

Los músculos cuyo pH desciende rápidamente son de color pálido y tienen muy baja capacidad de retención de agua, presentando su superficie un aspecto muy acuoso. Los músculos que conservan un pH alto, son de color muy oscuro y la superficie de corte es muy seca debido a que el agua está ligada a las proteínas (Mossel, 2003).

Producción y disipación del calor. Como consecuencia del desangrado del animal, el músculo pierde el control de la temperatura, cuyo tamaño y situación orgánica del músculo, así como la cantidad de grasa que lo recubre influyen la velocidad de disipación de calor. La temperatura del entorno de la sala de matanza, la

duración de las operaciones y la temperatura del frigorífico, tienen una marcada influencia en la velocidad de pérdida de temperatura de la canal (Moreno , 2003).

Rigor mortis. Es la rigidez de los músculos después de la muerte, la cual se debe a la formación de enlaces cruzados permanentes entre los filamentos de actina y miosina del músculo. Es la misma reacción que forma actomiosina en vida durante la contracción muscular. La diferencia entre el estado vivo y el *rigor mortis* es que en el último la relajación es imposible, ya que no se dispone de energía para escindir la actomiosina. Para que el músculo se mantenga en estado de relajación se necesita ATP y Mg^{2+} (que forman un complejo). A medida que disminuye el ATP del músculo comienzan a formarse enlaces permanentes. En ausencia de ATP la reacción es irreversible, aunque se ha comprobado que los músculos no permanecen rígidos indefinidamente. La resolución aparente del *rigor mortis* se debe, posiblemente, a una degradación física de la estructura muscular. Existen pruebas que muestran que esta degradación tiene lugar en el área de la línea Z del músculo (Forrest, 1980). El *rigor mortis* se acompaña de cambios físicos, como pérdida de elasticidad y extensibilidad, acortamiento y aumento de la tensión(López, 2004).

Acortamiento y aumento de la tensión. Puesto que el enlace de actomiosina, formado durante el desarrollo del *rigor mortis*, es el mismo que el originado durante la contracción muscular, la rigidez cadavérica puede considerarse como una contracción muscular irreversible. Durante el desarrollo del *rigor mortis*, a medida que se establecen enlaces permanentes los músculos se acortan y como resultado aparece una tensión en el interior del músculo que contribuye a su rigidez. Durante una contracción normal solo se originan enlaces en aproximadamente el 20 % de los posibles sitios de unión,

mientras que en el *rigor mortis* se utilizan casi todos los sitios de unión de los filamentos de actina y miosina (Price, 1994).

Relación entre caída de pH y aparición del rigor mortis. Estos dos aspectos están relacionados debido a que ambos atañen al metabolismo energético, concretamente al metabolismo del glucógeno. En la carne, cuyo pH desciende muy rápidamente, la iniciación e instauración del *rigor mortis* es muy rápida, debido a que el aporte energético inicial es limitado y rápidamente metabolizado (Huy, 2006).

Perdida de la homeostasis. Con el transcurso del tiempo postmortem se pierden todos los mecanismos homeostáticos (Ganong, 2001). A medida que los metabolitos almacenados en el musculo van desapareciendo, comienza a descender la temperatura debido a que no existen mecanismos que la mantengan en su nivel original. El control ejercido por el sistema nervioso central se pierde entre los 4 y 6 min después del desangrado. Pueden aparecer impulsos nerviosos incontrolados, los músculos sufren una especie de contracción. (Moreno, 2003)

Perdida de protección frente a la invasión bacteriana. En los animales vivos sanos, el músculo esta protegido frente a invasiones microbianas por una serie de defensas, la primera línea de las cuales la constituyen los tejidos que recubren el cuerpo y rodean muchos de los órganos internos. También ofrecen alguna protección los tejidos conectivos y las membranas celulares. El sistema linfático y los glóbulos blancos circulantes de la sangre tienen la capacidad de destruir los organismos que penetran el cuerpo (Ganong, 2001). Durante la conversión del músculo en carne se alteran las propiedades de la membrana y el músculo se hace susceptible a la acción bacteriana. Puesto que ya no actúan los sistemas circulatorio y linfático no puede

evitarse la difusión de los microorganismos. La mayoría de los cambios que tienen lugar durante la conversión del músculo en carne favorecen la proliferación microbiana (López, 2004).

Degradación enzimática. Las células musculares presentan unos orgánulos, los lisosomas, que contienen en estado inactivado unos enzimas denominados catepsinas. A medida que el pH del músculo desciende se liberan estos enzimas que comienzan a degradar la estructura proteínica. La liberación de catepsina puede ser la responsable de los cambios estructurales observados. El ablandamiento que se tiene durante la maduración de la carne, se debe, en gran parte, a la degradación de algunos de los tejidos conectivos de colágeno del músculo, bajo la acción de la catepsina. Las proteínas musculares, además de sufrir la acción de los enzimas proteolíticos, están sometidas a desnaturalización. También los tejidos conectivos de colágeno se desnaturalizan a consecuencia de un descenso de pH muscular (Cañeque y Sañudo, 2000).

