

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN CIENCIAS VETERINARIAS
MAESTRÍA EN CIENCIAS VETERINARIAS



**VALORACIÓN DEL USO DE UNA MEZCLA DE ACEITES ESENCIALES MÁS
25-HIDROXI-VIT-D3 COMO ALTERNATIVA AL CLORHIDRATO DE
ZILPATEROL EN CORDEROS DE ENGORDE: RENDIMIENTO DE
CRECIMIENTO, ENERGÍA DIETÉTICA Y CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL**

TESIS

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE: MAESTRO EN
CIENCIAS VETERINARIAS**

PRESENTA

LUCIA DE GUADALUPE ESCOBEDO GALLEGOS

MEXICALI, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

SEPTIEMBRE 2022

Valoración del uso de una mezcla de aceites esenciales más 25-hidroxi-vit-D3 como alternativa al clorhidrato de zilpaterol en corderos de engorde: rendimiento de crecimiento, energía dietética y características de la canal.

Tesis presentada por Lucia de Guadalupe Escobedo Gallegos como requisito parcial para obtener el Grado de Maestra en Ciencias Veterinarias, que ha sido aprobada por el siguiente comité:

Dra. Yissel Sacnicte Valdés García
Directora de Tesis

Dr. Alfredo Estrada Angulo
Co-director de tesis

Dr. Alejandro Plascencia Jorquera
Sinodal

Dra. Olga Maritza Manríquez Núñez
Sinodal

Dr. Víctor Manuel González Vizcarra
Sinodal

AGRADECIMIENTOS

Al consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico durante estos 24 meses para la realización de mis estudios.

A la Universidad Autónoma de Baja California e Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias por aceptarme para realizar los estudios de Maestría en el Posgrado de Ciencias Veterinarias, y darme las herramientas y conocimientos.

A la Universidad Autónoma de Baja California y la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia por el apoyo para realizar el trabajo de Investigación.

A mi directora de tesis Dra. Yissel Valdés, por su apoyo a lo largo de este tiempo, siempre me aliento a seguir, darme cuenta que si puedo, luchar por las causas justas, infinita paciencia y obsequio de conocimientos.

A la Dra. Maritza Manríquez, que siempre me escuchó y dio un buen consejo, gracias infinitas por su apoyo.

Al Dr. Víctor Vizcarra por sus conocimientos y apoyo obsequiados; al Dr. Alejandro Plasencia que a pesar de la distancia siempre estuvo ahí para aclarar todas mis dudas y por creer en mí; Al Dr. Estrada por su apoyo, disposición y confianza; A la Dra. Isabel Castro, a la MVZ Isabel Pérez y Dr. David, por sus consejos y apoyo incondicional.

A mis maestros, porque me obsequiaron algo muy valioso, sus conocimientos, esa genuina herramienta que te abrirá paso hacia nuevos mundos, además siempre me apoyaron y me regalaron un consejo, sonrisa y afecto.

A mi familia que, a pesar de la distancia, siempre me hicieron sentir amada.

A mis amigos y compañeros que hicieron la estancia más pasajera y llena de aventuras y risas, siempre team borrelogos.

DEDICATORIA

A mis padres Olga Gallegos y Eduardo Escobedo, que son mis pilares, los cuales me han otorgado su amor, protección y apoyo incondicional, para realizar mis objetivos.

A mis abuelos Praxedis Escobedo y Rosario Maldonado por su amor infinito, consejos y ser el mejor ejemplo, son mi mayor motivación para seguir adelante, que el no seguir, no es opción.

A mi madre adoptiva Yissel Valdés por siempre estar para mí, brindarme su afectuoso cariño, por ser mi familia espiritual, motivarme a ser mejor persona y mantener los pies bien firmes y la mente serena.

A mis tíos, Jaime, Laura, Martín, Iliana, Delmira; primos Jimmy, Christian, Rosalva, Elihu, Julio; sobrinas Isabella y Melina por su apoyo, amor y fortaleza a la distancia, me hicieron sentir que, a pesar de tenerlos lejos, los tenía cerca en cada llamada, audio, mensaje y foto.

A mis amigos y compañeros, Daniel, Diana, Dayanne, Alma, Bianca, Lilia, Fabiola, Blanca, Jesús, Juan Carlos e Israel, por motivarme a seguir con mis estudios, ser mis confidentes, gracias por su cariño.

CONTENIDO	Pag
LISTA DE CUADROS	IX
LISTA DE FIGURAS	X
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
INTRODUCCIÓN	1
REVISIÓN DE LITERATURA	3
Sistema de producción ovina en México	3
Aditivos utilizados en la dieta de los animales	5
Uso de los beta agonistas adrenérgicos	7
<i>Beta agonistas adrenérgicos</i>	8
<i>Mecanismo de acción de los beta agonistas adrenérgicos</i>	9
<i>Efecto de los beta agonistas adrenérgicos (BAA)</i>	11
<i>Clorhidrato de zilpaterol</i>	12
<i>Efecto de clorhidrato de zilpaterol en respuesta productiva y las características de la canal</i>	15
Uso de aditivos alternos a los beta agonistas	17
<i>Vitaminas</i>	18
<i>Uso de la vitamina D</i>	19
<i>Vitamina D₃</i>	20
<i>Efecto de la vitamina D3 en la respuesta productiva y características de la canal</i>	21
<i>Aceites Esenciales</i>	23
<i>Terpenoides</i>	24
<i>Limoneno</i>	26

<i>Timol</i>	27
<i>Fenilpropanoides</i>	28
<i>Eugenol</i>	28
<i>Vainillina</i>	29
<i>Mecanismo de acción de los aceites esenciales</i>	30
<i>Efecto de crina en respuesta productiva y características de la canal</i>	32
JUSTIFICACIÓN	34
HIPÓTESIS	36
OBJETIVO GENERAL	37
OBJETIVO ESPECÍFICO	37
MATERIALES Y MÉTODOS	38
Localización del área de estudio	38
Origen de la información	38
<i>Diseño del experimento y designación de tratamientos</i>	39
<i>Ingesta de agua</i>	43
<i>Consumo de alimento</i>	43
<i>Determinación de materia seca</i>	43
<i>Peso corporal de los ovinos</i>	43
<i>Sacrificio del animal</i>	44
<i>Peso de la canal caliente (PCC)</i>	44
<i>Peso de la canal fría (PCF)</i>	44
<i>Mediciones de las característica de la canal</i>	44
Variables evaluadas	45
Cálculos	45
<i>Porcentaje del rendimiento de la canal</i>	45

