

Universidad Autónoma de Sinaloa
Colegio en Ciencias Agropecuarias
Maestría en Ciencias Agropecuarias



Tesis:

**"MÉTODO DE SUMINISTRO DEL CLORHIDRATO DE ZILPATEROL EN OVINOS:
CRECIMIENTO, RETENCIÓN DE ENERGÍA, CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL
Y CALIDAD DE LA CARNE"**

Para obtener el grado de Maestro(a) en
Ciencias Agropecuarias

Presenta:

MVZ Karla Hildeliza Leyva Medina

Director de Tesis

Dr. Juan Carlos Robles Estrada

Co-Director

Dr. Horacio Dávila Ramos

Asesores:

Dr. Jesús José Portillo Loera

Dr. Francisco Gerardo Ríos Rincón

Dr. Alfredo Estrada Angulo

Culiacán Rosales, Sinaloa 22 Agosto del 2015

**M.C.JAIME ELEAZAR BORBOLLA IBARRA
DIRECTOR
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA
PRESENTE.-**

Los abajo firmantes, miembros del Jurado de Grado, hacemos constar que la tesis:

**MÉTODO DE SUMINISTRO DEL CLORHIDRATO DE ZILPATEROL EN OVINOS:
CRECIMIENTO, RETENCIÓN DE ENERGÍA, CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL
Y CALIDAD DE LA CARNE**

Presentada como requisito parcial para obtener el Grado de Maestro en Ciencias Agropecuarias por:

C. Karla Hildeliza Leyva Medina

Ha sido revisada y al considerar que cumple con los requisitos necesarios, se otorga el **VOTO APROBATORIO**, para ser impresa y defendida en el Examen de Grado, en la fecha que la Universidad asigne para ello.

A T E N T A M E N T E

Culiacán, Sinaloa, 22 de Agosto de 2015

Dr. Jesús José Portillo Loera
Presidente

Dr. Francisco Gerardo Ríos Rincón
Secretario

Dr. Juan Carlos Robles Estrada
Vocal A

Dr. Horacio Dávila Ramos
Vocal B

Dr. Alfredo Estrada Angulo
Vocal C

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto no habría sido posible sin la ayuda de mucha personas.

Agradezco en primer lugar este humilde trabajo a mis padres quienes me dieron vida, educación, apoyo, consejos y a mis hermanos por su apoyo ilimitado y su comprensión.

A mi esposo por su comprensión y paciencia para realizar este trabajo, que sin su ayuda no hubiera sido posible.

A mi director de tesis el Dr. Juan Carlos Robles Estrada, por aceptarme para realizar estudios de Maestría bajo su dirección, por su confianza y apoyo durante la realización del presente trabajo, y principalmente por compartir sin reservas su experiencia y su entusiasmo por la investigación.

A mi co-director el Dr. Horacio Dávila Ramos por su amistad y colaboración generosa en la realización de éste y otros proyectos de investigación.

A mis asesores, el Dr. Jesús José Portillo Loera, el Dr. Francisco Gerardo Ríos Rincón y el Dr. Alfredo Estrada Angulo por su amistad y sus aportaciones siempre valiosas y acertadas.

Al personal administrativo y compañeros docentes de la FMVZ-UAS, quienes me brindaron su apoyo y me otorgaron las facilidades necesarias para concluir con éxito el presente trabajo.

Un agradecimiento especial al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo económico otorgado para la realización de mis estudios de Maestría.

CONTENIDO

	PÁGINA
ÍNDICE DE CUADROS.....	v
ÍNDICE DE GRÁFICAS.....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.1 Perspectivas de la explotación ovina en México y Sinaloa.....	2
2.2 Sistemas de producción para ovinos de engorda.....	2
2.3 Agonistas β -adrenérgicos.....	3
2.4 Mecanismo de acción de los Agonistas β -adrenérgicos.....	4
2.5 Eficacia de los Agonistas β -adrenérgicos en la producción intensiva de carne en rumiantes.....	5
2.6 Características productivas y de la canal de bovinos de engorda utilizando el clorhidrato de zilpaterol.....	6
2.7 Características productivas y de la canal de ovinos de engorda utilizando el clorhidrato de zilpaterol.....	7
2.8 Composición tisular de la canal de bovinos de engorda utilizando clorhidrato de zilpaterol.....	8
2.9 Composición tisular de la canal de ovinos de engorda utilizando clorhidrato de zilpaterol.....	8
2.10 Calidad de la carne en bovinos de engorda utilizando clorhidrato de zilpaterol.....	10
2.11 Calidad de la carne en ovinos de engorda utilizando clorhidrato de zilpaterol.....	11
2.12 Método de suministro del clorhidrato de zilpaterol en bovinos.....	12
2.13 Método de suministro del clorhidrato de zilpaterol en ovinos.....	13

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
IV. JUSTIFICACIÓN.....	16
V. HIPÓTESIS.....	17
VI. OBJETIVO.....	18
VII. MATERIAL Y MÉTODOS.....	19
7.1 Localización del lugar de trabajo.....	19
7.2 Manejo de los ovinos en corral	19
7.3 Dietas experimentales.....	20
7.4. Determinación del consumo de alimento, ganancia diaria de peso y la eficiencia alimenticia.....	21
7.5 Determinación de las características de la canal y calidad de la carne.....	21
7.6 Análisis estadístico.....	22
VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
IX. CONCLUSIONES.....	32
X. LITERATURA CITADA.....	33

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
1	Utilización del clorhidrato de zilpaterol y mejora (%) en las características productivas y de la canal en bovinos de engorda.....	6
2	Utilización del clorhidrato de zilpaterol y mejora (%) en las características productivas y de la canal en ovinos de engorda.....	7
3	Utilización del clorhidrato de zilpaterol y mejora (%) en la composición tisular de la canal de bovinos en engorda.....	8
4	Utilización del clorhidrato de zilpaterol y mejora (%) en la composición tisular de la canal de ovinos en engorda.....	8
5	Calidad de la carne en bovinos de engorda utilizando el clorhidrato de zilpaterol.....	10
6	Calidad de la carne en ovinos de engorda utilizando el clorhidrato de zilpaterol.....	11
7	Mejora en cuanto al sistema de suministro del clorhidrato de zilpaterol en bovinos (%)......	12
8	Mejora en cuanto al sistema de suministro del clorhidrato de zilpaterol en ovinos (%)......	13
9	Efecto del método de suministro del zilpaterol en la respuesta productiva de ovinos en finalización.....	23
10	Efecto del método de suministro del zilpaterol en la respuesta productiva con ajuste por rendimiento de la canal de ovinos en finalización.....	25

11	Efecto del método de suministro del zilpaterol en las características de la canal de ovinos en finalización.....	26
12	Efecto del método de suministro del zilpaterol en la composición tisular de la canal de ovinos en finalización.....	27
13	Efecto del método de suministro del zilpaterol en la calidad de la carne de ovinos en finalización.....	28
14	Efecto del método de suministro del zilpaterol en la energía de la dieta y lo observado del consumo de materia seca entre lo esperado de ovinos en finalización.....	30
15	Eficiencia económica de los tratamientos con zilpaterol en ovinos en finalización.....	31

ÍNDICE DE GRÁFICAS

GRÁFICA		PÁGINA
1	Distintos métodos de suministro y niveles plasmáticos del clorhidrato de zilpaterlol en ovinos	14

RESUMEN

Método de suministro del clorhidrato de zilpaterol en ovinos: crecimiento, retención de energía, características de la canal y calidad de la carne

Karla Hildeliza Leyva Medina

Con el objetivo de determinar la eficacia del método de suministro de clorhidrato de zilpaterol (ZIL) en el crecimiento, retención de energía, características de la canal y calidad de la carne de ovinos en finalización, se utilizaron 24 machos Dorper x Katahdin (45.5 ± 0.92 kg), en una prueba de alimentación de 27 días de duración. Con base en un diseño en bloques completamente al azar, los ovinos se alojaron en 24 corraletas y asignados a consumir en una dieta base de maíz quebrado y pasta de soya (16 % de proteína cruda y 111.38 Mcal/ENg) los siguientes tratamientos: 1) Testigo, dieta sin adición de ZIL; 2) Administrar diario zilpaterol solo en la mañana (Am), 3: Administrar diario zilpaterol en la mañana y tarde (ppm), 4: Intercalando los días de suministro del zilpaterol (INT) durante 24 días, ZIL se retiró del alimento tres días antes de finalización de la prueba. La adición del zilpaterol (T vs. Am, ppm) mejoró ($P \leq 0.01$) 3.7 % el peso vivo final, 35.8 % la ganancia de peso diaria, 35.3 % la ganancia total de la prueba y 23.4 % la eficiencia alimenticia. El método intermitente (T vs. INT) mejoró en 3.3 % el peso vivo final ($P = 0.03$), además, aumentó 31.6 % la ganancia diaria de peso, 31.0 % la ganancia total y 24.0 % la eficiencia alimenticia ($P = 0.01$). La adición del clorhidrato de zilpaterol (T vs. Am, ppm) mejoró ($P \leq 0.01$) 6.1 % el peso de la canal caliente, 16.9 % el músculo *Longissimus dorsi*, sin encontrar diferencias en el resto de las variables ($P \geq 0.16$). El método intermitente (T vs. INT) no mostró diferencias significativas en ninguna de las variables de las características de la canal. El uso del clorhidrato de zilpaterol demuestra mejorar la retención de energía neta de ganancia hasta un 17.9 % y puede modificar las características de color de la carne. Se concluye que la adición del clorhidrato de zilpaterol por administración de los métodos tradicionales (Am y ppm) mejora la respuesta productiva, las características de canal, la retención de energía y modifica las características de color de la carne, sin embargo es el método de consumo constante (ppm) de zilpaterol el que muestra la respuesta productiva

más óptima para todas las variables. Además, el método de suministro intermitente solo mejora las variables de comportamiento productivo en vivo sin mostrar respuestas positivas en las características de canal.

PALABRAS CLAVES: zilpaterol, método de suministro, ovinos.