Características físicas y químicas. La presencia de grasa intramuscular en la carne está ligada a la aceptabilidad de la misma, ya que la grasa participa en el aroma y en la jugosidad de la carne. La carne está constituida de aproximadamente 75 % de agua, 19 % a 22 % de proteína, 3.5 % de sustancias no proteicas solubles, 2.5 % de grasa y 1 % de sustancias minerales (Cañeque y Sañudo, 2000; López y Casp, 2004).

pH: Tanto el valor final del pH (24 h *post mortem*) como la velocidad de caída del mismo durante la transformación del músculo en carne, afectan a las características organolépticas (color, jugosidad, olor y sabor, etc) y la capacidad de retención de agua, y conservación (Sañudo, 1998).

Capacidad de retención de agua (CRA). Es la capacidad de retención de la carne durante la aplicación de una fuerza externa, como cortes, calentamientos, trituración y prensado, mismos que cuando se aplican en forma suave hay cierta pérdida de humedad, debido a que parte del agua presente se encuentra en forma libre. El color, textura, y firmeza de la carne cruda, así como la jugosidad y blandura de la carne cocinada depende, en parte, de la CRA. Cuando los tejidos tienen poca CRA, las pérdidas de humedad y peso, durante su almacenamiento (mermas), es grande y se presenta en la superficie muscular de la canal expuesta a la atmosfera. En los cortes de carne existe una mayor pérdida de humedad como consecuencia de la gran superficie muscular expuesta al aire. La pérdida de peso, palatabilidad y valor nutritivo constituyen problemas graves para la industria, cuando se pierden grandes cantidades de jugo cárnico se pierde peso y valor para el almacenista y detallista. Estas carnes pierden también palatabilidad así como algunas de sus proteínas solubles, vitaminas y minerales.

Color: Este depende de la concentración de pigmentos, fundamentalmente mioglobina y su estado químico en la superficie de la carne, estructura, estado físico de las proteínas musculares y de proporción de grasa infiltrada (Warris *et al.*, 1990). En la carne fresca la mioglobina se puede presentar en tres formas básicas: Mioglobina reducida o desoximioglobina (Fe^{2+}) de color rojo púrpura; oximioglobina o mioglobina oxigenada (Fe^{2+}) de color rojo brillante (deseable para el consumidor); metamioglobina o mioglobina oxidada (Fe^{3+}), la cual se forma por exposición prolongada al oxígeno, siendo de color marrón-pardo (Cepero y Sañudo, 1996). L^* , que indica la luminosidad o brillo de la carne (100 indica que toda la luz es reflejada y 0 indica que toda la luz es

absorbida); a^* es la tonalidad que va de rojo o verde (rojo positivo y verde negativo) y b^* que determina los colores que va de amarillo a azul (amarillo positivo y azul negativo), siendo este último de carnes provenientes de animales finalizados en pastoreo (Cepero y Sañudo, 1996).

Textura: Para algunos autores (Lepetit, 1991) la textura y color de la carne son los parámetros que determinan las preferencias del consumidor. Otros, señalan a la textura como el elemento prioritario (Dransfield *et al.*, 1984, Seideman *et al.*, 1989) y además opinan que la textura, olor y sabor son los elementos más importantes de la calidad sensorial para los consumidores, mientras que el color es el atributo valorado en el punto de compra (Grunert, 2004).

Comercialización.

La mayoría de las transacciones comerciales, en el mercado de la carne, tienden a basarse en la calidad de canal. Por ello, los sistemas de clasificación y evaluación de canales, han adquirido importancia fundamental en los últimos años (Cañequé y Sañudo, 2000).

MATERIAL Y MÉTODOS

Las variables medidas relacionadas con las características de carne fueron: rendimiento en canal (caliente y frío), actividad del agua (A_w), capacidad de retención de agua (CRA), pH, textura, color, grasa dorsal, área del ojo de costilla (AOC).

Los procedimientos seguidos para determinar las variables anteriores fueron:

a) Rendimiento en canal caliente. Se obtiene dividiendo el peso de la canal caliente entre el peso vivo del animal, expresado en porcentaje.

b) Rendimiento en canal fría. Peso de la canal caliente después de permanecer 24 hrs en refrigeración.

c) Actividad de agua (A_w). Se realizó un corte fino, aproximadamente 2 mm de grosor, se colocó en el porta muestras, el cual se introdujo en un aparato medidor de la actividad de agua (Guerrero *et al.*, 2002).

d) Capacidad de retención de agua (CRA). Se midió siguiendo la metodología propuesta por Guerrero *et al.* (2002). Se utilizaron 5 g de carne, Las cuales se colocaron en un vaso de licuadora especial para hacer papillas, y se agregaron 16 ml de solución de cloruro de sodio (NaCl) al 0.6 N. La muestra se molió durante aproximadamente 30 segundos. Posteriormente el contenido se vació en tubos y se centrifugó para después colocarlos en un contenedor con hielos durante 30 minutos, con el fin de hidratar las miofibrillas. Los tubos que contenían la mezcla se agitaron cada 10 min y posteriormente se centrifugaron durante 15 min a una velocidad de 10,000 rpm usando una centrífuga (JS-HS, Beckman). Los tubos se retiraron de la centrífuga, observándose una separación completa de la parte sólida (la carne) de la parte líquida, vaciando esta última en una probeta para su medición. El volumen de solución con la carne retenida fue reportado como la cantidad de agua retenida.