Área del ojo de la costilla	45
<i>Porcentaje KPH</i>	45
<i>Rendimiento estimado de músculo en la canal</i>	46
<i>Relación de músculo y grasa</i>	46
<i>Ingesta de agua promedio</i>	46
<i>Peso promedio final</i>	46
<i>Ganancia diaria promedio de peso</i>	46
<i>Eficiencia de la ganancia de peso</i>	46
<i>Estimación de energía dietética</i>	47
<i>La ganancia energética</i>	47
<i>La ganancia mantenimiento</i>	47
<i>Estimación de energía requerida para mantenimiento y ganancia ...</i>	47
<i>Estimación del CMS esperado</i>	47
Análisis estadístico	48
<i>Modelo estadístico</i>	48
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
<i>Rendimiento del crecimiento</i>	50
<i>Características de la canal</i>	54
CONCLUSIONES	58
LITERATURA CITADA	59

LISTA DE CUADROS

Cuadro		Pág.
1	Localización y acción de los tres tipos de receptores β	11
2	Clasificación de los aceites esenciales	24
3	Tratamientos para el experimento de la suplementación en la dieta con aceites esenciales más 25-hidroxi-vit-D ₃ (BOD ₃) y clorhidrato zilpaterol	40
4	Composición de la dieta y tratamientos basales	42
5	Efecto de los tratamientos sobre rendimiento del crecimiento y energía dietética durante el período de finalización (1-70d)	54
6	Efecto de los tratamientos en las características de la canal y composición tisular	57

LISTA DE FIGURAS

Figura		Pág
1	Gráfica de la producción y consumo de la carne ovina en México	5
2	Estructura del clorhidrato de zilpaterol, C ₁₄ H ₁₉ N ₃ O ₂	13
3	Biosíntesis de ácido melavónico	26
4	Esquema de diseño experimental	40

RESUMEN

Valoración del uso de una mezcla de aceites esenciales más 25-hidroxi-Vit-D3 como alternativa al clorhidrato de zilpaterol en corderos de engorde: Rendimiento de crecimiento, energía dietética y características de la canal

Un total de 36 ovinos machos intactos (Pelibuey × Kathadin de 6 meses de edad y peso inicial promedio= 25 ± 4.09 kg), se usaron, bajo un diseño de bloques completos al azar, con la finalidad de evaluar la suplementación dietética de una mezcla estandarizada de aceites esenciales más 25-hydroxy-Vit-D₃ (BOD₃) vs clorhidrato de zilpaterol (ZH), sobre el comportamiento productivo, energía de la dieta y características de la canal (2 corderos por corral con 6 repeticiones por tratamiento). Los tratamientos consistieron en suplementar una dieta de finalización formulada a base de maíz quebrado (41.20% PC y 2.10 Mcal ENm/kg) de la siguiente manera: 1) no aditivos (Testigo); 2) 150 mg/kg MS de mezcla de aceites esenciales más 0.09 mg/kg MS de 25-hydroxy-Vit-D₃ (BOD₃), y 3) 5.6 mg/kg MS de clorhidrato de zilpaterol (ZH). Los corderos que recibieron los aditivos mostraron una mayor ganancia diaria ($P=0.03$), sin diferencia en el consumo de MS ($P \geq 0.76$), mejorando ($P < 0.01$) así la eficiencia alimenticia, energía dietética y energía observada/esperada. Comparado con el grupo testigo, BOD₃ obtuvo canales más pesadas (3.8%, $P = 0.02$) y tendió ($P = 0.09$) a mostrar mayor área de músculo *Longissimus* (ML), mientras que el grupo ZH mostró mayor peso de la canal, área de ML y una menor grasa de cobertura comparado con el testigo. No existió diferencia entre BOD₃ y ZH en el rendimiento productivo, pero se registró una mayor área LM ($P < 0.01$) y una menor grasa

pélvica-renal y cardíaca ($P = 0.02$) para los corderos que recibieron ZH. De igual manera, ZH tendió a mostrar una menor grasa de cobertura ($P = 0.06$) y un mayor ($P = 0.07$) grado de rendimiento que BOD₃. Comparado con los grupos testigo y BOD₃, el grupo ZH obtuvo una mayor ($P < 0.05$) proporción tisular de tejido magro, con menor proporción de tejido graso. Los resultados indican que la suplementación de BOD₃ y ZH es similar en la respuesta productiva, pero en características de la canal ZH mostró mejores resultados.

Palabras clave: ovinos, aceites esenciales, 25-hydroxy-Vit-D₃, clorhidrato de zilpaterol, comportamiento productivo, características de la canal y energía dietética.

ABSTRACT

Evaluation of a mixture of essential oils plus 25-hydroxy-Vit-D3 as an alternative to supplemental zilpaterol hydrochloride in finishing lambs: Growth performance, dietary energy and carcass characteristics

A total of 36 intact male lambs (Pelibuey × Kathadin 6 months of age and average initial weight = 25 ± 4.09 kg), were used, under a random complete block design, in order to evaluate the dietary supplementation of a standardized blend of essential oils plus 25-hydroxy-Vit-D₃ (BOD₃) vs zilpaterol hydrochloride (ZH), on growth performance, diet energy, and carcass characteristics (2 lambs by pen/6 repetitions per treatment). Treatments consisted of supplementing a finishing cracked corn-based diet (14.20% PC and 2.10 Mcal ENm/kg) as follows: 1) no-additives (Control); 2) 150 mg/kg MS of essential oil blend plus 0.09 mg/kg MS of 25-hydroxy-Vit-D₃ (BOD₃), and 3) 5.6 mg/kg MS of zilpaterol hydrochloride (ZH). Lambs fed diets containing BOD₃ or ZH showed greater daily weight gain ($P = 0.03$) with no difference on dry matter intake ($P \geq 0.76$), thus improving ($P < 0.01$) feed efficiency, dietary energy, and observed to expected dietary energy. Compared to controls, BOD₃ lambs showed heavier carcass (3.8%, $P = 0.02$) and tended ($P = 0.09$) to have a greater area of Longissimus muscle (LM), while the ZH group showed greater carcass weight, LM area, and a lower fat thickness when compared to the controls. There was no difference between BOD₃ and ZH on growth performance, but a greater LM area ($P < 0.01$) and lower pelvic-renal and cardiac fat ($P = 0.02$) were observed in lambs receiving ZH. Similarly, ZH tended to show a lower fat thickness ($P = 0.06$) and higher yield grade ($P = 0.07$) than BOD₃. Compared to the control and BOD₃ groups, ZH group obtained a

higher ($P < 0.05$) tissue ratio of lean tissue, with a lower proportion of fat tissue. Results indicate that lambs received either BOD₃ or ZH showed similar growth performance response, but carcass characteristics of lambs received ZH showed better results.