ABSTRACT

Supplementation method of zilpaterol hydrochloride in sheep: growth, energy retention, carcass characteristics and meat quality

Karla Hildeliza Leyva Medina

With the aim to determine the effect of supplementation method of zilpaterol hydrochloride growth performance, energy retention, carcass characteristics and meat quality of feedlot lambs. Twenty-four Dorper x Katahdin (45.5 ± 0.92 kg) intact male lambs were used in a feed trial (27 days). A randomized complete block design (24 pens, 6 replicates per treatment) was used. Lambs were allocated in 24 pens and assigned to feed experimental diet based on corn cracked and soybean meal (16 % CP and 1.38 Mcal / NEg). Treatments consisted of supplying zilpaterol hydrochloride at rate of 0.20 mg / kg (~ 9 mg / head / d) average live weight during the test, (1) control, no zilpaterol supplementation; (2) total dose of zilpaterol was offered only in morning feeding (Am), (3) total dose of zilpaterol was offered in morning and afternoon feeding (PPM), and (4) total dose of zilpaterol consisted in offering one day and suspended the next day, like intermittent supplementation (INT). Supplementation zilpaterol (T vs Am, ppm) improved ($P \leq 0.01$) 3.7% final live weight, 35.8% of daily weight gain, 35.3% overall gain of the trail and 23.4% ratio gain:feed. The intermittent method (T vs INT) improved 3.3% in the final live weight ($P = 0.03$) also increased 31.6% daily gain, total 31.0% 24.0% gain and feed efficiency ($P = 0.01$). Adding zilpaterol hydrochloride (T vs. Am, ppm) improved ($P \leq 0.01$) 6.1% the hot carcass weight, 16.9% *Longissimus dorsi* muscle, with no differences in the other variables ($P \geq 0.16$). The intermittent method (T vs INT) showed no significant differences in any of the variables of carcass characteristics. Use zilpaterol hydrochloride demonstrates improve retention of net energy gain up to 17.9% and modify the color characteristics of the meat. It is concluded that the addition of hydrochloride administration zilpaterol by traditional methods (Am and ppm) improves productive response, the carcass characteristics, energy retention and modifies the meat color. However, it is the method constant consumption (ppm) of zilpaterol which

shows the optimal production response for all variables. Furthermore, the intermittent supply method improves only productive performance variables without modify carcass traits variables.

KEYWORDS: zilpaterol, supplementation method, lambs.

I. INTRODUCCIÓN

En el estado de Sinaloa, como en México, la ovinocultura está teniendo cambios importantes derivados de una competitividad creciente en los mercados y de mayores exigencias de calidad en sus productos (Salinas *et al.*, 2004); además, el crecimiento numérico de la especie en el estado, durante el periodo de 2004 al 2013 fue del 56 %, pasando de 142,403 a 222,865 cabezas (SIAP, 2013); muestra del potencial productivo que poseen los ovinos, además del impacto económico que se puede lograr mediante un proceso eficiente. Mejorar la eficiencia del ovino, con el propósito de obtener productos de buena calidad y en el menor tiempo posible, es uno de los retos de la producción ovina (Beermann *et al.*, 1995), debido a esto, la producción de carne de ovino tiene una tendencia hacia la utilización de sistemas de producción intensiva (Cano *et al.*, 2001), para efficientizar este sistema los promotores del crecimiento pueden ser utilizados (Byers, 1982; López *et al.*, 2003), además algunos de estos compuestos modifican las características de la canal, con la intervención de diversos factores de producción, incluyendo al plano nutricional, donde puede influir el contenido y la cantidad de la proteína, el nivel de energía o bien la inclusión de aditivos a la dieta que promuevan la síntesis de proteína muscular o disminuyan la deposición de grasa en los tejidos (Byers, 1982). Los beta agonistas son utilizados en la producción de carne de bovino para mejorar el rendimiento en canal, efecto en virtud que fomenta la producción de proteína y reduce la grasa (Sumano *et al.*, 2002; Bradley, 2004). Existen dos métodos de suministro, sin embargo en la literatura revisada no se encuentra información sobre el efecto del método de suministro del clorhidrato de zilpaterol en la respuesta productiva, características de la canal y calidad de la carne de ovinos en finalización es escasa (López *et al.*, 2003; Félix *et al.*, 2005). Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue determinar el efecto del método de suministro del clorhidrato de zilpaterol en la respuesta productiva, retención de energía, características de la canal y calidad de la carne de ovinos en finalización

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Perspectivas de la explotación ovina en México y Sinaloa

La producción ovina está teniendo cambios importantes derivados de una competitividad creciente en los mercados y de mayores exigencias de calidad en sus productos (Salinas *et al.*, 2004). Asimismo, en México, los ovinos son una fuente de proteínas de origen animal y representan un gran potencial, ya que por sus hábitos alimenticios y tamaño, aprovechan de manera eficiente la vegetación de las tierras de pastoreo, ya sean agostaderos, praderas o plantaciones agroforestales (Bores y Vega, 2003). El complemento ideal de la producción de corderos bajo sistemas de pastoreo es la finalización en confinamiento, sobre todo utilizando recursos alimenticios disponibles localmente y limitando la dependencia de insumos externos, este sistema de producción siguiendo unos principios básicos de suplementación ofrece excelentes rendimientos siendo simple y rentable (Sánchez, 2002). En México desde 2002 al 2011 muestra un incremento al pasar de 6,417,080 a 8,219,386 cabezas de ganado ovino; sin embargo, en el estado de Sinaloa durante el periodo del 2004 al 2013 el crecimiento de la especie ovina tuvo un incremento del 56 %, pasando de 142,403 a 222,865 cabezas (SIAP, 2013), esto demuestra el potencial productivo que posee el ganado ovino y el impacto económico que se puede lograr mediante un proceso eficiente, por lo que es necesario buscar alternativas tecnológicas que permitan incrementar la producción de carne de ovino en México.

2.2. Sistemas de producción para ovinos de engorda

Los sistemas de producción ovina son muy similares a los de bovinos, en el sentido de que la producción de corderos se hace en sistemas extensivos de bajos insumos y la engorda se realiza tanto en corral como en pastoreo (Hernández, 2001; Bores y Vega, 2003), pero no se tiene información en relación con el tamaño de las unidades de producción; se estima que alrededor del 20 % de los animales se finalizan en corral en sistemas de altos insumos, 40 % se finalizan en corral en sistemas de medianos insumos y otro 40 % en pastoreo en sistemas de bajos insumos (Bores y Vega, 2003). El sistema de producción de los ovinos en los trópicos

basado solamente en pastos permiten solo modestos niveles de producción y el potencial genético del ovino no es expresado en su totalidad (Sánchez, 2002). Como alternativa para reducir la inversión en el costo de la alimentación, se utiliza el pastoreo con complementación energética y proteica, aunque en este sistema los días al mercado se incrementan debido a una menor ganancia diaria de peso, en estas condiciones los animales están expuestos al calor y a alta humedad que en algunas estaciones del año superan los límites de bienestar en los animales (Hernández, 2001). La utilización de sistemas intensivos estabulados para producción de ovinos en México es reciente, han ganado gran popularidad y difusión en pocos años, tanto para engordas, como en rebaños de ciclo completo (De Lucas y Arbiza, 2000). Una alternativa que ha demostrado ser viable en la engorda de corderos, corresponde al uso de concentrados energéticos (Sánchez y Martínez, 2001), esto exige utilizar técnicas que faciliten el manejo y que permitan conseguir mayores rendimientos por animal, obteniendo así, productos bien aceptados por los consumidores (Folch *et al.*, 2001).

2.3. Agonistas β - adrenérgicos

La mejora conseguida en los últimos años en la producción animal, han dado pasos importantes; el grupo de más reciente incorporación a la lista de compuestos farmacológicamente activos que se utilizan en producción animal para mejorar la retención nitrógeno, son los llamados "repartidores de energía". Son agentes químicos que actúan, específicamente, a nivel de los receptores beta-adrenérgicos celulares, derivando los nutrientes y la energía procedentes de los alimentos y de la lipólisis hacia la síntesis proteica y muscular (Silva, 2006). Los agonistas β -adrenérgicos (A β A) se utilizan en la producción animal, incluidos los rumiantes, para propiciar una mayor eficiencia de uso del alimento, al cual se manifiesta en mejores características de la canal, así como en la composición química de la carne, al reducir el contenido de grasa y aumentar el de proteína (Domínguez *et al.*, 2009). El clenbuterol posee una estructura similar a las catecolaminas endógenas, adrenalina y noradrenalina, razón por la cual se le asignó el término de agonistas beta adrenérgicos (A β A) debido a la alta afinidad que posee por los receptores beta

adrenérgicos (Beermann, 2002; Bradley, 2004). Por ejemplo, la actividad cardioestimuladora del clenbuterol es aproximadamente 2000 veces superior a la del zilpaterol, por lo cual el uso de este es un procedimiento ilegal y se considera el consumo de clenbuterol en productos de origen animal un riesgo para la salud pública (Sumano *et al.*, 2002) ya que puede provocar estimulación cardiovascular, taquicardia y muerte del consumidor (Troncoso, 2009). Entre los agonistas β -adrenérgicos que tienen autorizada su venta, se encuentra la ractopamina y zilpaterol, esto debido a que su potencia broncodilatadora, vaso o cardioactiva, es mucho menor que la del clenbuterol y aun que la del salbutamol, por lo tanto se consideran seguros para el uso en animales destinados para consumo humano (Sumano *et al.*, 2002). Se sabe que el aumento de peso en los animales está relacionado con las especie, raza, edad, sexo, dieta y tiempo de suplementación (Bravo *et al.*, 2009). Considerando que en nuestro país, la utilización del zilpaterol en ovinos en engorda es cada vez más frecuente. Distintos trabajos demuestran la eficacia del zilpaterol en ovinos (López *et al.*, 2003, Salinas *et al.*, 2004, Estrada *et al.*, 2008, Robles, 2009 y Ríos *et al.*, 2010).

2.4. Mecanismo de acción de los Agonistas β -adrenérgicos

Los A β A enlazados con los receptores beta adrenérgicos producen un efecto biológico, señalado en investigaciones recientes, indican que es debido a la presencia de diferentes subtipos de receptores, así como a la diferencia en potencia y eficacia de los agonistas beta adrenérgicos (Bradley, 2004). Dos tipos de receptores adrenérgicos fueron descubiertos y clasificados, los α y los β ; pero además fueron revelados tres subtipos de receptores beta adrenérgicos, conocidos como β 1, β 2 y β 3; se conoce que la mayoría de las células de los mamíferos contienen los receptores, pero la distribución y número de cada subtipo varía entre los diferentes tejidos, especies y aún en la misma especie (Mersmann, 1998; Bradley, 2004). Una vez formado el complejo agonista receptor se activa la proteína Gs. la subunidad alfa de la proteína Gs activa a la adenilatociclase, enzima que produce el monofosfato de adenosina cíclico (AMPc) una de las principales moléculas de señalización intracelular. Esta molécula produce sus efectos al unirse a

subunidad reguladora de la cinasa proteínica A, para liberar la subunidad catalítica que fosforila a un buen número de proteínas intracelulares (Sumano *et al.*, 2002).