e) pH. Se realizó con la metodología propuesta por Guerrero *et al.* (2002) con un potenciómetro Conductronic 20 (Fisher, México). Se utilizaron 10 g de carne del músculo *Longissimus dorsi* y se adicionaron 10 mL de agua destilada, se molió en una licuadora con el fin de obtener una muestra homogénea. Posteriormente se depositó en un vaso de precipitado y se realizó la lectura de pH introduciendo el electrodo a la muestra

e) Textura o fuerza de corte. Se determinó con la ayuda de un equipo Texturómetro (texture analyser, modelo: TAXT2i, Scarsdale, N.Y.) equipado con una navaja sencilla de Warner-Bratzler, operado con una velocidad de ensayo de 5 mm/s, una distancia de ruptura de 40 mm, una fuerza de corte de 0.918 N en un tiempo de 2 s. La muestra de carne se colocó bajo la navaja de tal forma que las fibras musculares quedaran perpendiculares a la navaja (Guerrero *et al.*, 2002)

f) Color. Se determinó con el sistema Hunter Lab de acuerdo con la metodología que propone Guerrero *et al.* (2002). Se utilizó un colorímetro Minolta (Chroma Meter CR-200, Tokio, Japón) en el que se determinó el color de la carne. Para esto, se obtuvo un corte de carne del músculo *Longissimus dorsi* de aproximadamente 1 cm de grosor y 7 cm de diámetro. La carne se dejó oxigenar por alrededor de 30 min y después se colocó en un vaso de precipitados de 20 mL hasta cubrir por completo el fondo con la carne. El vaso con la muestra dentro se colocó en el colorímetro y se realizaron cuatro lecturas girando el vaso 90 grados para cada una. Los valores se reportaron en L*, a* y b*. Donde L* representa el brillo de la carne, a* brinda la tonalidad que va de rojo a verde y b* indica los colores de amarillo a azul.

g) Grasa dorsal y área del ojo de costilla, se realiza directamente en el animal, se realiza a un costado entre la 12^a y 13^a costilla a la altura de músculo *Longissimus dorsi*, a través de un transductor de un equipo de ultrasonografía (Sonovet 600, Universal Medical System, Inc. Transductor de 7.5 Mhz).

Procedimientos para la determinación de características de la carne.

a) Grasa dorsal y el área del ojo de costilla, se llevó a cabo directamente en la granja, un día antes del sacrificio, el procedimiento consistió en inmovilizar al borrego,

se rasura a un costado (derecho) a la altura de la 12a y 13a costilla, localizando el musculo *Longissimus dorsi* (Figura 6, a), al transductor se le adicionaba gel a base de agua, se coloca en el lugar indicado (Figura 6, b) y aparece la imagen en pantalla (Figura 6, c).

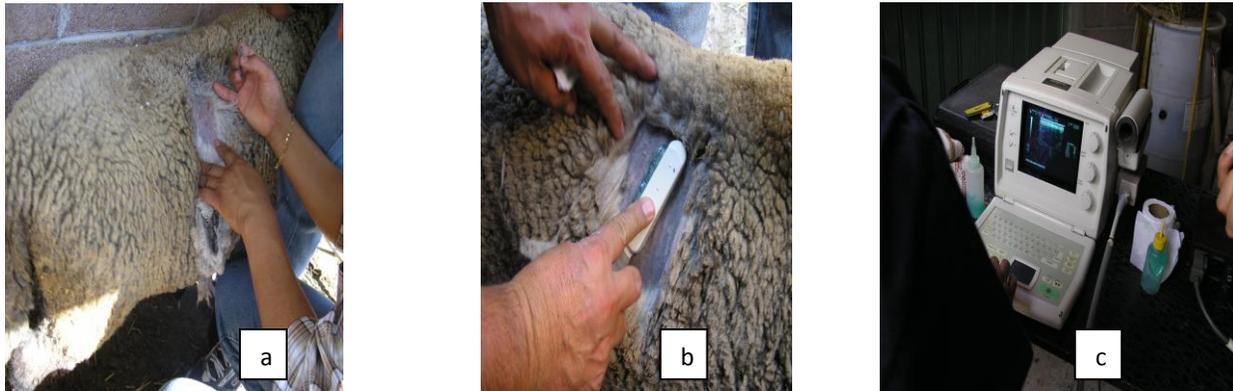


Figura 6. Procedimiento para la determinación de grasa dorsal.

b) Peso y rendimiento de canal caliente y fría y peso de órganos. Para la determinación de estas variables se llevaron los corderos al sacrificio. Previo al sacrificio los borregos permanecieron en ayuno por 12 h, fueron pesados en la granja en una báscula mecánica con capacidad de 120 kg.