Keywords: lambs, essential oils, 25-hydroxy-Vit-D₃, zilpaterol hydrochloride, productive behavior, carcass characteristics and dietary energy

INTRODUCCIÓN

La ovinocultura en México se considera un sector agropecuario secundario poco atendido, se desarrolla en diversos climas y sistemas de producción heterogéneos, lo que conlleva a un 30% de mortalidad de los ovinos en las primeras 3 semana de vida, la mayor producción se desarrolla en climas cálidos. Estas variaciones originan fluctuaciones en la disponibilidad del ganado para el abasto y ocasiona irregularidad en la condición que se producen y esto se refleja en la calidad del producto final.

En el año 2021 se produjo 65, 844 toneladas de carne ovina a nivel nacional, donde se presentó un déficit de 1, 716 toneladas para el consumo en México, por lo que se tiene que importar casi el 3% de carne (SIAP, 2021).

En la producción ovina existen alternativas nutricionales, que consisten en adicionar sustancias, como el clorhidrato de zilpaterol, incluido en la dieta en la etapa de finalización de rumiantes (bovinos y ovinos), mejorando las características de la canal. Sin embargo, puede originar dureza en la carne, efecto negativo para la comercialización, disminuyendo su costo (López et al., 2003; Avendaño et al., 2006; Hilton et al., 2009). En este sentido, informes recientes por Hui y Rosmini (2012) y Korn et al. (2013), concluyen que la adición de vitamina D₃ de forma oral en finalización, tiene un efecto sobre las características organolépticas de la carne, como la suavidad, esto debido a un aumento de niveles de calcio sérico e intramuscular. Además, el adicionar aceites

esenciales de origen natural que tienen un efecto positivo sobre la fermentación ruminal obteniendo aprovechamiento de los nutrientes.

En el presente estudio se evaluará el efecto de la suplementación dietética aceites esenciales más 25-hidroxi-vit-D₃, como alternativa al clorhidrato zilpaterol y su combinación sobre las características de la canal, rendimiento de la canal, energía dietética en ovinos (*ovis aries*) de finalización.

REVISIÓN DE LITERATURA

Situación de la producción de ovina en México

El desarrollo de la ovino-cultura en México posee una orografía muy diversa, con una climatología que cambia fuertemente de un lugar a otro, grandes extensiones de tierra (zonas montañosas, boscosas y llanos) y con múltiples recursos naturales que son aprovechados en distintos sistemas de producción obtenido un gran potencial productivo (Partida et al., 2017; SIAP, 2019). Los sistemas de producción se diferencian por el nivel de tecnología aplicada, de integración y los mercados que atiende de acuerdo a algunas características, y se agrupan en tres categorías en tecnificado, semi-tecnificado, de traspatio y autoabastecimiento (SAGARPA, 2010).

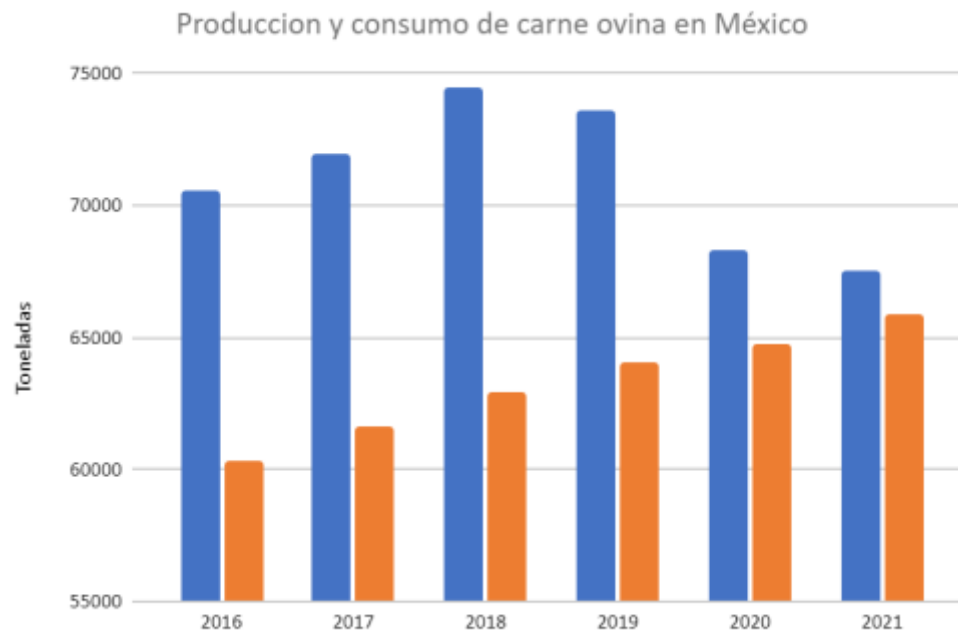
La producción de ovinos domésticos (*ovis aries*) en México es muy importante ya que se practica en casi todo el país y aporta productos básicos en la dieta de los mexicanos. Esta proporciona productos cárnicos y lácteos y subproductos como la lana, que se utiliza en la industria textil (SIAP, 2019).” Una de las ventajas de los ovinos es su capacidad de pastorear y sobrevivir en áreas en donde el ganado bovino no sobrevive, esto podría referirse a su capacidad eficiente de utilizar el agua y el nitrógeno” (Zygoyiannis, 2006; Muela y Sañudo, 2008).

En el inventario nacional del Sistema nacional de agricultura y pecuaria (SIAP) (2021) se declaró un inventario total de ovinos de 8, 766, 678 cabeza.

El consumo per cápita de carne ovina en el 2021 fue de 0.5 kg, el nivel de consumo (figura 1), fue de 67, 560 toneladas con una producción de 65, 844; los principales estados productores de carne de ovinos en México son, el Estado de México, Hidalgo, Veracruz, Jalisco, Puebla, Zacatecas, San Luis Potosí, Tlaxcala, , Oaxaca y Guanajuato, de los cuales estos 10 estados generan el 70% de la carne de borrego que se produce en el país (Comercarne, 2021).

La carne de ovino aporta el 2% del valor de la producción de carnes y es un producto con una creciente demanda del 5 al 9% anuales, que no es suficiente con la producción nacional, ya que el 50% de la carne consumida de esta especie es importada (SIAP, 2007).

La carne es el producto de mayor importancia nutricional (FAO, 2016). Las carnes rojas tienen proteínas de alto valor biológico y micronutrientes importantes necesarios para la salud. Contienen grasas, ácidos grasos funcionales. La carne de cordero es similar a la del bovino, pero tiene menos grasa total. Las grasas saturadas y ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) y ácidos grasos mono insaturados (MUFA) son similares entre carne de cordero y vacuno. La carne de ovino tiene fuentes ricas de Fe y Zn con 100 g y aporta una cuarta parte de los requerimientos adultos (NHMRC, 2006).



(Comecarne, 2021)

Figura. 1 Gráfica de la producción y consumo de la carne ovina en México

Aditivos utilizados en la dieta de los animales

“Un aditivo alimentario, se define como un producto o sustancia, que es incluido en la formulación de la dieta, en un nivel bajo de inclusión aumentando de la calidad nutricional del alimento y vitalidad del animal; no se utiliza por su valor nutritivo ya que se asimila en pequeñas cantidades, teniendo con un costo elevado” (Ravindran, 2010; Rebollar et al., 2015).