2.5. Eficacia de los Agonistas β -adrenérgicos en la producción intensiva de carne en rumiantes

El consumo de alimento parece no ser afectado, aunque en algunos casos el consumo en los animales tratados con A β A fue menor a los del grupo control, en general estos estudios sugieren que los efectos de los A β A sobre el consumo de materia seca son mínimos. Mientras que la GDP puede o no incrementarse con la administración de A β A; estos logros en la eficiencia alimenticia son los primeros resultados de los cambios dramáticos en la composición de la ganancia de tejido muscular, lo cual significa mayor cantidad de proteína y menor cantidad de grasa en la canal. Los A β A disminuyen el contenido de grasa en la canal de bovinos (Castellanos *et al.*, 2006). También, incrementa el área del *Longissimus dorsi* (Avendaño *et al.*, 2006), además, incrementa la retención de proteína muscular. En la actualidad, estos efectos tienen un impacto importante, debido a la creciente demanda de carne magra por parte del consumidor, enfatizando en la composición de la canal con menos grasa, tanto intramuscular como de cobertura y mayor masa muscular (Nourozi *et al.*, 2005). Esto también se traduce en mayor beneficio económico (Cañeque y Sañudo, 2000). En base a los antecedentes registrados, se establece que es importante generar más información en base a investigación científica para determinar el impacto de los Agonistas β -adrenérgicos en la producción intensiva de carne de ovino y optimizar la utilización de los recursos materiales disponibles para lograr procesos más eficientes y rentables.

2.6. Características productivas y de la canal de bovinos de engorda utilizando el clorhidrato de zilpaterol

Cuadro 1. Utilización del clorhidrato de zilpaterol y mejora en porcentaje en las características productivas y de la canal en bovinos de engorda

Variables	Vasconcelos <i>et al.</i> , 2008	Montgomery <i>et al.</i> , 2009	Robles <i>et al.</i> , 2009	Elam <i>et al.</i> , 2009
Peso vivo final (kg)	1.0	1.8	0.3	1.5
GDP (kg)	1.9	43.5*	59.1*	4.4
Ganancia/Consumo	4.0	46.7*	56.6*	4.7
Consumo (MS), kg	-1.3	-1.9	1.3	-0.2
PCC (kg)	4.2	3.7	3.6	4.2
Rendimiento canal (%)	2.0	1.3	2.0	1.7
Área ojo de la costilla	11.3	9.4	6.3	11.5
Espesor de grasa dorsal	-16.8	-8.4	-24.7	-8.5
Grasa renal y pelvica %	-0.1	-1.0	-0.2	-0.02

GDP= Ganancia diaria de peso, PCC= Peso de la canal caliente, * Variables ajustadas al rendimiento de canal.

2.7. Características productivas y de la canal de ovinos de engorda utilizando el clorhidrato de zilpaterol.

El porcentaje de mejora registrado en comportamiento y en la canal, mostrado en el cuadro 2, ocurre bajo distintas condiciones específicas relacionadas con el tipo de compuesto, dosis y días de suministro. En los estudios de corta duración se observa mejora en la ganancia de peso, lo que puede implicar que dosis de larga y

constante exposición de A β A, resultan en insensibilización del receptor y la consecuente pérdida de potencial (Mersmann ,1998).

Cuadro 2. Utilización del clorhidrato de zilpaterol y mejora (%) en las características productivas y de la canal en ovinos de engorda.

Variables	Robles <i>et al.</i> , 2009	López <i>et al.</i> , 2011	López <i>et al.</i> , 2012	Macias <i>et al.</i> , 2013
Peso vivo final (kg)	2.8	12.6	4.1	2.2
GDP(kg)	23.5*	39.9*	23.4	8.8
Ganancia/consumo	17.0*	35.3*	26.3	11.5
Consumo de materia seca	4.9	-2.1	-7.2	-1.7
PCC(kg)	5.9	5.8	9.2	15.1
Rendimiento canal (%)	1.5	3.2	3.4	5.8
Area ojo de la costilla	8.3	10.6	17.4	28.1
Espesor de grasa dorsal	-29.3	- 42.2	-22.1	-10.3
Grasa renal y pelvica	-0.3	--	--	-0.8

GDP= Ganancia diaria de peso, PCC= Peso de la canal caliente, -- El autor no manejo el dato.* Variables ajustadas al rendimiento de canal.

El aumento del rendimiento de la canal y la disminución de la grasa interna (RPC) han sido una respuesta consistente con la suplementación del clorhidrato de zilpaterol en ganado (Plascencia, 2008). Aunado a el aumento en la síntesis de proteína muscular o disminución de la degradación de proteína, da como resultado el aumento de la proteína total de la canal y canales más pesadas (Beermann, 2002).

2.8 Composición tisular de la canal de bovinos en engorda utilizando clorhidrato de zilpaterol

La composición tisular de la canal debería ser, la característica de calidad más importante, ya que determina posibles deficiencias o excesos en la cantidad de grasa, siendo ésta a peso de canal constante el principal tejido en determinar la variación del resto de los componentes corporales (músculo y hueso) (Bianchi, 2007). El porcentaje que corresponde a estos tejidos puede variar entre canales de cordero de peso similar, debido a la influencia de factores de tipo racial, sistema de producción y tipo de alimentación, incluyendo los beta-agonistas (cuadro 3); por ello, se busca que las canales tengan elevada cantidad de carne, mínima cantidad de hueso y un nivel óptimo de grasa, para evitar la deshidratación de la carne, y que se favorezca la calidad del producto final (Ruiz, 1996).

Cuadro 3. Utilización del clorhidrato de zilpaterol y mejora (%) en la composición tisular de la canal de bovinos en engorda

Variables	Robles <i>et al.</i> , 2009	Shook <i>et al.</i> , 2009	Boler <i>et al.</i> , 2009
Músculo	2.3	2.9	1.5
Hueso	0.1	0.7	0.8
Grasa	-3.2	-0.5	-4.9

2.9. Composición tisular de la canal de ovinos en engorda utilizando clorhidrato de zilpaterol

La proporción de tejidos muscular, adiposo y óseo, influye en las características cualitativas y cuantitativas de la canal, por lo que es de interés conocer el efecto de sistemas de alimentación o de la inclusión de ingredientes en las dietas de los animales (Yamamoto, 2007). Conforme incrementa el grado de madurez de las ovinos, la proporción de grasa diseccionada de la canal tiende a aumentar, y en lo general se eleva conforme incrementa el peso al sacrificio (Ríos, 2012).

Cuadro 4. Utilización del clorhidrato de zilpaterol y mejora (%) en la composición tisular de la canal de ovinos en engorda

Variables	Casaya <i>et al.</i> , 2011	Machado, 2013
Músculo	4.6	5.9
Hueso	1.4	1.4
Grasa	-2.9	-3.9

El tejido adiposo está constituido por cuatro tipos de grasa: interna (pélvica y peri - renal), intermuscular, subcutánea e intramuscular, con diferentes ritmos proporcionales de deposición: más temprano la grasa intermuscular y más tarde la intramuscular, presentando las grasas interna y subcutánea ritmos intermedios. A pesar de la importancia de la grasa intramuscular desde el punto de vista sensorial, está demostrado que una mayor cantidad de grasa de cobertura protege a las fibras musculares del acortamiento por el frío y de las pérdidas durante la conservación (Bianchi, 2007).

2.10 Calidad de la carne en bovinos de engorda utilizando clorhidrato de zilpaterol

El pH de la carne es una de las principales características que determinan la calidad del producto y está influida por múltiples factores que pueden interactuar entre sí determinando la velocidad de descenso y pH final (cuadro 5). Este rasgo es el factor principal en determinar las características organolépticas: color, olor y ternura de la carne, además de afectar la capacidad de retención de agua (jugosidad) de la carne (Bianchi, 2007).

Cuadro 5. Calidad de la carne en bovinos de engorda utilizando el clorhidrato de zilpaterol

Variables	Hilton <i>et al.</i> , 2008		Gunderson <i>et al.</i> , 2009		Avendaño <i>et al.</i> , 2006		
	C	Z	C	Z	C	Z	
Color	L*	34.5	34.7	48.1	49.7	34.88	35.56
	a*	15.5	13.9	26.4	25.7	17.51	16.27
	b*	13.8	12.7	21.9	22.1	9.36	9.25
pH	5.6	5.6	5.7	5.7	5.4	5.4	
Resistencia al corte kg	--	--	--	--	4.3	5.1	

L*= Luminosidad, a*= índice de rojo, b*= índice de amarillo. C= Control, Z= Zilpaterol

El sistema de representación del color más adecuado es el descrito por la Commission International de l'Eclairage (CIE, 1986), ya que se presenta más uniforme en la zona de los rojos (Hernández, 1994). Este sistema emplea las coordenadas tricromáticas L* (luminosidad), a* (índice rojo) y b* (índice de amarillo), de manera que a partir de relaciones entre ellas se pueden obtener las coordenadas colorimétricas, la intensidad de color o saturación y el tono. La coordenada L* es la más relacionada con la valoración visual del consumidor (Murray, 1989).

2.11 Calidad de la carne en ovinos de engorda utilizando clorhidrato de zilpaterol

Después del sacrificio, el músculo sufre una serie de transformaciones bioquímicas conocidas globalmente bajo el término de maduración y que afectan a la estructura de las miofibrillas (ruptura de la estructura muscular a nivel de la línea Z) dando como resultado una mayor terniza de la carne. Se pueden producir también modificaciones en el estado químico de la mioglobina, alterando el color de la carne, aunque existen bastantes discrepancias sobre el efecto que la maduración pueda tener sobre la capacidad de retención de agua, que no sea debido a un leve aumento del pH que suele ocurrir en esta etapa Asimismo, el tiempo de maduración es un

componente fundamental en el desarrollo de los precursores del sabor, a partir de los compuestos de base (lípidos y proteínas). En algunos casos se han registrado aumentos notables en el índice de oxidación de lípidos de la carne más madurada (Bianchi, 2007).

Cuadro 6. Calidad de la carne en ovinos de engorda utilizando el clorhidrato de zilpaterol

Variables		Ríos <i>et al.</i> , 2008		Lopez <i>et al.</i> , 2010		Casaya <i>et al.</i> , 2011	
		C	Z	C	Z	C	Z
Color	L*	33.6	29.9	31.6	31.8	37.7	31.9
	a*	6.4	5.3	10.6	6.9	15.4	12.8
	b*	3.8	3.1	3.4	2.7	8.4	3.7
pH		5.1	5.4	5.7	5.7	--	--
Resistencia al corte, kg		0.5	0.6	--	--	5.3	4.3

L*= Luminosidad, a*= índice de rojo, b*= índice de amarillo. C= Control, Z= Zilpaterol

2.12 Método de suministro del clorhidrato de zilpaterol en bovinos

En relación a los cuadros 7 y 8, donde podemos observar la eficacia de dos métodos de suministro del clorhidrato de zilpaterol, los cuales son el método Am, el cual consiste en administrar la dosis diaria solamente en la mañana, mientras que el método ppm, se refiere a que es administrado en toda la dieta de los animales y por lo tanto es servido en la mañana y en la tarde. Revisando las mejoras porcentuales de ambos métodos, podemos ver que ambos métodos funcionan, ya que utilizando cualquiera de ellos obtenemos mejoras en GDP, PCC y EGD.