El procedimiento del sacrificio fue el siguiente:

a) Insensibilización: Se realizó rompiendo la unión de la médula espinal con el cerebro.

b) Decapitado, despatado y desollado: Consistió en remover la cabeza del animal, así como las extremidades y la piel, se tomo peso de cada una de ellas (Figura 7, a) .

c) Izamiento: Los animales se sujetaron de la extremidad posterior izquierda para ser colgados y desangrados, se recolecto la sangre para su pesaje(Figura 7, b).

d) Eviscerado: Se cortó el músculo de la parte ventral y se extrajeron las vísceras de la cavidad abdominal y torácica, vísceras verdes (retículo, rumen, abomaso, omaso, intestino delgado, intestino grueso) y vísceras rojas (corazón, pulmones, tráquea, hígado, bazo y riñones) las cuales fueron separadas para su pesaje (Figura 7, c-d).

e) Se lavaron los canales con agua a presión, se procedió a identificar y pesar cada una de ellas (Figura 7, e), posteriormente se llevaron a la cámara de refrigeración para que permanezcan durante 24 hrs a una temperatura de -2°C (Figura 7, f).



Figura 7. Proceso de sacrificio; a) decapitado, b) izamiento, c – d) eviscerado, e) canal caliente, f) canal en refrigeración.

Finalmente se llevó a cabo el despiece de la canal y se tomaron las medidas y pesos correspondientes (Figura 8)

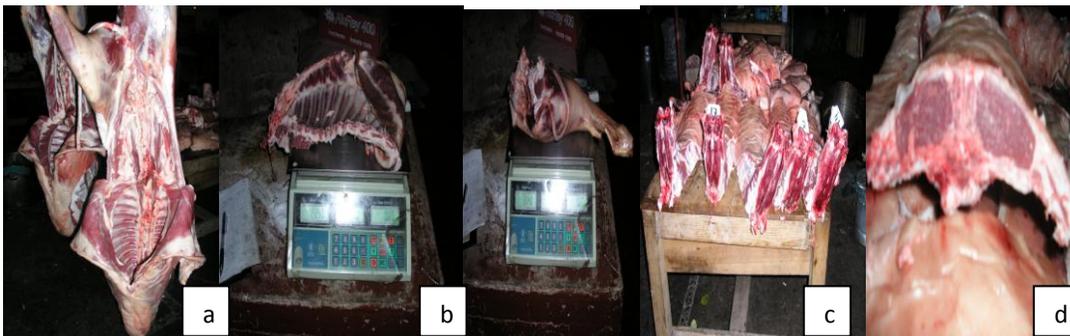


Figura 8. a) Despiece de canales, b) Pesaje de piezas, c) Lomos, d) Musculo *Longissimus dorsi*.

Análisis de laboratorio. Los análisis de pH, actividad de agua, color y capacidad de retención de agua se realizaron en el Laboratorio de Biotecnología de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. Para lo cual se solicito en el lugar de sacrificio y despiece 500 g carne correspondiente al *Longissimus dorsi* de cada canal, mismas que fueron empacadas al alto vacio y congeladas para posteriormente llevarlas a laboratorio (Figura 8, a).



Figura 9. a) Muestras de carne empacadas al alto vacio, b) lector de Aw, c) carne preparada para medir pH, d) colorímetro, e) textutometro, f) lector de CRA.

Análisis estadístico

Para el análisis de las variables peso y rendimiento en canal caliente y fría, actividad y capacidad de retención de agua, pH, color y textura se sacrificaron 20 corderos Suffolk –Hampshire (SxH) y 28 Pelibuey (Pb). Se realizaron análisis de varianza dentro de tipo genético usando un diseño completamente al azar. Los tratamientos considerados en el análisis fueron los cuatro niveles de RAC (0, 10, 20 y 30 g ton⁻¹). Para fines del análisis estadístico, cada canal se consideró como una repetición y se tuvieron cinco y siete repeticiones por tratamiento, respectivamente para S x H y Pb. Se obtuvieron las medias y se hicieron comparaciones usando la prueba de Tukey, con el procedimiento GLM de SAS (2003)

Modelo estadístico asociado al diseño:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \xi_{ij} \quad i= 1,2,3,4 \quad j= 1,2,3,5$$

donde:

Y_{ij} = Variable respuesta en tratamiento i, repetición j (variables de canal).

μ = Media general.

τ_i = Efecto del tratamiento i (niveles de ractopamina).

ξ_{ij} = Error aleatorio; $\xi_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados mostraron diferencias entre tratamientos en el peso final y rendimiento en la canal, en corderos S x H, siendo mejor el tratamiento RAC 300 comparado con el testigo, 27.2 vs 20 y 53.5 vs 45.2 respectivamente ($P < 0.05$). En corderos PB, los pesos finales y rendimiento en canal fueron 18.9 vs 16.14 y 55.4 vs 44.15 para RAC300 y testigo, presentando también diferencias ($P < 0.05$). Sin embargo, respecto a grasa dorsal, perímetro y ancho de la grupa, los tratamientos con RAC fueron similares ($P > 0.05$). Así mismo la actividad y capacidad de retención de agua, textura, pH y color no fueron diferentes ($P > 0.05$).