Existe un reglamento (CE) N° 1831/2003 que evalúa y autoriza la comercialización y uso de aditivos en la alimentación animal, el cual garantiza protección a la salud humana, sanidad y bienestar animal. Deben influir

favorablemente en las características del pienso y producto animal, no tener acciones negativas medioambientales y cubrir las necesidades alimentarias del animal, no deteriorar la microbiota ruminal y tener un efecto coccidiostático o histomonostático (Carro et al., 2006). En México, la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios es la encargada de la normativa que regula la utilización de aditivos (Wilson y Bahna, 2005).

“Es de suma importancia realizar un buen manejo de los ingredientes y respetar los tiempos de retiro y las dosis empleados en la dieta para los animales, esto para obtener un producto inocuo y seguro para el consumidor (Domínguez et al., 2009).”

Los aditivos se clasifican en su función como antioxidantes, colorantes, emulsificadores y estabilizadores de sabor, solventes, agentes de glaseado, edulcorantes, conservadores, espesantes e incrementadores de volumen (Velázquez et al., 2019). Además el reglamento (CE), los categoriza los aditivos en: a) tecnológicos, que es cualquier sustancia añadida los piensos, como los conservantes, antioxidantes, emulgentes, estabilizantes, espesantes, gelificantes; b) organolépticos, es una sustancia que se adiciona a los piensos, para mejorar sus propiedades ya sea visual, aroma y consistencia; c) nutricionales, como las vitamina, sustancias químicas con efecto análogo, aminoácidos, sales y urea. ; d) zootécnicos, son utilizados para la obtención de un efecto positivo en la productividad de los animales, que puede ser estabilizadores de la flora intestinal; e) coccidiostáticos e histomonostáticos (Carro et al., 2006).

“En este sentido, un promotor de crecimiento, es aquel producto que aumenta la ganancia de peso de un animal, de los cuales no todos ejercen una misma acción ya que dependerá de sus características y estructura química y su función a nivel celular. Algunos autores afirman que mejoran la productividad, la calidad del producto, disminuye la evacuación de desechos nitrogenados al medio ambiente, eficiencia alimenticia del ganado y hay una disminución en la presión sobre ecosistemas frágiles” (Sillence, 2004; Strydom et al., 2009).

Uso de los beta agonistas adrenérgicos

La aplicación de los agonistas adrenérgicos- β (AA β), se ha desarrollado desde hace ya más de 50 años, los cuales a pesar de algunos compuestos que causan daño a la salud, la mayoría de estos tienen un ínfimo efecto en el bienestar animal y salud del consumidor. En ovinos su utilización ha sido aceptada e investigada, aunque aún existen inconsistencias con la dosificación y el tiempo de retiro (Mersmann, 2002; Sillence et al., 2004).

La inclusión del clenbuterol, puede originar efectos, tales como, aumentar la dureza de la carne y particularmente este efecto se considera desfavorable para la comercialización de la carne (Avendaño et al., 2006; Hilton et al., 2009).

Por su parte, Kuri et al. (2007), observaron que los casos de intoxicación a nivel nacional incrementaron considerablemente con un registro de más de 133 casos, donde se pueden observar alteraciones de funcionalidad del eje hipotálamo3-hipófisis-adrenal-gonadal-hepático, por lo que la necesidad de

descontinuar su uso, hasta llevarlo a su prohibición por las leyes mexicanas, bajo las normas sanitarias federales en desde el 2002 (Caicedo et al., 2011).

Existen otras alternativas de estos agentes que son más seguros como el zilpaterol o la ractopamina. El suministro de zilpaterol está autorizado en México (por la Norma Oficial Mexicana NOM-061-1999; NOM-EM-015-ZOO-2002). Estados Unidos y Sudáfrica y se comercializa con el nombre de Zilmax, el cual no produce alteraciones a la salud del animal y del consumidor final (Castellanos et al., 2006; Shelver y Smith, 2006; Dikeman, 2007; Delmore et al., 2010).

Beta agonistas adrenérgicos

Los beta agonistas adrenérgicos (β AA) son un grupo de fármacos (agentes químicos) que se aplican en la producción animal para mejorar en la contención de nitrógeno (Domínguez et al., 2009) y pertenecen al grupo de elementos conocidos como promotores de crecimiento, tienen una actividad hormonal con el propósito de incrementar el crecimiento muscular, la conversión alimenticia y eficiencia alimentaria, reducción de grasa subcutánea y abdominal, así disminuyendo costos y una suprema calidad cárnica (Sillence, 2004; Johnson y Chung, 2007).

Los β AA realizan cambios en la proporción muscular y grasa, que se producen en el canal (Robles, 2009). Actúa particularmente mediante el estímulo de receptores adrenérgicos celulares, los cuales se localizan en las membranas celulares de los tejidos blancos desencadenando óptimos nutrientes y una eficaz energía y lipólisis, lo que conlleva a una síntesis proteica formando la masa muscular (Domínguez et al., 2009).

Mecanismo de acción de los beta agonistas adrenérgicos: los beta agonistas adrenérgicos (β AA) actúan en el metabolismo del tejido muscular y adiposo propiciando una hipertrofia en músculo esquelético, debido a que son mediados por medio del receptor de síntesis de proteínas e inhibidores de la degradación de proteínas (Johnson et al., 2014). Existen receptores b-adrenérgicos, los cuales son proteínas conformadas por 450 KDa (kiloDalton). Se conocen tres tipos de receptores, los cuales están en la membrana de la célula, sus cantidades puede variar, obteniendo como promedio un 50% de la masa de la membrana en receptor β 1 y β 3 se localizan en membranas postsináptica de tejidos inervados, controlados por neuronal y corresponden a la noradrenalina liberada desde los terminales simpáticos, mientras el receptor β 2 se ubican en tejidos o células con escasa inervación (útero, músculo esquelético, plaquetas, linfocitos) y son estimulados por las catecolaminas. En ovinos los receptores β 1 y β 2 se encuentran en bíceps posterior y en el área del músculo *Longissimus dorsi* (Ekpe et al., 2000; Tamargo y Delpón, 2011; Gonzaga, 2016).

Los beta adrenérgicos se enlazan a receptores B, en el cual se origina un complejo agonista-receptor, éste activa la proteína Gs (del inglés GTP binding protein), la unidad alfa de la proteína Gs activa la adenilato ciclasa, esta enzima produce el monofosfato de adenosina cíclico (AMPc) que es una de las principales moléculas de señalización celular, la cual produce efectos al unirse a subunidad reguladora de la proteína kinasa A (esta enzima es el factor que une al DNA y regula la transcripción del DNA a RNAm), para liberar la subunidad catalítica que fosforila

un gran número de proteínas intracelulares. La fosforilación activa o inactiva enzimas (Sumano et al., 2002; Johnson, 2004).