Cuadro 7. Mejora en cuanto al método de suministro del clorhidrato de zilpaterol en bovinos (%)

	Método					
	Am			ppm		
	GDP	PCC	EGD	GDP	PCC	EGD
Valdés <i>et al.</i> , 2011	23.0	4.3	-9.4	--	--	--
Vasconcelos <i>et al.</i> , 2008	12.0	4.2	-16.7	--	--	--
Robles <i>et al.</i> , 2009	59.1*	3.6	-24.7	--	--	--
Cervera <i>et al.</i> , 2008	--	--	--	10.0	-	-4.42
Castellanos <i>et al.</i> , 2006	--	--	--	2.7	-	-15.9
Elam <i>et al.</i> , 2009	--	--	--	4.4*	4.2	-8.5

*Variable ajustada al rendimiento de la canal. (-) el autor no manejó el dato. GDP=Ganancia Diaria de Peso. PCC=Peso de la Canal Caliente. EGD=Espesor de Grasa Dorsal.

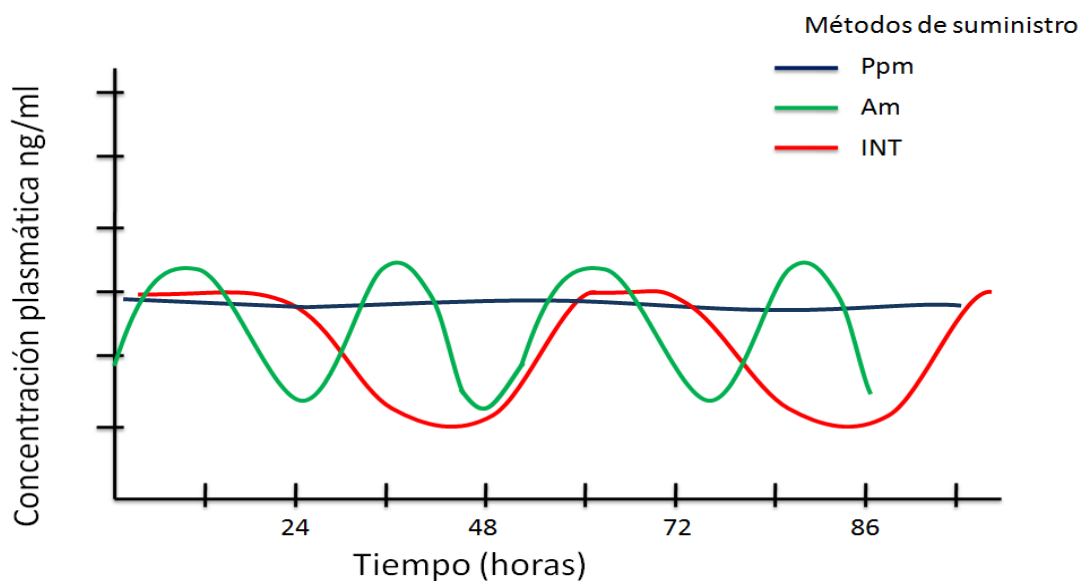
2.13 Método de suministro del clorhidrato de zilpaterol en ovinos

Mersmann (1998), en sus revisiones ha informado que los receptores β -adrenérgicos poseen la característica de perder su función biológica del enlace con los compuestos β -adrenérgicos, debido a una prolongada exposición al compuesto o también por una dosis elevada, considerando esto los niveles plasmáticos que se obtiene con cada método de suministro son distintos, produciendo niveles plasmáticos mayores en aquellos donde se suministra la dosis total del zilpaterol en un periodo corto de tiempo.

Cuadro 8. Mejora en cuanto al método de suministro del clorhidrato de zilpaterol en ovinos (%)

	Método					
	Am			ppm		
	GDP	PCC	EGD	GDP	PCC	EGD
Estrada <i>et al.</i> , 2008	19.8	4.7	-26.3	--	--	--
Avendaño <i>et al.</i> , 2011	25.6	15.1	-11.5	--	--	--
Macias <i>et al.</i> , 2013	8.8	15.1	-10.3	--	--	--
Robles <i>et al.</i> , 2009	--	--	--	20.5	4.0	-22.2
Montgomery <i>et al.</i> , 2008	--	--	--	18.2	3.4	-6.4
Ríos <i>et al.</i> , 2008	--	--	--	23.5	5.9	-29.3

GDP=Ganancia Diaria de Peso. PCC=Peso de la Canal Caliente. EGD=Espesor de Grasa Dorsal.



Gráfica 1. Distintos métodos de suministro y niveles plasmáticos del clorhidrato de zilpaterol en ovinos.

La diferencia entre ambos métodos radica entre los niveles plasmáticos que muestran, por ejemplo en el método Am, se tendrán picos plasmáticos más elevados con respecto al método ppm debido a que la misma dosis es suministrada en un corto periodo de tiempo, tal cual está representada en la gráfica 1.

Los niveles de zilpaterol en tejidos disminuyen rápidamente durante el periodo de retiro, teniendo una vida media de eliminación de 12.5 h, donde el 60 % de la dosis administrada se excreta en las primeras 24 h y 90 % a las 48 h, (Shelver y Smith, 2006) informaron una vida media de 15.3 h en ovinos.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En ovinos se utilizan dos métodos de suministro del clorhidrato de zilpaterol, uno, que ofrece la dosis total en un lapso de 5 – 7 h (Am) y otro en el cual se consume el compuesto las 24 h (ppm). Ambos métodos han demostrado ser eficaces en la mejora de la productividad, sin embargo no existe información donde en un mismo experimento se haya estudiado el impacto sobre el método de suministro y la propuesta de nuevos métodos. El tiempo de retiro del zilpaterol es un factor que reduce la eficacia del compuesto y considerando que en ovinos la vida media del compuesto es de 15.3 h, y que el método de suministro Am tiene un tiempo de retiro diario de 17-19 h /día por lo tanto, es un factor importante.

IV. JUSTIFICACIÓN

Considerando que actualmente la población ovina en Sinaloa ha aumentado presenta una tendencia hacia la producción intensiva, es necesario buscar alternativas o estrategias que permitan mejorar la respuesta productiva, retención de energía, características de la canal y calidad de la carne de los ovinos de pelo en engorda intensiva cuando se administran Agonistas β -adrenérgicos. Al determinar el impacto del método de suministro se mejorará la utilización del compuesto y hará el proceso más rentable. Si se obtienen respuestas similares con un método de suministro intermitente (INT) del zilpaterol reducirá la mitad del costo del uso de este aditivo. Además, debido a que el método de suministro Am tiene un tiempo de retiro de 17-19 horas y el método INT tiene un periodo diario de retiro de 24 horas, con una diferencia de 5-7 horas, se esperan respuestas productivas similares.

V.HIPÓTESIS

Los métodos de suministro del zilpaterol Am, ppm e INT mejoran la respuesta productiva, retención de energía, características de canal y calidad de la carne de ovinos, obteniendo respuestas similares entre los métodos Am e INT, mientras que el mejor método de suministro es ppm.

VI. OBJETIVO

Determinar el efecto del método de suministro del clorhidrato de zilpaterol en la respuesta productiva, retención de energía, características de la canal y calidad de la carne de ovinos en finalización.

VII. MATERIAL Y MÉTODOS

7.1 Localización del lugar de trabajo

El experimento se efectuó en la Unidad Experimental de Engorda para Pequeños Rumiantes de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Sinaloa y en el rastro municipal de Costa Rica, Sinaloa. Geográficamente la ciudad de Culiacán se localiza a 24° 48' latitud norte y 107° 25' longitud oeste a una altura promedio de 60 msnm (INEGI, 1997), la temperatura promedio anual es de 25.9 °C con máxima de 30.4°C en junio y julio, y mínima de 20.6 °C en enero; la humedad relativa promedio es de 68 %, con máxima de 81 % en septiembre y mínima de 51 % en abril; la precipitación anual promedio es de 688.5 mm (CIAPAN, 2002).

7.2 Manejo de los ovinos en corral

Se llevó a cabo una prueba de respuesta productiva con duración de 27 días, en la que se utilizaron 24 ovinos machos Dorper x Katahdin, de 45.4 ± 0.92 kg de peso vivo promedio. Previo al inicio de la prueba, los corderos se adaptaron a las instalaciones y el manejo en las corraletas durante dos meses. Antes del inicio de la prueba, los ovinos se desparasitaron con Triclabendazole 10% y fenbendazole 10 % (Saguaymic plus®), 10 mg/kg de PV vía oral; recibieron 5000 U.I. de vitamina A/kg de PV. Se les aplicó tratamiento contra Piroplasmosis y Anaplasmosis (Ganaplus®Novartis) y se vacunaron contra Pasteurellosis neumónica vía SC (Inmunovac 11 vías). Las corraletas cuentan con 6 m², con sombra completa, bebederos manuales, con 1m de comedero en lineal por corral y alimentados dos veces por día a las 0800 y 1500 horas hasta alcanzar el peso vivo promedio. Los ovinos fueron distribuidos por grupos de peso (bloques completos al azar) en 24 corraletas, con 6 repeticiones por tratamiento. Donde a cada corraleta le fue asignado al azar uno de los cuatro tratamientos, los cuales consistieron en administrar el clorhidrato de zilpaterol (ZILMAX®) con una dosis de 0.20 mg/kg (~9 mg/animal/d) de peso vivo promedio durante la prueba: T1: Testigo, sin adición de zilpaterol. T2: Administrar diario zilpaterol solo en la mañana (Am). T3: Administrar

diario zilpaterol en la mañana y tarde (ppm). T4: Intercalando los días de suministro del zilpaterol (INT).

7.3 Dietas experimentales

Para la formulación de las dietas se tomaron como referencia los valores publicados del NRC (1985).

Cuadro 3. Composición de la dieta experimental.

Ingredientes	%
Heno de Súdán	12.5
Maíz quebrado	64.0
Pasta de soya	16.5
Grasa	3.0
Melaza	6.5
Premezcla de mineral ¹	2.5
Composición Nutricional en Base Seca	
Materia seca, %	88.1
Proteína cruda, %	16.0
NE _g , Mcal/kg/MS	1.38

¹Agromix ovinos, NE_g=Energía Neta de Ganancia.