Los resultados coinciden con Rikardsson *et al.*, (1991), en corderos Suffolk que durante 70 d recibieron dosis de 0.5 mg de Cimaterol kg^{-1} PV d^{-1} y obtuvieron incrementos en el peso de la canal comparado con testigo de 26.9 vs 22.1 kg y el rendimiento en canal de 57.2 vs 53.9. En otros estudios no encontraron efecto alguno sobre la disminución de grasa en la canal de ovinos (Shackelford *et al.*, 1992; Koohmaraie *et al.*, 1996) y en bovinos (Garza *et al.*, 1997; Zorrilla *et al.*, 1998); así como en el área del *Longissimus dorsi* (Salinas *et al.*, 2006; Koohmaraie *et al.*, 1996).

Sin embargo, contrario a los resultados del presente estudio Koohmaraie *et al.*, (1996) señala que en ovinos la adición de β -AA disminuye el contenido de grasa en la canal. Además, otros autores han observado un aumentó del área del *Longissimus dorsi* en ovinos que recibieron β -AA (Salinas *et al.*, 2004; Shackelford *et al.*, 1992; Mondragón, 2008).

Cuadro 8. Características de carne en ovinos Suffolk x Hampshire y Pelibuey en finalización con adición de clorhidrato de ractopamina en la dieta.

	Tratamiento				EEM	P > F
	0	10	20	30		
Suffolk x Hampshire						
Peso canal caliente, kg	20	23	24.8	27.2	1.12	0.0027
Peso canal fría, kg	19	22	23.8	26.2	1.12	0.0027
Rendimiento canal caliente, %	45.24	47.8	52.94	53.53	0.56	0.0001
Rendimiento canal fría, %	43.52	45.39	50.99	51.33	0.56	0.0001
Grasa dorsal en 12 ^a costilla, mm	4	4	4.2	4.4	0.35	0.8296
Perímetro de la grupa, cm	60	60.2	60.2	60.1	2.54	0.54
Ancho de la grupa, cm.	31.1	30.4	30.4	30.3	1.52	0.42
<i>Longissimus dorsi</i>						
Área, mm ²	11.42	11.62	11.87	12.9	0.54	0.262
Fuerza de corte, kg cm ⁻²	1.86	2.07	1.95	2.04	0.29	0.957
pH	5.5	5.47	5.47	5.47	0.09	0.65
Actividad del agua	0.96	0.96	0.97	0.97	0.004	0.4714
Capacidad de retención de agua	35.98	35.9	37.18	36.78	0.53	0.2959
L	25.1	26.85	26.01	27.44	0.92	0.347
A	9.1	7.53	9.89	8.37	0.34	0.001
B	6.56	6.19	7	6.81	0.3	0.317
Componentes de la canal						

Sangre, kg	1.97	1.75	1.94	1.88	0.1	0.531
Cabeza, kg	2.04	1.72	2.28	2.07	0.13	0.065
Piel, kg	4.8	4.47	5.24	4.88	0.3	0.386
Vísceras, kg	7.58	7.46	7.92	7.02	0.4	0.611
Contenido gastrointestinal, kg	3.53	3.04	3.49	3.3	0.43	0.771

Pelibuey

Peso canal caliente, kg	16.14	16.28	19.42	18.9	0.65	0.0016
Peso canal fría, kg	15.14	15.28	18.42	18.02	0.65	0.0013
Rendimiento canal caliente, %	44.15	46.32	55.03	55.49	0.53	0.0001
Rendimiento canal fría, %	41.38	43.46	52.19	52.87	0.55	0.0001
Grasa dorsal en 12 ^a costilla, mm	3	3.14	3.14	2.71	0.23	0.531
Perímetro de la grupa, cm	57.2	57.2	57.1	57.1	0.2	0.356
Ancho de la grupa, cm.	28.1	28.1	28.1	28	0.4	0.287

Longissimus dorsi

Área, mm ²	10.37	10.06	10.06	9.86	0.34	0.454
Fuerza de corte, kg cm ⁻²	2.1	1.76	1.81	1.89	0.22	0.734
pH	5.54	5.53	5.54	5.54	0.09	0.541
Actividad del agua	0.96	0.97	0.96	0.96	0.004	0.73
Capacidad de retención de agua	35.87	36.52	36.39	36.6	0.43	0.633
L	24.33	27.74	26.57	26.63	0.56	0.0023
a	8.54	9.37	8.58	8.27	0.88	0.184
b	6.91	7.1	7.1	6.74	0.4	0.664

Componentes de la canal

Sangre, kg	1.47	1.27	1.17	1.16	0.14	0.432
Cabeza, kg	1.83	1.72	1.57	1.61	0.09	0.263
Piel, kg	2.77	2.79	2.64	2.77	0.18	0.937
Vísceras, kg	6.04	6.08	6.17	5.8	0.32	0.592
Contenido gastrointestinal, kg	2.67	2.54	2.65	2.58	0.32	0.968

Respecto a la terneza, un estudio en ovinos la adición de β -AA en la dieta la modifico de 10.9 vs 8.2 kg cm^{-2} comparado con testigo (Koochmaraie *et al.*, 1996). Además Mondragón (2008) indica que el CZ aumenta el contenido de agua, proteína y la dureza del músculo *Longissimus dorsi* en la carne de ovinos engordados en un sistema intensivo.