En el tejido adiposo los β AA incrementan el metabolismo degradativo de los lípidos en el adipocito, lo cual impide la reducción de acumulación de grasa. Cuando se activan los receptores, hay un aumento en el AMPc y activa la proteína kinasa A, esta fosforila la hormona sensible lipasa activando la lipólisis, también habrá una lipogénesis y estos ocasionan una hipertrofia reducida del adipocito y en el tejido adiposo los β AA incrementan el metabolismo degradativo de los lípidos en el adipocito, lo cual impide la reducción de acumulación de grasa. Cuando se activan los receptores, hay un aumento en el AMPc y activa la proteína kinasa A, esta fosforila la hormona sensible lipasa activando la lipólisis, también habrá una lipogénesis y estos ocasionan una hipertrofia reducida del adipocito y como resultado una disminución de la acumulación de grasa en la canal (Mersmann, 2002; Van et al., 2005).

En tejido muscular los β AA aumenta la perfusión sanguínea hacia músculo y desencadena un ascenso en la síntesis de proteína y retención de proteína lo que ocasiona una hipertrofia muscular, además de cambios en la producción de ARN (ácido ribonucleico) de transcripción para proteínas musculares como la miosina y la actina. En ovinos y bovinos se ha observado un aumento del peso de los músculos en un 40% y la magnitud de la respuesta varía dependiendo de los BAA suministrados y la influencia de factores como la especie, raza edad, sexo y dieta (Ekpe et al., 2000; Li et al., 2000; Castellanos et al., 2006).

Cuadro 1. Localización y acción de los tres tipos de receptores β __ (Domínguez et al., 2009).

Receptor	Localización	Acción
β_1	Corazón, riñón y tracto gastrointestinal	Estimulan la frecuencia cardíaca, secreción de renina y relajación del músculo liso en tracto gastrointestinal
β_2	Músculo liso, bronquiolos, vasos sanguíneos y útero	Relajación del músculo liso de bronquiolos, vasos sanguíneos y útero
β_3	Tejido adiposo blanco y pardo o café	Control de la lipólisis y termogénesis

Efecto de los beta agonistas adrenérgicos (β AA): en estudios realizados en ovinos alimentados con el β AA clorhidrato de zilpaterol, se obtuvo que no mejoró la respuesta productiva (Anaya et al., 2005). Salinas et al. (2004), en su estudio realizado se mejoró la ganancia de peso en 60%. Los β AA disminuyen el contenido de grasa en la canal de ovino y bovinos y aumenta el área del *Longissimus dorsi* en ovinos y bovinos y aumenta la retención de proteína muscular. Teniendo un impacto muy importante, esto debido a la creciente demanda de carne magra por parte del consumidor, dándole énfasis en la composición de la canal con menos grasa

intramuscular, logrando una mayor masa muscular y un beneficio económico (Plascencia et al., 1999; Salinas et al., 2004; Castellanos et al, 2006; Mondragón, 2008).

Las características de la calidad de la carne, ya sea deseables o lo opuesto a ello, dependerá del destino de la carne. La carne para barbacoa requiere canales con un porcentaje de grasa, en los cortes finos prefieren carne marmoleada, que permita buenas propiedades organolépticas de la carne (textura, jugosidad y sabor). Y esto se obtiene con base en las propiedades físicas y químicas de los β AA. Otra característica importante es la terniza (medida como la fuerza necesaria para cortar la carne) siendo un parámetro internacional, ya que influye directamente en el precio de venta de los cortes de una canal, siendo los cortes más tiernos los de mayor valor monetario. En ovinos los modifican la terniza de 10.9 a 8.2 kg por cm², esto puede deberse a en el músculo hay mayor degradación proteica en los primeros 20 días post-mortem, provocado por la actividad de las enzimas calpastatinas que inhiben a la proteasa e impide la degradación de proteínas musculares resultando una carne menos suave (López et al., 2000; Bianchi et al., 2004).

Clorhidrato de zilpaterol: “el clorhidrato de zilpaterol (CZ) es higroscópico por lo cual debe mantenerse condiciones herméticas de ausencia de luz y a temperaturas por debajo de los 30° C, tiene un peso molecular de 297.8 Kda y una vida media biológica de 11.9-13 horas, es soluble en agua sin importar su pH y su color es blanco amarillento. Actúa en los receptores β 2 del músculo liso, esquelético y tejido adiposo, modificando el metabolismo celular a favor de la síntesis de proteína” (O’ Neill, 2001; Van et al., 2005).



Sinónimo; (+/-)-trans-4,5,6,7-Tetrahydro-7-hydroxy-6-(isopropylamino)imidazo[4,5,1-jk][1]benzazepin-2(1H)-one; RU-42173

(Cayetano, 2019).

Figura 2. Estructura del clorhidrato de zilpaterol, C₁₄H₁₉N₃O₂

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

La administración del agonista adrenérgico-β clorhidrato de zilpaterol ha demostrado una mejor en la ganancia diaria de peso entre un 13-28%, en conversión alimenticia con un porcentaje de 15-38%, en rendimiento de la canal de 2-12% y el grado de rendimiento en cortes cuando se dosifica a 60 mg/cab/día en los últimos días antes del sacrificio específicamente en bovinos productores de carne (Johnson, 2004; Avendaño et al., 2006; Plascencia et al., 2008) a pesar de

este efecto positivo el rango de respuesta sobre los grupos testigos es diverso. Por lo tanto, el nivel de respuesta se ve directamente afectado por la dosis, duración de tratamiento y la densidad energética de la dieta (Moody et al., 2000; Johnson, 2004).

Se ha observado que en ovinos aumenta el peso muscular un 40% dependiendo de la cantidad suministrada, edad, raza, sexo y dieta y un factor muy importante la temperatura, ya que altas temperaturas limitan su funcionamiento (Macías et al., 2013).

En ovinos se ha determinado el efecto del clorhidrato de zilpaterol en fase de finalización, la dosis empleada en los diversos experimentos realizados fue de 6 mg/kg de materia seca (MS), como resultado los ovinos consumen con base a su peso vivo en un 10 a 15% más de MS que los bovinos. Siendo el nivel de respuesta inconsistente (López et al., 2003; Félix et al., 2005).

El zilpaterol requiere un tiempo de retiro de 3 a 5 días antes del sacrificio para asegurar la eliminación de residuos en los tejidos destinados al consumo humano. Este es eliminado en un 95% en las primeras 72 h post-retiro y se desconoce su efecto negativo que pudiera tener si se aumentan los tiempos de retiro en el comportamiento productivo (Holland et al., 2008).