El alimento fue suministrado dos veces por día (0800 y 1500 h) en una proporción aproximada 30:70 respectivamente. Los ovinos se pesaron al día 1, 14 y 27 de la prueba. Se registró el consumo diario de alimento y se recolectaron semanalmente muestras del alimento para determinar el porcentaje de materia seca de la dieta (AOAC, 1988). Para el cálculo de los cambios en la eficiencia energética se utilizó una ecuación propuesta por Cantón (2007). del consumo esperado (DMI, kg/d = (EM/NE_m)+(EG/EN_g), donde EM (Energía requerida para mantenimiento, Mcal/d)= 0.056*SBW^{0.75} (NRC, 1985), EG (Energía requerida para ganancia, Mcal/d)= 0.276*AGD*SBW^{0.75} (NRC,1985) y las expresiones NE_m y NE_g equivalen a 2.05 y 1.38 Mcal/kg respectivamente (derivado de los valores de energía tabulares basados en la composición de la dieta experimental; NRC, 1985) el coeficiente de

0.276 se estimó asumiendo un peso equivalente maduro de 113 kg para machos intactos de la crucea Pelibuey x katahdin (Canton, 2007).

7.4 Determinación del consumo de alimento, ganancia diaria de peso y la eficiencia alimenticia.

Para determinar el consumo de alimento en MS se tomaron muestras semanales del alimento y se colocaron en estufas a 100° C durante 24 horas para determinar el porcentaje de MS (AOAC, 1975), el consumo de alimento promedio por día por animal, expresado en kg y se determinó pesando la cantidad de alimento servido diariamente y restando el sobrante en la mañana del día siguiente, luego se sumó la cantidad consumida del día uno al 27 de la prueba, se dividió entre 27 días y entre veinticuatro animales alojados en cada corraleta. La media de ganancia diaria de peso se calculó restando el peso inicial al peso final de los animales en cada corraleta, se dividió entre 27 días de duración de la prueba y luego se dividió entre el número de animales alojados en las corraletas, para expresar los valores de la variable en promedio por animal y por día. La eficiencia alimenticia por animal, se obtuvo al dividir el consumo de alimento promedio diario (base seca) por animal entre la ganancia de peso promedio diario.

7.5 Determinación de las características de la canal y calidad de la carne

Los ovinos se pesaron al inicio, 14 días y al finalizar la prueba. El último día de prueba los animales se pesaron por la mañana y se trasladaron al rastro (municipio de Costa Rica) en donde fueron dietados durante 16 horas; antes del sacrificio, los borregos se pesaron, para conocer las mermas, por pérdidas del contenido del tracto gastrointestinal. Posterior al sacrificio, se registró el peso de la canal caliente y se calculó el porcentaje de rendimiento de la canal. Las canales fueron conservadas en cuarto frío (2° C) durante 24 horas y se pesó la canal fría, posteriormente se transportaron a la sala de cortes de la FMVZ-UAS. En la sala de cortes se dividieron las canales longitudinalmente a la columna vertebral. De la media canal izquierda se registró el espesor de grasa dorsal, durante la disección se obtuvo las medidas del área del ojo de la costilla (cm²) entre la 12^a y 13^a costilla, tomado perpendicularmente

al músculo *Longissimus dorsi* y el área del ojo de la costilla. Se calculó el porcentaje de grasa renal y pélvica (GRP) y posteriormente la composición tisular de la canal (grasa, hueso, músculo) con base al procedimiento descrito por Institutional Meat Purchase Specifications (IMPS, 1996), aprobado por USDA para carne fresca de ovino. Aleatoriamente de una media canal izquierda de cada corraleta, se obtuvo una muestra de 200 g del músculo *Longissimus dorsi* entre la 12va y 13va costilla para evaluar las características de calidad de la carne; el pH (Delta track Inc., ISFET pH 101, Pleasanton CA), el color (L*luminosidad, a*color rojo, b*color amarillo) con un colorímetro KONICA-MINOLTA CR10, la cromaticidad con un espectrofotómetro y esfuerzo al corte por la técnica de Warner Bratzler (equipo Lloyd Instruments, Fareham, Hampshire, UK).

7.6 Análisis estadístico

Los datos se analizaron bajo la estructura de un diseño en bloques completamente al azar, con un análisis de varianza específico para este diseño, utilizando el procedimiento GLM de SAS (SAS Inst. Inc. Cary, NC, 2004) con el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + T_j + e_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Variable de respuesta,

μ = Media total,

B_i = Efecto del bloque,

T_j = Efecto fijo de tratamientos,

e_{ijk} = Error experimental (Martínez, 1988).

Se utilizó la comparación de múltiples medias por Tukey, los contrastes analizados fueron: T vs. Am+ppm; T vs. INT; y Am vs. INT. Para determinar diferencias entre tratamientos se usó un nivel de significancia de $\alpha \leq 0.05$.

VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de suministrar HCL-Z mediante distintos métodos en ovinos de pelo en finalización intensiva se muestran en el cuadro 9. La adición del clorhidrato de zilpaterol (T vs Am,ppm) incremento ($P \leq 0.01$) en 3.7 % el peso vivo final, 35.8 % la ganancia diaria de peso y en 35.3 % la ganancia de peso total; de igual manera, mejoró en 23.4 % la eficiencia alimenticia y en 22.0 % la conversión de alimento.

Cuadro 9. Efecto del método de suministro del clorhidrato de zilpaterol en la respuesta productiva de ovinos en finalización

Variables	Tratamientos ¹					Valor de P		
	T	Am	ppm	INT	EEM	T vs. Am+ppm	T vs. INT	Am vs. INT
Días de prueba	27	27	27	27				
Repeticiones	6	6	6	6				
Peso inicial, kg	45.5	45.3	45.4	45.3	0.92	0.80	0.79	0.97
Peso final, kg	51.3	52.8	53.6	53.0	0.94	< 0.01	0.03	0.86
Consumo, kg/d	1.20	1.31	1.31	1.27	0.02	0.07	0.27	0.63
Ganancia g/d	215	278	306	283	12.3	< 0.01	0.01	0.82
Ganancia total , kg	5.8	7.5	8.2	7.6	0.33	< 0.01	0.01	0.82
Consumo/ganancia	5.9	4.9	4.3	4.5	0.26	0.01	0.02	0.53
Ganancia/consumo	179	211	231	222	0.008	< 0.01	0.01	0.50

¹ T = Sin adición de zilpaterol, Am = Suministro de zilpaterol por la mañana, ppm = Suministro de zilpaterol todo el día, INT = Suministro intermitente de zilpaterol.

El suministro intermitente (T vs INT) mejoró en 3.3 % el peso vivo final ($P = 0.03$), además, aumentó 31.6 % la ganancia diaria de peso, 31.0 % la ganancia total, 24.0 % la eficiencia alimenticia ($P = 0.01$) y 23.7 % la conversión alimenticia ($P = 0.02$). El análisis de contrastes del método de suministro Am e INT, no mostró diferencias ($P \geq 0.50$) en las variables evaluadas. De igual forma, el consumo de alimento mostro tendencia ($P = 0.07$) de incrementar en los tratamientos Am, ppm con respecto al grupo Testigo, sin observar diferencias en el resto de los contrastes ($P \geq 0.27$). Sin embargo, el método de suministro que muestra un mejor desempeño

es el ppm, para las características productivas (Peso final, GDP, CA y EA). La explicación para esto, se debe al estímulo constante de los receptores adrenérgico tipo β , dando niveles plasmáticos ininterrumpidos por el consumo homogéneo del compuesto en la dieta, caso contrario del método Am donde el compuesto presenta teóricamente aumentos súbitos de los niveles plasmáticos al suministrar la dosis total del clorhidrato de zilpaterol en un periodo corto de tiempo para posteriormente consumir alimento sin el compuesto el resto del día, lo cual puede producir que la respuesta de los receptores no sea igual de efectiva.

El comportamiento productivo también puede ser estimado si considera el rendimiento promedio de la canal de todos los tratamientos, estimando el peso final ajustado a canal, esto brinda una respuesta de acuerdo a la ganancia observada por el mejoramiento del peso de la canal en vez del peso vivo el cual además de la canal posee otros componentes como vísceras, piel y otros tejidos que pueden alterar la ganancia real. Resultados del comportamiento productivo con ajuste de canal se muestran en el cuadro 10. La respuesta continua siendo efectiva ($P \leq 0.01$) al comparar los métodos convencionales con respecto al testigo (T vs.Am+ppm), sin embargo, no se detectó diferencia ($P \geq 0.25$) al comparar el método de suministro INT con respecto al tratamiento Testigo; este resultado sugiere que en los ovinos otros componentes corporales contribuyen a mejorar el peso vivo final, lo cual es evidente cuando no se calcula la respuesta productiva con ajuste de canal.

Cuadro 10. Efecto del método de suministro del zilpaterol en la respuesta productiva con ajuste por rendimiento de la canal de ovinos en finalización

Tratamientos ¹	Valor de P
---------------------------	------------

Variables	T	Am	ppm	INT	EEM	T vs. Am+ppm	T vs. INT	Am vs. INT
Días de prueba	27	27	27	27				
Repeticiones	6	6	6	6				
PCC, kg	30.7	32.4	32.7	31.3	0.68	< 0.01	0.28	0.10
PF ajustado, kg	50.9	53.7	54.3	52.0	1.12	< 0.01	0.28	0.10
GDP ajustada, g	201	311	331	247	0.01	< 0.01	0.25	0.12
CA ajustada, kg	6.09	4.24	4.40	5.73	0.30	0.01	0.61	0.05
EA ajustada, g	167	238	247	195	0.01	< 0.01	0.32	0.13

¹ T = Sin adición de zilpaterol, Am = Suministro de zilpaterol por la mañana, ppm = Suministro de zilpaterol todo el día, INT = Suministro intermitente de zilpaterol. PCC= peso de la canal caliente, PF=peso final, GDP= ganancia diaria de peso, CA= conversión alimenticia, EA= eficiencia alimenticia.

Los resultados de suministrar clorhidrato de zilpaterol mediante diferentes métodos en las características de la canal de ovinos en finalización intensiva se muestran en el cuadro 11. La adición del clorhidrato de zilpaterol (T vs.Am,ppm) mejoró ($P \leq 0.01$) 6.1 % el PCC, 16.9 % el AOC, sin encontrar diferencias en el resto de las variables ($P \geq 0.16$). El análisis del contraste de los métodos T vs. INT y Am vs. INT no mostraron diferencias significativas ($P \geq 0.14$ y $P \geq 0.06$, respectivamente) en todas las variables evaluadas.