Koochmaraie *et al.*, (1991 y 1996) estudiaron β -agonistas en ovinos, específicamente el L644-969, y sus resultados indican que la adición con β -agonistas en la dieta aumenta la masa muscular y reduce la grasa en pelvis y riñón en un 26%.. Pringle (1993) usando L644-969 en dosis de 4 ppm, encontró alteraciones en el crecimiento muscular y en la suavidad de la carne durante la aplicación del tratamiento. En otro estudio en corderos en los últimos 28 d en etapa de finalización, utilizando diferentes dosis de RAC, no hubo diferencias ($P>0.05$) en grosor de la grasa dorsal y rendimiento en canal (Ríos *et al.*, 2009).

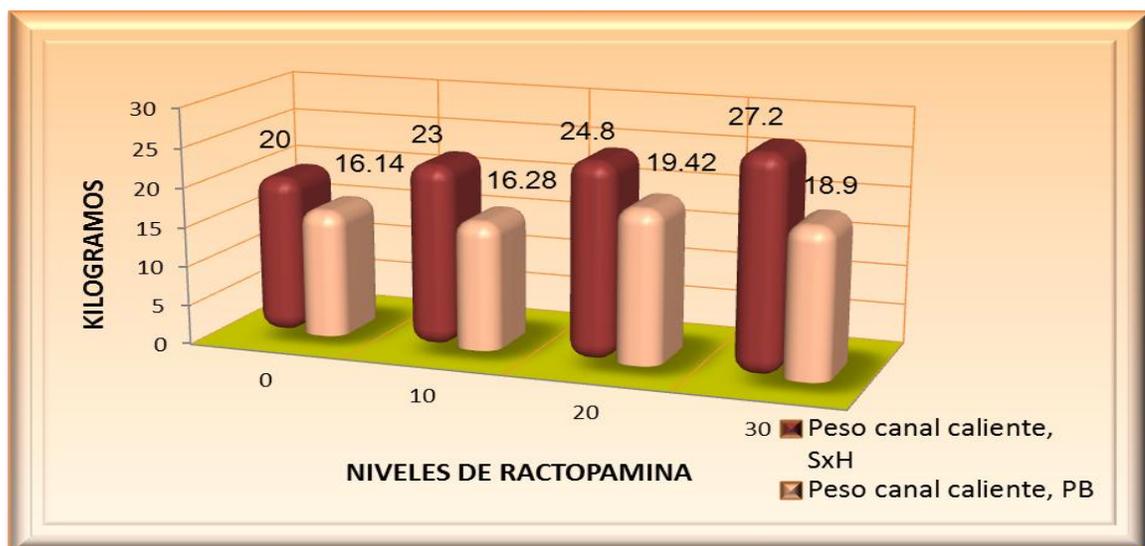


Figura 10. Peso de canal caliente en ovinos Suffolk x Hampshire y Pelibuey con adición de clorhidrato de ractopamina en la dieta