El empleo de CZ está permitido en México, Estados Unidos y Sudáfrica y se produce comercialmente por el laboratorio MSD (Merck Sharp Dome) con el nombre comercial de Zilmax®. Los límites máximos de residuos en ppb para hígado y riñón son de 30 ppb, tejido adiposo 20 y músculo 1 ppb. Considerándolo de bajo riesgo

para el consumo humano (Shelver y Smith, 2006; Dikeman, 2007, Leheska et al., 2009; Delmore et al., 2010).

Estrada et al. (2008) reportaron menor grasa pélvica-riñón al corazón, una tendencia a incrementar la ganancia diaria de peso (GDP) y una mejor eficiencia alimenticia y rendimiento en canal en corderos suplementados con el CZ comercial denominado Zilmax®. Aguilera et al. (2008), no encontraron en grupo de corderos alimentados con Zilmax y grupo testigo diferencias en el comportamiento productivo y rendimiento en canal. Por su parte, Robles et al. (2009), observaron una ganancia en el crecimiento diario (55 g/d) y en la eficiencia alimenticia por ofrecer dietas suplementadas con Zilmax a corderos de pelo.

Efecto del clorhidrato de zilpaterol en la productividad y características de la canal: Salinas et al. (2004) investigaron los efectos de la duración del tratamiento con CZ y características de canal y aumento de peso en ovinos raza pelibuey de pastoreo; el cual consistió en tener 36 ovejas pelibuey machos enteros de 21.42 kg $\pm$ 3.32 kg, mantenidos en pastoreo con el pasto *Dichanthium aristatum* y suplementados con sorgo, harina de soya, urea, melaza, sebo y minerales, con 60 días de alimentación. Donde se agregaron tres tratamientos: T1) el control, sin CZ, T2) 10 ppm durante 20 días, T3) 10 ppm durante 30 días. No se observó ninguna diferencia ($P>0.05$) de ganancia diaria media de peso (ADG) en los tres grupos. El T1 tenía mayor grasa subcutánea que los animales que recibieron CZ. Y con el CZ no se vio afectada el área del músculo *Longissimus dorsi*. Macías et al. (2013) evaluaron el efecto del clorhidrato de zilpaterol sobre el comportamiento y características de canal en corderas durante

primavera y verano. Donde utilizaron 44 corderas dorper x pelibuey con peso vivo promedio de $25.56 \pm 0, 70$ kg. Se coloca con corraletas individuales, utilizando dos tratamientos el primero sin utilizar CZ y el segundo con una inclusión de 10 mg de CZ/animal/día durante 32 días. Al finalizar el periodo las corderas fueron sacrificadas para los análisis. Las corderas alimentadas en primavera presentaron mayor ($P<0.01$) peso final, ganancia diaria de peso y eficiencia alimenticia que las corderas alimentadas en verano o las del control en ambas épocas. El rendimiento de la canal en primavera y verano fue mayor ($P<0.01$) en corderas suplementadas con CZ. El consumo de alimento y el área del músculo *Longissimus dorsi* fueron afectados ($P<0.01$) por época. Lo cual concluyeron que las altas temperaturas registradas en verano limitan el funcionamiento de CZ para mejorar el crecimiento y eficiencia alimenticia de las corderas, pero no las características de la canal.

Partida et al. (2015), evaluaron el efecto de la administración del CZ sobre características de la canal en ovinos de raza katahdin x charollais y katahdin x dorper. Se alimentaron con una dieta integral con 15% de PC (proteína cruda) y 2.9 Mcal EM/kg MS (materia seca). El análisis fue un diseño al azar con arreglo factorial 2x2 con dos genotipos y 2 niveles de CZ (0 y 0.5 mg/kg de peso vivo). No se presentó interacción entre el genotipo y el CZ. El CZ incrementó el rendimiento en la canal en 52.1 ± 0.3 a $53.7 \pm 0.4\%$ ($P<0.001$). Al igual incrementó ($P<0.001$) el área del músculo *Longissimus dorsi* (Ld) en 18.5 % y tuvieron 7.5 % más músculo, 6.0 % menos hueso y 22.4 % menos grasa que los corderos del tratamiento testigo ($P<0.05$).

Uso de aditivos alternativos a los beta agonistas

La industria de la producción pecuaria, se ha visto en la necesidad de añadir aditivos químicos a la alimentación del ganado para obtener más rentabilidad en sus sistemas. Los beta agonistas han jugado un papel importante, en la industria, donde algunos de ellos han causado problemas a la salud, tanto a los animales como de los humanos.

Por ello, se ha buscado otras alternativas naturales y más seguras y dando los mismos efectos que el sector quiere, sin un riesgo a la salud o al medio ambiente (Caja et al., 2003); como las vitaminas y extractos vegetales, con una gran variedad, que producen compuestos secundarios, ejerciendo una actividad positiva en el organismo del animal, los más conocidos son los estimulantes digestivos, antisépticos y antimicrobianos (Franz et al., 2005). La producción de los compuestos secundarios en las plantas es compleja y su concentración es variable, esto puede ser por la condición del cultivo, la variedad, la época del año, el método de extracción, su almacenamiento y concentración; por lo que sus efectos pueden ser diversos (Jouany y Morgavi, 2007).

En la industria existen productos comerciales que combinan diferentes aceites esenciales con otros productos naturales por la sinergia que existe, dando resultados positivos.

Vitaminas

Las vitaminas son un componente dietario vital para usar eficazmente otros nutrientes; pueden ser requeridas en una determinada raza, edad, estado fisiológico y productivo. Se pueden clasificar en vitaminas liposolubles: vitamina A, D, E y K Vitaminas hidrosolubles: B12, vitaminas, niacina, colina (Bauer et al., 2009).

Las vitaminas forman parte de los micronutrientes y estos son compuestos orgánicos necesarios en pequeñas cantidades para los vertebrados y esenciales para el mantenimiento de las funciones metabólicas. En los rumiantes estas deben ser incluidas en las dietas; en el rumen puede no ser suficiente para el máximo crecimiento y desempeño de la producción de estos animales (Martins et al., 2016; Wu, 2018).

La dieta a base de forraje puede aportar una considerable cantidad de nutrientes para el rumiante, pero una suplementación intensiva con alimento almacenado en forma de heno o ensilado puede reducir un 50% el valor nutrimental del alimento. Dietas con poco forraje y suplementación de micronutrientes caducados, pueden provocar una deficiencia de estos (Martins et al., 2016; Kang et al., 2017).