En el cuadro 14 se muestran los resultados al suministrar HCl-Z mediante diversos métodos y su efecto en la energía de la dieta y en lo observado del consumo de materia seca entre lo esperado al alimentar ovinos en finalización intensiva.

Cuadro 14. Efecto del método de suministro del clorhidrato de zilpaterol en la energía de la dieta y consumo observado/esperado de ovinos en finalización

Tratamientos ¹	Valor de P
---------------------------	------------

Variables	T	Am	ppm	INT	EEM	T vs. Am+ppm	T vs. INT	Am vs. INT
EN dieta (Mcal/kg)								
Mantenimiento	2.16	2.32	2.47	2.42	0.05	0.02	0.03	0.36
Ganancia	1.49	1.62	1.76	1.72	0.05	0.02	0.03	0.36
Obs entre esp EN								
Mantenimiento	1.05	1.12	1.20	1.17	0.02	0.02	0.03	0.36
Ganancia	1.06	1.16	1.25	1.22	0.03	0.0	0.03	0.36
Obs entre esp CMS								
	0.96	0.87	0.81	0.84	0.02	0.01	0.03	0.52

¹ T = Sin adición de zilpaterol, Am = Suministro zilpaterol por la mañana, ppm = Suministro de zilpaterol todo el día, INT = Suministro intermitente de zilpaterol, CMS= Consumo de materia seca.

La adición de clorhidrato de zilpaterol en la dieta de los ovinos en finalización intensiva, mejora la retención de energía en los tejidos; esto se comprueba al aplicar las ecuaciones de predicción de energía consumida por el animal en relación al consumo de alimento y de su energía; en este sentido, se aprecia que la relación entre lo observado con lo espera alcanza un coeficiente arriba de uno; esto se interpreta que el aditivo modificó el metabolismo de la energía que propicia mayor crecimiento de los tejidos corporales sin modificar el valor energético de la dieta. De igual manera, al aplicar las ecuaciones de predicción para predecir el consumo con base a la energía y al peso vivo, se observa que los valores se encuentran por debajo de uno, esto es debido a que la ecuación interpreta que el aumento de peso se debe a un mayor consumo de energía, sin embargo, esto se debe a que la retención de energía es propiciada por la adición de clorhidrato de zilpaterol.

Cuadro 11. Efecto del método de suministro del clorhidrato de zilpaterol en las características de la canal de ovinos en finalización

Tratamientos ¹	Valor de P
---------------------------	------------

Variables	T	Am	ppm	INT	EEM	T vs. Am+ppm	T vs. INT	Am vs. INT
Días de prueba	27	27	27	27				
Repeticiones	6	6	6	6				
PCC, kg	30.70	32.41	32.75	31.36	0.68	< 0.01	0.28	0.10
Rendimiento, %	59.75	61.25	60.91	59.12	0.39	0.16	0.55	0.06
AOC, cm ²	22.00	26.39	25.07	23.98	0.65	< 0.01	0.16	0.09
EGD, mm	3.23	3.48	3.87	3.21	0.28	0.50	0.97	0.71
GRP, %	3.71	2.26	2.61	2.54	0.29	0.18	0.14	0.58

¹ T = Sin adición de zilpaterol, Am = Suministro zilpaterol por la mañana, ppm = Suministro de zilpaterol todo el día, INT = Suministro intermitente de zilpaterol, PCC= peso de la canal caliente, AOC= área del ojo de la costilla, EGD= espesor de grasa dorsal, GRP= grasa renal y pélvica.

La mejora del PCC y AOC se debe a que el tratamiento con clorhidrato de zilpaterol provoca hipertrofia muscular y no hiperplasia (Beermann *et al.*, 1987). La hipertrofia muscular es más evidente en las fibras musculares tipo II (contracción rápida, o mixtas glicolíticas oxidativas) comparada con la ocurrida en las fibras tipo I (contracción lenta, oxidativas) (NRC, 1994). Beermann (2002) y Johnson y Chung (2007) sostienen que los A β A estimulan la hipertrofia del músculo esquelético a través de un aumento en la síntesis y una disminución de la degradación de la proteína muscular, mejorando así el peso y rendimiento en canal (Moody *et al.*, 2000). Mersmann (1995) por su parte concluye que los mecanismos operativos sobre la hipertrofia muscular probablemente dependen de la especie, la raza, el agonista beta adrenérgico utilizado y el estatus nutricional del animal.

Los resultados de suministrar clorhidrato de zilpaterol en la composición tisular de la canal de ovinos en finalización intensiva, se muestran en el cuadro 2. La adición del clorhidrato de zilpaterol (T vs. Am,ppm) aumentó un 6.7 % la cantidad de músculo ($P \leq 0.01$) y disminuyó un 4.9 % la cantidad de grasa en la canal ($P \leq 0.01$). El método intermitente (T vs. INT) aumentó en 5.2 % la cantidad de músculo ($P = 0.02$) y disminuyó en 4.6 % ($P = 0.02$) la cantidad de grasa en la canal, mientras el análisis del contraste del método Am e INT no mostró diferencias ($P \geq 0.44$) en los porcentajes de músculo y grasa.

Cuadro 12. Efecto del método de suministro del clorhidrato de zilpaterol en la composición tisular de la canal de ovinos en finalización

Variables	Tratamientos ¹					Valor de P		
	T	Am	ppm	INT	EEM	T vs. Am+ppm	T vs. INT	Am vs. INT
Músculo %	58.87	65.50	65.71	64.12	0.78	< 0.01	0.02	0.44
Grasa %	21.20	17.11	15.31	16.58	0.82	< 0.01	0.02	0.78
Hueso %	18.45	17.11	18.36	18.71	0.27	0.28	0.73	0.05

¹T = Sin adición de zilpaterol, Am = Suministro zilpaterol por la mañana, ppm = Suministro de zilpaterol todo el día, INT = Suministro intermitente de zilpaterol.

Uno de los efectos indirectos de la administración de los A β A es el incremento en el flujo sanguíneo hacia la periferia del cuerpo. Esto es evidente en el músculo, donde el incremento en el flujo sanguíneo lleva una mayor cantidad de nutrientes y más sustratos para la síntesis proteica, por lo tanto se obtiene mayor porcentaje de músculo en la canal. Además, el incremento del flujo hacia el tejido adiposo permite que los ácidos grasos libres sean removidos e incrementa la degradación de este tejido (Mersmann, 2002). En el adipocito, los A β A activan el catabolismo de lípidos a través de la activación de la lipasa sensible a hormona, por la PKA, que degrada triacilglicéridos en glicerol y ácidos grasos. Además, los A β A inhiben la síntesis de ácidos grasos y su esterificación en triacilglicéridos (Fain y García-Sainz, 1983). El aumento en el catabolismo y disminución en el anabolismo ocasionan una baja deposición de tejido graso (Mersmann, 2002; Birkelo, 2003). Por su parte Beermann *et al.*, (1995) y Lupton (2008) comentan que la carne de corderos con menos cantidad de grasa puede ser más atractiva para el consumidor actual consciente de la salud, y como consecuencia, un objetivo primordial en la industria es la reducción de la grasa con el fin de mejorar la eficiencia de la producción de corderos comerciales y adaptarse a las preferencias de los consumidores.

Los resultados de suministrar clorhidrato de zilpaterol mediante diferentes métodos en la calidad de la carne de ovinos, se muestran en el cuadro 13. La adición del clorhidrato de zilpaterol (T vs. Am,ppm) disminuyó el índice de color rojo (a*) un 10.9% (P < 0.04), el índice del color amarillo (b*) un 15.5% (P < 0.03) y la

cromaticidad un 13.6% ($P < 0.02$). El suministro intermitente de HCl-Z (T vs. INT), disminuyó ($P = 0.05$) la luminosidad en 10.3 %, sin embargo, no se observaron diferencia en las demás variables ($P \geq 0.12$); de igual manera, el análisis de contrastes entre los métodos de suministro Am e INT, no mostró diferencias ($P \geq 0.33$), en las variables de calidad de la carne.

Cuadro 13. Efecto del método de suministro del zilpaterol en la calidad de la carne de ovinos en finalización

Variables	Tratamientos ¹					Valor de P		
	T	Am	ppm	INT	EEM	T vs. Am+ppm	T vs. INT	Am vs. INT
Color								
L*	28.9	27.3	29.5	25.9	0.63	0.67	0.05	0.33
a*	16.5	15.3	14.1	15.2	0.38	0.04	0.20	0.97
b*	16.4	14.2	13.5	14.3	0.45	0.03	0.12	0.92
pH	5.7	5.9	5.8	5.8	0.05	0.31	0.70	0.36
C	23.4	20.9	19.5	21.0	0.54	0.02	0.12	0.95
H	44.7	42.7	43.5	43.2	0.68	0.32	0.41	0.79
EC	3.21	4.39	3.79	3.90	0.19	0.08	0.24	0.33

¹ T = Sin adición de zilpaterol, Am = Suministro zilpaterol por la mañana, ppm= Suministro de zilpaterol todo el día, INT = Suministro intermitente de zilpaterol, L= Luminosidad, a*= índice de rojo, b*= índice de amarillo, C=Cromaticidad, H= Angulo o tonalidad, EC= Esfuerzo al corte mediante la técnica de Warner Bratzler,

Desde el punto de vista químico, el color de la carne se puede interpretar como el efecto producido por la cantidad y el estado químico de la mioglobina en la superficie, la presencia de carotenoides, la estructura y estado físico de las proteínas del músculo (las que dependen principalmente del pH y la temperatura), las proporciones de los tipos de fibras en el músculo, y la proporción de la infiltración de grasa muscular (Young y West, 2001). Por su parte, Wulf y Wise (1999) señalan que el pH y la cantidad de grasa intramuscular (la cual generalmente es blanca) se asocian grandemente a las variaciones en el color carne y luminosidad (valor de L*) de la carne, y por lo tanto, las canales con las puntuaciones más altas en marmoleo también producen canales con músculos de color más claro. El valor del eje a* es

una medida del grado de color rojo en la carne, y es indicativo de la cantidad de oximioglobina presente durante el período en que la carne está expuesta al aire (Young y West, 2001). En una investigación llevada a cabo por Okeudo y Moss (2005) en canales de cordero, los autores encontraron que la grasa intramuscular se correlacionó negativamente con el contenido de humedad (-0.78) y mioglobina (-0.52) del músculo, pero se relacionó positivamente con el contenido de oximioglobina (0.51). La relativamente alta correlación de los lípidos intramusculares con la mioglobina y la oximioglobina parece indicar que el aumento del contenido de lípidos intramusculares promueve la formación de oximioglobina. Investigaciones anteriores han documentado una tendencia a producir carne más pálida cuando se administraron A β A selectivos para receptores de tipo β 2 en ganado de carne (Hilton *et al.*, 2009). El menor valor de a^* observado en los músculos *Semitendinosus* y *Longissimus* sugieren que la cantidad de oximioglobina se reduce en la carne de los corderos tratados con ractopamina y zilpaterol (Hilton *et al.*, 2009). Según lo sugerido por Carr *et al.* (2005), la reducción en el color del músculo podría deberse a un efecto de dilución de la oximioglobina muscular causada por la hipertrofia de la fibra muscular. Koohmaraie *et al.* (1996), observaron que al suministrar A β A a ovinos, se incrementó la dureza de la carne de 8.2 hasta 10.9 kg/cm², así mismo explica que este efecto se deba posiblemente a que en el músculo la degradación proteica es menor en los primeros 20 días *postmortem* debido a la mayor actividad de las enzimas calpastatinas que inhiben a las proteasas, lo que a su vez disminuye la degradación proteica muscular, es decir, se produce carne menos suave.