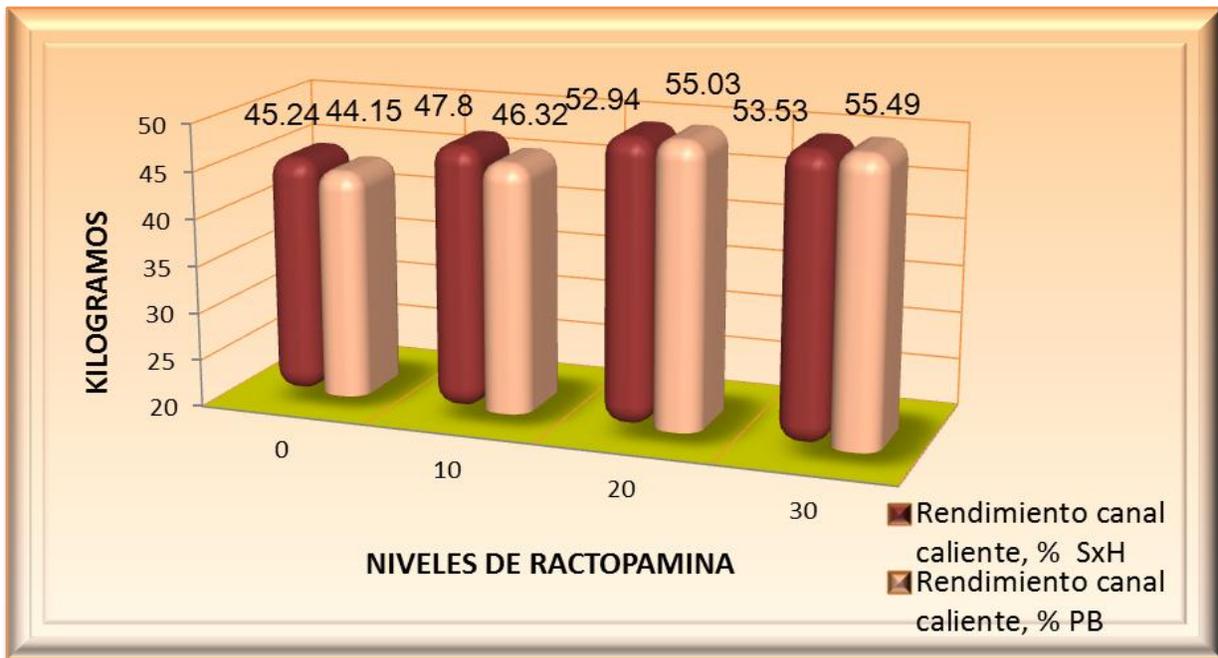


Figura 11. Rendimiento de canal caliente en ovinos Suffolk x Hampshire y Pelibuey con adición de clorhidrato de ractopamina en la dieta

CONCLUSIÓN

De acuerdo a los resultados del experimento se concluye que la adición de RAC en la dieta en finalización para corderos Suffolk x Hampshire y Pelibuey, mejora el peso final y rendimiento en canal sin modificar las propiedades físicas de la carne.

LITERATURA CITADA

- Cañeque, V., C. Sañudo, 2000. Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Ministerio de ciencia y tecnología. Madrid, España. 255 p.
- Carballo, B., T.G. López y A. Madrid. 2001. Tecnología de la carne y de los productos cárnicos. Ed. Mundi prensa. 320 p.
- Cepero, R., Sañudo, C., 1996. Definición y medición de las características de la calidad sensorial de la carne de ave. Jornadas técnicas de avicultura. Arenys de Mar, 10-13 junio 1996
- Colomer, R.F. 1983. Producción de canales ovinas frente al mercado común europeo. Instituto Fernando el Católico. Zaragoza, España. 107p.
- Dransfield, E., Nute, G.R., Roberts, T.A., Boccard, R., Touraille, C., Buchter, L., Casteels, M., Cosentino, E., Hood, D.E., Joseph, R.L., Schon, I., Paardekooper, E.J.C., 1984. Beef Quality Assessed At European Research Centres. Meat Sci. 10: 1-10.
- Forrest, J.C., E.D. Alberle, H.B. Hedrick, M.D. Judge, R.A. Merkel. 1980. Fundamentos de ciencia de la carne. Ed. Acribia, Zaragoza, España. 364 p.
- Guerrero L. I., Ponce, A. E. y Perez C. L. 2002. Curso practico de tecnología de carnes y pescado. Universidad Autónoma Metropolitana. 171 p.
- Hui, Y.H., Guerrero, L.I., Rosmini, M.R. 2006. Ciencia y tecnología de la carne. Ed. Limusa. 378 p.
- Ganong, W. F. 2001. Fisiología médica. 18ª edición en español, Manual moderno. México, D. F. 980 p.

- Garza, F. J. D.; C. J. H. Ramírez; T. H. Montgomery y F. J. Garza 1997. Comportamiento productivo y características de canal en vaquillas de engorda suplementadas con zilpaterol en condiciones comerciales. XXXII Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Veracruz, México.
- Gay, J.F.R. 2000. V Curso de higiene y calidad de carne. Preservación de la calidad de la carne con manejo sanitario, eficiente en los animales destinados al abasto. División de Educación Continua. FMVZ. UNAM, México. 325 p.
- Grunert, K. G., Bredahl, L., BrunsÆ, K., 2004. Consumer perception of meat quality and implications for product development in the meat sector a review. *Meat Sci.* 66:259- 272.
- Gutiérrez, O.E., V.A. Tapia. 1995. Factores que afectan el consumo voluntario de alimentos de ovinos en crecimiento y engorda. In. *Memorias Curso-Taller Internacional sobre Consumo Voluntario de Alimento.* Grupo Norte Mexicano de
- Muriel, E., Antequera, T. y Ruiz, J. 2002. Efecto del tipo de músculo sobre parámetros de calidad en carne fresca de cerdo ibérico. *Ciencia y tecnología alimentaria.* 3:4(241-247). *Nutrición Animal.* Saltillo Coahuila, México.
- Koohmaraie, M., S.D. Shackelford, N.E. Mugglit, R.T. Stone.1991. Effect of the beta-adrenergic agonist L-644,969 on muscle growth, endogenous proteinase activities, and postmortem proteolysis in wether lambs. *J Anim Sci.* 69:4823-4835.
- Koohmaraie, M., S.D. Shackelford, T.L. Wheeler. 1996. Effects of a beta-adrenergic agonist (L-644,969) and male sex condition on muscle growth and meat quality of callipyge lambs *J. Anim. Sci.* 74:70-79