La Vitamina D (calciferol) conforma un grupo relacionado con componentes anti-raquíuticos. Está conformada por dos moléculas diferentes a su estructura y origen de vitamina D: Ergocalciferol (D₂) que deriva del ergosterol se forma por la acción de la radiación ultravioleta sobre el esteroide ergosterol en las plantas y Colecalciferol (D₃) la cual proviene del 7-dehidrocolesterol. Las cuales se requieren

para la absorción de calcio y fósforo, equilibrio de mineralización de los huesos, movilizar el calcio y regulación de la función de células del sistema inmunológico. Se absorbe en tracto intestinal con lípidos y sales biliares, una vez ya en hígado se desarrolla un metabolito llamado 25-hidroxi-Vitamina-D₃ (Bauer et al., 2009; Vásquez et al., 2017).

La vitamina D se encuentra limitada en el alimento de los animales y es inusual encontrarla en plantas, excepto en forrajes secados al sol. Una dieta a base de concentrado no contiene vitamina D. Generalmente todos los animales pueden sintetizar vitamina D, cuando la piel es expuesta a la luz del sol (McDonald et al., 2010; Wu, 2018).

Uso de la vitamina D: se ha investigado la importancia de la vitamina D en la calidad de la carne, en algunos reportes se describe que dosis elevadas de vitamina D por periodos cortos antes del sacrificio del animal, mejora las características organolépticas de la carne, utilizando en conjunto con algunos beta agonista ya que estos pueden tener un impacto negativo en la suavidad de la carne; sin embargo es importante tener en cuenta el porcentaje de inclusión en la dieta de vitamina D, esto con el objetivo de no presentar problemas de toxicidad en los animales y consumidor (Karges et al., 2001; Montgomery et al., 2000; Reiling y Johnson 2003; Foote et al., 2004; Montgomery et al., 2004). El NRC (2000) señala requerimientos de vitamina D en 275 UI por kg de materia seca (MS).

Vitamina D₃: la vitamina D₃ también conocida comercialmente en la producción como 25-hidroxit-vit-D₃, puede obtenerse a partir de fuentes dietéticas del origen animal (hígado, huevo, leche, carne) y más conocida a partir de la síntesis de 7-dehidrocolesterol, enzima presente en la piel de animales y humanos. Las vitaminas de origen alimentario tienen que ser absorbidas en el intestino, principalmente en la porción ileal en consideradas cantidades (Norman et al., 2007; Seijo et al., 2012).

La producción de vitamina D₃ (D₃) no es un proceso enzimático si no un proceso nocimático. La D₃ (colecalfiferol) se produce a partir de 7-dehidrocolesterol (7-DHC) en donde el anillo B se rompe por la radiación UVB, y el pre-D₃ formado isomeriza a D₃ este se convierte en 25OHD₃ en el hígado y en otros lugares por una serie de enzimas de las cuales sitio CYP2R1 es el más importante. La 25OHD₃ se metaboliza en riñón y otros tejidos al metabolito activo 1,25(OH)2D₃ o el primer paso en el proceso catabólico 24,25 (OH)2D₃. De ahí se transporta al intestino, huesos y cuerpo, donde está implicado el metabolismo del calcio y fósforo (Bikle, 2014).

Los principales órganos diana de la vitamina D son las glándulas intestinales, óseas, renales y paratiroides. Participan las hormonas tirocalcitonina (calcitonina) y parathormona (PTH) que actúan con relación delicada con la 1.25 (OH) 2D₃ para el control de los niveles de fósforo y calcio en sangre. La función principal del PTH es mantener las concentraciones de fosfato y calcio ionizado en plasma dentro de los límites fisiológicos estrechos. La 1.25 (OH) 2D₃ promueve la absorción activa y el transporte transcelular de calcio hacia el torrente sanguíneo por medio de un canal de calcio específico conocido como TRPV6 y la calbindina una proteína

transportadora de calcio presente en el intestino. (McDowell, 2000; Dittmer y Thompson, 2011).

El TRPV6 y la calbindina están regulados positivamente por $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ y aumenta la absorción intestinal de calcio, las concentraciones altas de calcio en sangre proporcionan una retroalimentación negativa sobre el número de canales de TRPV6, lo que reduce la absorción intestinal de calcio. También pueden ser incluidos en las concentraciones de vitamina D y calcio en la sangre (Meyer et al., 2006).

Efecto de la vitamina D₃ en la producción y la canal: en investigaciones realizadas en los últimos años han intentado mejorar la terneza de la carne, a través de diferentes métodos, todos con el objetivo de a través del aumento de la concentración de calcio en el periodo de finalización de los animales hacia su sacrificio y ver resultados post-mortem (Feed, et al., S/F). Koohmaraie et al. (1988) intentaron un método el cual era una infusión de Ca a la carne, el cual se le dio el nombre de CAT (por sus siglas en inglés calcium activated tenderization) que consiste en una aplicación pre o post-rigor de cloruro de Ca al 2.2% a cortes comerciales, para así activar las enzimas calcio-dependientes como las calpaínas que intervienen en el proceso de maduración de la carne.

Swanek et al. (1997); Berry et al. (2000); Montgomery et al. (2000); y Scanga et al. (2001); realizaron investigaciones de la suplementación oral de vitamina D₃ por periodos de 5 y 10 días, previos al sacrificio Con el objetivo de aumentar la calcemia y la actividad de las calpaínas en el post-mortem, utilizaron diversas dosis,

sin embargo aunque todos reportaron incremento de calcio sérico, Montgomery et al. (2000) y Swanek et al. (1997) observaron disminución de la fuerza de corte, contrarios Berry et al. (2000) y Scanga et al. (2001), no obtuvieron diferencias significativas ($P>0.05$) en los cortes.

Montgomery et al. (2000), al suplementar 10,000,000 UI de vitamina D₃ durante 9 días previos al sacrificio, observaron un incremento de 30 hasta 170 veces la concentración de esta vitamina en músculo, hígado, riñón y plasma de bovinos, es decir con 63 g de músculo o 6 g de hígado se alcanzan los 5.6 µg/día de vitamina D₃ recomendados por la Norma Oficial Mexicana (NOM-51-SSAL-2010).

Así mismo, Montgomery et al. (2004), reportaron que 500,000 UI de vitamina D por animal/día durante 8 días consecutivos antes del sacrificio, hay un efecto significativo ($P<0.05$) en la blandura de los cortes, esto sin afectar el desempeño productivo de los animales, debido a que se aumenta la actividad de la concentración de calcio muscular que favorece la degradación de la proteína miofibrilar provocando una disminución de la actividad de la μ -calpaínas después del sacrificio y esto es un indicativo del incremento en tejido vivo de la actividad proteolítica.

Aceites esenciales

Los aceites esenciales (EO), son fracciones líquidas volátiles, generalmente destiladas por arrastre con vapor, contienen las sustancias responsables del aroma de las plantas y son importantes en la industria. Se caracterizan de acuerdo con sus composiciones químicas, naturaleza y propiedades bioactivas.