Los parámetros utilizados en la evaluación económica de los cuatro tratamientos se resumen en el cuadro 15.

Cuadro 15. Eficiencia económica de los tratamientos utilizando el clorhidrato de zilpaterol en ovinos en finalización

Variables	Tratamientos ¹				
	T	Am	ppm	INT	EEM
Costos totales ² (\$)	1824.0	1860.1	1861.8	1842.78	33.32
Ingresos de venta ³ (\$)	2327.5	2448.7**	2483.7**	2378.13	50.20
Ingreso neto(\$)	503.48	588.57*	621.92**	535.35	22.02
Eficiencia económica ⁴	27.53	31.70	33.21*	28.98	0.96
Eficiencia económica relativa	100	115.90	120.83	104.71	3.21

¹ T = Sin adición de zilpaterol, Am = Suministro zilpaterol por la mañana, ppm= Suministro de zilpaterol todo el día, INT = Suministro intermitente de zilpaterol.

² Costos totales= costos de alimentación (\$5.35 kg) + costos fijos + precio del ovino (\$35.00 kg).

³ Ingresos de venta/cabeza= peso de la canal (\$75.00 kg)+ venta de la piel (\$50.00 pieza).

⁴ Eficiencia económica= (Ingreso neto/costos totales) x 100.

* p < 0.05

** p < 0.01

Estas comparaciones destacan el ingreso neto de los tratamientos de Am y ppm, lo cual se refleja en la eficiencia económica absoluta y relativa, expresando su mayor efectividad en el tratamiento con el método ppm. El tratamiento intermitente (INT) no muestra diferencias con respecto al resto de los tratamientos.

IX. CONCLUSIONES

La adición del clorhidrato de zilpaterol por administración de los métodos tradicionales (Am y ppm) mejora la respuesta productiva, las características de canal, la retención de energía y modifica las características de color de la carne, sin

embargo es el método de consumo constante (ppm) de zilpaterol el que muestra la respuesta productiva más óptima para todas las variables. El método de suministro intermitente mejora las variables de comportamiento productivo en vivo sin mostrar respuestas positivas en las características de canal.

X. LITERATURA CITADA

Avendaño, R., L.V. Torres, F.J. Meraz, C. Pérez, F. Figueroa y P.H. Robinson. 2006. Effects of two Beta-adrenergic agonist on finish performance, carcass characteristics, and meet quality of feedlot steers. *J. Anim. Sci.* 84:3259-3265.

- Avendaño, R.L., C.U. Macías, V.F.D. Álvarez, T.E. Águila, O.N.G. Torrentera y N.S.A. Soto. 2011. Effects of zilpaterol hydrochloride on growth performance, carcass characteristics, and whole cut yield of hair-breed ewe lambs consuming feedlot diets under moderate environmental conditions. *J AnimSci*;89:41884194.
- Bianchi, G. 2007. Identificación y cuantificación de factores que afectan la calidad de carne ovina. Capítulo 7. *In:.. Alternativas Tecnológicas para la Producción de Carne Ovina de Calidad en Sistemas Pastoriles*. Editorial Hemisferio Sur (Montevideo, Uruguay). 278 p.
- Beermann, D.H. 2002. Beta-Adrenergic receptor agonist modulation of skeletal muscle growth. *J. Anim. Sci.* 80 (E. Suppl. 1): E18-E23.
- Boler, D.D., S.F. Holmer, F.K. McKeith, J. Killefer, D.L. VanOverbeke, G.G. Hilton, R.J. Delmore, J.L. Beckett, J.C. Brooks, R.K. Miller, D.B. Griffin, J.W. Savell, T.E. Lawrence, N.A. Elam, M.N. Streeter, W. T. Nichols, J.P. Hutcheson, D.A. Yates y D.M. Allen. 2009. Efecto de la alimentación con Zilpaterol hidrocloreto durante 20 a 40 días en la capacidad de sacrificio y el rendimiento de subproductos de carnes de reses alimentadas con Holstein. *J. Anim. Sci.* Publicado online Jul, 2.
- Beermann, D. H., T. F. Robinson y D. E. Hogue. 1995. Impact of Composition Manipulation on lean lamb production in the United States. *J. Anim. Sci.* 73:2493-2502.
- Bores, Q. R. y M. C. Vega. 2003. La investigación pecuaria ante los retos y desafíos de la ovinocultura en México. Memorias del Primer Simposio Internacional de Ovinos de Carne. 17-19 de noviembre, Pachuca, Hidalgo, México. Pág. 80-95.
- Bradley, J. J. 2004. B-Adrenergic Agonist: Efficacy and potential mode of action in cattle. Plains Nutrition Council Spring Conference. April 15-16. San Antonio Texas. Texas & Research and Extension Center Amarillo. USA.
- Bravo, J.A., M.A. Bautista y M.A. Matías. 2009. Actualidades en el uso de Ractopamina en Bovinos de Engorda. *Entorno Ganadero*. Pág. 44. Año 6. No. 35. Abril-Mayo.
- Beermann, D.H., W.R., Butler, D.E. Hogue, V.K. Fishell, R.H. Dalrymple, C.A. Ricks y C.G. Scanes. 1987. Cimaterol-induced muscle hypertrophy and altered endocrine status in lambs. *J. Anim. Sci.* 63, 1314-1524.
- Birkelo, C.P. 2003. Pharmaceuticals, direct-fed microbials, and enzymes for enhancing growth and feed efficiency of beef. *Veterinary Clinics of North America, Food Animal Practice*. 19, 599-624.

- Bratzler, L. D. 1949. Determining the tenderness of meat by the use of the Warner Bratzler method. Annual Reciprocal Meat Conference, 2, 117_121.
- Cano, M.F. 2001. Fármacos de uso veterinario. Departamento de Farmacología. Facultad de Medicina UAM.
- 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, España.
- 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. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal. Vol. 14, Num.2.
- CIAPAN. 2002. Centro de Investigaciones Agrícolas del Pacífico Norte. Guía para la asistencia técnica del Valle de Culiacán. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Culiacán, Sinaloa, México. p 97.
- Carr, S.N., P.J. Rincker, J. Killefer, D.H. Baker, M. Ellis y F.K. McKeith. 2005. Effects of different cereal grains and ractopamine hydrochloride on performance, carcass characteristics, and fat quality in late-finishing pigs. J. Anim. Sci. 83, 223-230.
- Canton, J.G. y J.A. Quintal. 2007. Evaluation of growth and carcass characteristics of pure Pelibuey sheep and their cross with Dorper and Katahdin breeds. J. Anim. Sci., 85 (Suppl. 1): 581 (Abstr.).
- CIE. 1986. Commission International de l'Eclairage. Colorimetry, 2Ed. Viena.
- Domínguez, I.A., J.A. Mondragón, M. González, F. Salazar, J.L. Bórquez y A. Aragón. 2009. Los B-agonistas adrenérgicos como modificadores metabólicos y su efecto en la producción, calidad e inocuidad de la carne de bovinos y ovinos. Ciencia Ergo Sum, Vol. 16, Num. 3, noviembre-febrero, pp. 278-284. Universidad Autónoma del Estado de México.
- De Lucas, T. J. y A.S. Arbiza. 2000. Producción ovina en el mundo y México. Editores Mexicanos Unidos.
- Estrada, A.A., A. Barreras, G. Contreras, J.F. Obregón, J.C. Robles, A. Plascencia y R.A. Zinn. 2008. Influence of level of Zilpaterolchlorhydrate supplementation on growth performance and carcass characteristics of feedlot lambs. Small Ruminant Research. Journal homepage: www.elsevier.com/locate/smallrumres. 80:107-110.
- Elam, N.A., J.T. Vasconcelos, G. Hilton, D.L. VanOverbeke, T.E. Lawrence, T.H. Montgomery, W.T. Nichols, M.N. Streeter, J.P. Hutcheson, D.A. Yates y

- M.L. Galyean. 2009. Effects of Zilpaterol hydrochloride duration of feeding on performance and carcass characteristics of feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 87:2133-2141
- Ríos, F.G., H. Bernal, M.A. Cerrillo, A. Estrada, A.S. Juárez, J.F. Obregón y J.J. Portillo. 2012. Características de la canal, rendimiento en cortes primarios y composición tisular de corderos Katahdin x Pelibuey alimentados con garbanzo de desecho. *Rev Mex Cienc Pecu*;3(3):357-371
- Felix, A., Estrada-Angulo, A., Ríos, F.G., Ramos, C.H. and Perez, A.B., 2005. Effect of zilpaterolclorhidrate on growth performance and carcass traits in finishing sheep. *J. Anim. Sci.* 83 (Suppl 1), 63. (Abstr.).
- Folch, J. y J. L. Alabart. 2001. Tecnología en reproducción ovina. Memoria electrónica del 2° Congreso Latinoamericano de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos, XI Congreso Nacional de Producción Ovina. 22 al 25 de mayo. Mérida, Yucatán, México.
- Fain, J.N. y J.A. García-Sanchez. 1983. Adrenergic regulation of adipocyte metabolism. *J. Lipid Res.* 24, 945–966.
- Hilton, G. G., J.L. Montgomery, C. R. Krehbiel, D. A. Yates, J.P. Hutcheson, W.T. Nichols, M.N. Streeter, J.R. Blanton, Jr y M. F. Miller. 2008. Effects of feeding zilpaterol hydrochloride with and without monensin and tylosin on carcass cutability and meat palatability of beef steers. *J. Anim. Sci.* 87:1394-1406.
- Hernández, J. O. 2001. Finalización de borregos pelibuey en pastoreo y con concentrado energético en el trópico húmedo. *Acontecer ovino-caprino*. Volumen III, número 13, julio-septiembre. Ediciones pecuarias. Pp 13-19.
- Hilton, G.G., J.L. Montgomery, C.R. Krehbiel, D.A. Yates, J.P. Hutcheson, W.T. Nichols, M.N. Streeter, J.R. Blanton y M.N. Miller. 2009. Effects of feeding zilpaterol hydrochloride with and without monensin and tylosin on carcass cutability and meat palatability of beef steers. *J. Anim. Sci.* 87, 1394-1406.
- IMPS. 1996. Institutional Meat Purchase Specifications. For Fresh Lamb and Mutton Serie 200. USDA. Washington, D.C:136.
- Gunderson, J.A., M. C. Hunt, T. A. Houser, E. A. E. Boyle, M. E. Dikeman, D. E. Johnson, J.P. Nichols, D.A. Hutcheson, D.L. Yates, G.G. VanOverbeke, C. Hilton, J. Brooks, D.M. Killefer, M.N. Allen y W.T. Streeter. 2009. Effects of zilpaterol hydrochloride feeding duration on crossbred beef semimembranosus steak color in aerobic or modified atmosphere packaging. *J Anim. Sci.* published online May 22.