- Lepetit, J. y Culioli, J., 1991. Mechanical properties of meat. *Meat Sci.* 36:203-237.
- López, V.R. y Casp, V.A. 2004. *Tecnología de mataderos*. Editorial Mundi-Prensa. 3a edición. Madrid, España. 431 pp.
- 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.
- Moreno, G. B. 2003. *Higiene e inspección de carnes*. Ediciones Díaz de Santos S. A. Madrid, España. Volumen I, 646 p. Volumen II, 593 p.
- Mossel, D.A.A., Moreno, B. y Struijk C. B. 2003. *Microbiología de los alimentos*. Ed. ACRIBIA S. A. 2ª edición. Zaragoza, España. 702 p.
- Muriel, E., Antequera, T. y Ruiz, J. 2002. Efecto del tipo de músculo sobre parámetros de calidad en carne fresca de cerdo ibérico. *Ciencia y tecnología alimentaria*. 3:4(241-247).
- NMX-FF-106-SCFI-2006. PRODUCTOS PECUARIOS - CARNE DE OVINO EN CANAL – CLASIFICACIÓN. Dirección general de Normas.
- Price, F.J. y B.S. Schweigert. 1994. *Ciencia de la carne y de los productos cárnicos*. Editorial Acribia S.A. Zaragoza. España. 579 p.
- Pringle, D., C.R. Calkins, M. Koohmaraie, S.J. Jones. 1993. Effects over time of feeding a beta-adrenergic agonist to wether lambs on animal performance, muscle growth, endogenous muscle proteinase activities, and meat tenderness. *J. Anim. Sci.* 71:636-644.
- Rikhardsson, G., K.A. Johnson, D.E. Johnson. 1991. Effects of cimaterol on energetics and carcass characteristics of Suffolk ewe lambs. *J Anim Sci.* 1991. 69:396-404.

- Rios R.F.G., Robles, E.J.C., Obregon, J.F.O. Estrada, A.A., Contreras, P.G. y Portillo, L.J.J. 2009. Efecto de dos agentes β -agonistas en la respuesta productiva y características de la canal de ovinos de pelo en finalización. Memorias XXXIV reunión anual de la AMPA.
- Salinas-Chavira, J., Ramirez, R.G., Dominguez-Muñoz, M., Palomo-Cruz, R., López-Acuña, V.H., 2004. Influence of zilpaterol hydrochloride on growth and carcass characteristics of Pelibuey lambs. *J Appl Anim Res.* 26:13–16.
- Salinas, C. J.; M. M. Domínguez; M. R. Díaz; B. P. Cruz; G. M. F. Montaña and A. C. Arzola 2006. Effect of duration of zilpaterol hydrochloride treatment on carcass characteristics and weight Gain in grazing Pelibuey lambs, *J Appl Anim Res.* 29.
- Santrich, V.D. 2006. Evaluación de la calidad y composición química de la carne de res proveniente de animales de dos grupos de edad en Puerto Rico. Tesis de Maestría. Recinto Universitario de Mayagüez. Universidad de Puerto Rico. 92 pp.
- Sañudo, C., Sanchez, A., Alfonso, M., 1998a. Small ruminant production systems and factors affecting lamb meat quality. *Meat Sci.* 49, (Supplement 1):383-390.
- Seideman, S.C., Cross, H.R., Crouse, J.D., 1989. Variation in the sensory properties of beef as affected by sex, condition, muscle and postmortem aging. *J Food Qual.* 12: 39-58.
- Shackelford, S. D.; J. W. Edwards; E. K. Smarr and J. W. Savell 1992. Retail cut yields of Rambouillet wether lambs fed the β -adrenergic agonist L644,969, *J Anim Sci.* 70:161-168.
- Surak J. 1996. Un solo sistema no es suficiente para alcanzar la calidad total. *Carnetec* 5:24-27.

- Torres, V.A. 1998. 7^a. Reunión Anual (CONASA), “La Sanidad Animal responsabilidad compartida de los mexicanos”. Seguridad e la producción de la carne y derivados. Septiembre, México. 124 p.
- U.S. Meat, 2001. Manual de carne de res en E.U.A. 475 p.
- Warris, P.D., Kestin, S.C., Young, C.S., Bevis, E.A., Brown, S.N., 1990. Effect of pre-slaughter transport on carcass yield and indices of meat quality in sheep. J Sci F Agric. 51: 517-523.
- Zorrilla, J. 2003. Productos pecuarios – carne de bovino en canal – clasificación. Manual técnico – operativo. NMX-FF-078-2002.
- Zorrilla, R. J.; I. Morales; R. D. Liceaga y V. R. Hernández 1998. Efecto del clorhidrato de zilpaterol en la cortabilidad de canales de toretes acebuzados finalizados con dietas a base de cebada forrajera, en XXXIV Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Querétaro, México.