- Johnson, B.J. y K.Y. Chung. 2007. Alterations in the physiology of growth of cattle with growth-enhancing compounds. *Vet. Clin. Food. Anim.* 23, 321–332.
- Shook, J.N., D. L. VanOverbeke, L. A. Kinman, C. R. Krehbiel, B. P. Holland, M. N. Streeter, D. A. Yates y G. G. Hilton. 2009. Effects of zilpaterol hydrochloride and zilpaterol hydrochloride withdrawal time on beef carcass cutability, composition, and tenderness. *J Anim Sci.* published online Aug 14.
- Koohmaraie M., S.D. Shackelford y T.L. Wheeler. 1996. Effects of a B-Adrenergic Agonist (L644,969) nad male sex condition on muscle growth and meat quality of Callipyge lambs. *J AnimSci.* 74:70-79.
- López, C.M.A., R.G. Ramírez, S.J.I. Aguilera, C.F. Arechiga, L.F. Méndez, H. Rodríguez y J.M. Silva. 2010. Effect of ractopaminehydrochlorideandzilpaterol hydrochloride on growth, diet digestibility, intake and carcass characteristics of feedlot lambs. *LivestSci;* 131:23-30
- López, C.M.A., R.G. Ramírez, J.I. Aguilera, A. Plascencia, H. Rodríguez, C.F. Arechiga, R.M. Rincón, C.A. Medina y H. Gutiérrez. 2011. Effects of two beta adrenergics agonist and feeding duration on feedlot performance and carcass characteristics of finishing lambs. *Livestock Science. Journal homepage: www.elsevier.com/locate/livsci* 138:251-258.
- López, C.M.A., R.G. Ramírez, J.I. Aguilera, H. Rodríguez, C.F. Arechiga, F. Méndez, J.J. Chávez, C.A. Medina y J.M. Silva. 2012. Effects of the administration program of 2 B-adrenergics agonists on growth performance and carcass and meat characteristics of feedlot ram lambs.,*J. Anim. Sci.* 90:1521-1531.
- López, Z.R., S.O. Argudin y A.D. Anaya. 2003. Efecto de un β -Adrenérgico solo y combinado sobre aumento de peso, grasa dorsal y área de ribeye en ovinos Tabasco. *Memorias XXVII Congreso Nacional de Buiatria*, pp 240-241.
- Lupton, C.J. 2008. ASAS centennial paper: Impacts of animal science research on United States sheep production and predictions for the future. *J. Anim. Sci.* 86, 3252–3274.
- Mersmann, H.J. 1998. Overview of the effects of beta-adrenergic receptor agonist on animal growth including mechanisms of action. *J. Anim. Sci.* 76:160-172.
- Montgomery, J.L., C.R. Krehbiel, J.J. Cranston, D.A. Yates, J.P. Hutcheson, W.T. Nichols, M.N. Streeter, R.S. Swingle y T.H. Montgomery. 2008. Effects of dietary Zilpaterol hydrochloride on feedlot performance and carcass characteristics of beef steers fed with and without monensin and tylosin. *J. Anim. Sci.* doi 10.2527/jas. 2008-1169.

- Martínez, G.A. 1988. Diseños experimentales: métodos y elementos de teoría. Ed. Trillas. D.F., México.
- Moody, D.E., D.L. Hancock y D.B. Anderson. 2000. Phenethanolamine repartitioning agents. Pages 65–95, in Farm Animal Metabolism and Nutrition. D'Mello, J.P.F. CAB International, NY, USA.
- Mersmann, H.J. 1995. Species variation in mechanisms for modulation of growth by beta-adrenergic receptors. *J. Nutr.* 125, 1777-1782.
- Montgomery, J. L., C. R. Krehbiel, J. J. Cranston, D. A. Yates, J. P. Hutcheson, W. T. Nichols, M. N. Streeter, D. T. Bechtol, E. Johnson, T. TerHune y T. H. Montgomery. 2009. Dietary zilpaterol hydrochloride. I. Feedlot performance and carcass traits of steers and heifers. *J. Anim. Sci.* 87:1374-1383.
- Nourozi, M., M. Abazari, M. Mohammadi, M. Raisianzadeh y A. ZareShahne. 2005. Effects of Two Beta-Adrenergic Agonists on Performance and Carcass Composition of an Iranian Native Breed of Sheep. *Journal of Nutrition.* Vol. 4, Num. 6.
- NRC. 1994. National Research Council - Board on Agriculture. Metabolic Modifiers: Effects on the Nutrient Requirements of Food Producing Animals. National Academy Press. Washington, D.C., EUA
- NRC. 1985. Nutrient requirement of sheep. (6th Rev. Ed.). National Academy Press, Washington, DC.
- Okeudo, N.J. y B .W. Moss. 2005. Interrelationships amongst carcass and meat quality characteristics of sheep. *Meat Sci.* 69, 1-8.
- Plascencia, A., N.O. Torrentera y R.A. Zinn. 2008. Influence of the B-agonist, zilpaterol, on growth performance and carcass characteristics of feedlot steers. *Journal of Animal and Veterinary Advances.*
- Ruiz, F., J.L. Sancha y M.A. Cantero. 1996. La clasificación de las canales de vacuno y ovino: ventajas del método. *Eurocarne;* 48:17-26.
- Ríos, F.G., A.A. Estrada, L.F. Gaxiola, J.J. Portillo y J.C. Robles. 2010. Efecto del nivel de proteína y energía en las medidas lineales de la canal y rendimiento de componentes no cárnicos en corderos Kathadin x Pelibuey. III Congreso de Producción Animal Tropical. La Habana, Cuba.
- Robles, J.C., A. Barrera, G. Contreras, A. Estrada, J.F.Obregon, F.G. Ríos y A. Plascencia. 2009. Effects of two B-adrenergic on finishing performance and carcass characteristics in lambs fed all-concentrate diets. *J. Appl. Anim. Res.* 35.

- Ríos, F.G., S.A. Barreras, A.A. Estrada, J.F. Obregón, J.A. Plasencia, J.J. Portillo y R.A. Zin. 2010. Effect of level of dietary zilpaterolhydrochloride (2-agonist) on performance, carcass characteristics and visceral organ mass in hair lambs fed all concentrate diets. *J. Appl. Anim Res*;38:33-38.
- SIAP. 2013. Servicio de información agroalimentaria y pesquera. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Avance comparativo de la producción pecuaria. [en línea] <http://www.siap.gob.mx>. Consultado Sep 2.
- Salinas, C.J., R.G. Ramírez, M.M. Domínguez, R.C. Palomo y V.H.A. López. 2004. Influence of Zilpaterol hydrochloride on growth and carcass characteristics of Pelibuey lambs. *J. Appl. Anim. Res.* 26:13-16.
- Sumano, L.H., C.L. Ocampo y O.L. Gutiérrez. 2002. Clenbuterol y otros B-agonistas, ¿una opción para la producción pecuaria o un riesgo para la salud pública? *Vet. Mex.*, 33:137-159.
- Silva, A.N.J. 2006. Ganancia de peso y características de la canal en ovinos de pelo. Tesis de maestría. Facultad de Zootecnia. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, Chihuahua.
- Shelver, W. L. y D.J. Smith. 2006. Tissue residues and urinary excretion of zilpaterol in sheep treated for 10-days with dietary zilpaterol. *J. Agric. Food Chem.* 54:4155-4161.
- Sánchez H. M. 2002. Sistemas de alimentación para pequeños rumiantes en los trópicos. *Acontecer ovino-caprino*. Volumen IV, número 16, julio-septiembre. Ediciones pecuarias. Pp 14-22.
- SAS. 2004. SAS/STAT, Guide for personal computer (release 9.2). Cary, NC, USA: SAS Inst. Inc.
- Troncoso, H. 2009. Modulación de los Receptores Agonistas β -Adrenérgicos sobre el Comportamiento del Músculo Esquelético. *Entorno Ganadero*. Pág. 30. Año 6. No. 37. Agosto- Septiembre.
- Macías, U.C., F. D. Álvarez, S. A. Soto, E. Águila y L. Avendaño. 2013. Effect of zilpaterol hydrochloride on feedlot performance, nutrient intake, and digestibility in hair-breed sheep. 91:1844-1849. *J ANIM SCI*
- Vasconcelos, J.T., R.J. Rathmann, R.R. Reuter J. Leibovich, J.P. McMeniman, K.E. Hales, T.L. Covey, L.F. Miller, W.T. Nichols y M.L. Galyean. 2008. Effects of duration of Zilpaterol hydrochloride feeding and days on the finishing diet on feedlot cattle, performance and carcass traits. *J. Anim. Sci.* 86:2005-2015.

- Wulf, D.M. y J.W. Wise. 1999. Measuring muscle color on beef carcasses using the L*a*b* color space. J. Anim. Sci. 77, 2418-2427.
- Yamamoto, S.M., F.A. Macedo, G.A. Santello y J.L. Fabio. 2013. Composición tisular de lomo de corderos recibiendo dietas conteniendo aceites vegetales. Congreso de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos, Mendoza, Argentina. 2007:1-3 [en línea]. www.produccion-animal.com.ar Consultado Oct 12, 2014.
- Young, O.A. y J. West. 2001. Meat Color, en: Meat Science and Applications. Young, O.A., Rogers, R.W., Hui Y.H., Nip, W., Editores. Marcel Dekker Inc., New York, N.Y.