La concentración y tipo varía por especie y segmento de la planta, al igual depende de la región geográfica y estación de cosecha. La función de los AE es proporcionar a la planta protección contra agentes estresantes abióticos y bióticos, puede captar a otros organismos para favorecer la polinización. Existen hasta más de 100 componentes que pueden ser, compuestos alifáticos de bajo peso molecular (alcanos, alcoholes, aldehídos, cetonas, ésteres y ácidos), monoterpenos, sesquiterpenos y fenilpropanos. (Sandwan et al., 2001; Martínez, 2003).

En el siguiente cuadro se muestra la clasificación de los EO, de acuerdo a su origen, consistencia y composición química.

Cuadro 3. Clasificación de los aceites esenciales ____ (Adaptado de: Martínez, 2001)

Consistencia/esencia	Origen	Química
Fluidas: líquidos a temperatura ambiente.	Naturales: obtención directa de la planta y no sufren modificaciones físicas ni químicas, son de bajo rendimiento y muy costosas	Monoterpenos: ricos en monoterpenoides, como hierbabuena, albahaca, savila, etc.
Bálsamos: espesos, poco volátiles y propensos a sufrir reacciones de polimerización	Artificiales: se obtienen por enriquecimiento de la misma esencia con uno o varios componentes, como la esencia de rosas enriquecida con linalool	Sesquiterpenos: ricos en sesquiterpenoides, como la copaiba, pino, junípero.
Oleorresinas: aroma de las plantas en forma concentrada y son líquidos, semisólidas, muy viscosos	Sintéticos: producidos por la combinación de sus componentes los cuales son producidos por procesos de síntesis química. Económicos.	Fenilpropanos: ricos en fenilpropanoides como el calvo, canela y anís

Con respecto a los anterior ya mencionado existen dos grupos químicos:

Terpenoides: son el grupo más abundante de los aceites vegetales, además de ser los responsables de los aromas y sabores de las plantas, en este sentido entre mayor sea la cantidad de oxígeno en la molécula mayor será su aroma; son metabolitos secundarios formados por unidades de 5 átomos de carbono o unidades de “isopreno”, pueden contener hasta 8 unidades, puede acomodarse linealmente o cíclicamente (Shrader y Bohlman, 2015).

Se deriva del isopentenil difosfato (IPP) o isómero doble enlace pirofosfato de dimetilalil (DMAP). Los precursores de los terpenos se producen mediante dos rutas metabólicas: la vía del mevalonato (es la única que produce de IPP y DMAP en animales y hongos), en la biosíntesis primero se condensan dos moléculas de acetilCoA, donde participa una B-cetotiolasa y una enzima condensante, donde es atacada por otra molécula de acetilCoA que ha perdido un H-a, pasa una hidrólisis que da lugar a la B-hidroxi-B-metilglutarilcoenzima-A, después hay una segunda hidrólisis del grupo tioéster, enseguida pasa una reducción de NADPH-dependiente para al final llegar al ácido mevalónico (figura 3); en las células vegetales produce IPP en el citosol) y del metileritritol fosfato (Chappell, 1995; Boroat y Rodríguez, 2015).

Las funciones principales en la planta son pigmentos fotosintéticos, acarreadores de electrones, reguladores de crecimiento, glicosilación de proteínas, presentan también una actividad antioxidante, antitumoral, antiinflamatoria, antifúngica y antibacterial (Tholl, 2015).

saborizante, ansiolítica (produce un incremento de los neurotransmisores serotonina y dopamina en el cerebro), también puede producir la apoptosis de las células cancerígenas. Es absorbido y metabolizado rápidamente, pero se puede acumular en tejidos grasos como el del cerebro, y no es tóxico (Boroat y Rodríguez-Concepción, 2015).

Timol: 2-isopropil-5-metilfenol, es un fenol monoterpénico que se encuentra en los aceites esenciales aislados de plantas, que pertenecen a la familia Lamiaceae y Verbenaceae, tiene baja solubilidad de agua, baja palatabilidad (Marchese et al., 2016). Es biosintetizado por la aromatización de γ -terpinero a p-cimeno seguido de hidroxilación de p-cimeno (Poulose y Grotteau, 1978). Este componente y otros han sido registrado por la comisión europea para su uso como aromatizante o producto alimenticio, debido a su bajo riesgo para el consumidor (Marchese et al., 2016)

Marino et al. (1999), evaluaron la actividad antibacteriana del aceite esencial obtenido de *Thymus vulgaris* L. contra Gram-negativas y Gram-positivas, en bacterias que utilizan un método de bioimpedancia, encontrando que el aceite esencial de tomillo tenía actividad bacteriostática. El efecto antimicrobiano del timol se puede deber a una perturbación de la fracción lipídica de la membrana plasmática bacteriana, lo que conlleva a que se expulse material intracelular (Trombetta et al., 2005). Xu et al. (2008), en un estudio para evaluar los efectos del timol en *E. coli*, confirmaron que el efecto antimicrobiano está relacionado con la capacidad que tiene el timol para inducir permeabilización y despolarización de la membrana citoplasmática.

Mendes et al. (2010) observaron que el timol en forma oral (50, 100 y 200 mg/kg) muestra una actividad inhibitoria sobre el efecto del ácido acético.

Fenilpropanoides: son moléculas que se sintetizan a partir de los aminoácidos fenilalanina y tirosina. Su actividad antimicrobiana varía de un compuesto a otro. Estos son sintetizados por la ruta del ácido shikímico, donde se sintetizan triptófano, fenilalanina y tirosina (aminoácidos aromáticos) que actúan como alelopáticos (Sangwan et., 2001).

Eugenol: (4-alil-2-metoxifenol) es un compuesto aromático fenólico obtenido principalmente de las plantas de la familia *Lamiaceae*, *Lauraceae*, *Myrtaceae* y *Myristicaceae*, siendo su componente más importante del aceite de clavo (*Syzygium aromaticum*) tiene propiedades antibacterianas, antivirales, antifúngicas, anticancerígenas, antiinflamatorias y antioxidantes, es poco soluble en agua y bien soluble en disolventes orgánicos (Hui et al., 2020; Ulanowska y Olas, 2021).

Se ha demostrado que tiene propiedades antibacterianas en especies como *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Escherichia coli*, su potencial se le atribuye al grupo OH libre en su estructura. En las bacterias Gram-negativas actúa dañando la membrana citoplasmática, ya que es una molécula hidrofóbica, esto le facilita penetrar la membrana celular del lipopolisacárido y entrar en el citoplasma, al entrar a la célula ocasiona alteraciones en su estructura, resultando una fuga del componente intracelular (Ulanowska y Olas, 2021); se ha encontrado que inhibe la actividad de la ATPasa unida a la membrana de ciertas bacterias, además es capaz de producir especies reactivas intracelulares de oxígeno (ROS),

que pueden causar la muerte celular, esto al inhibir el crecimiento y dañar el ADN; por otra parte se ha demostrado efectos sinérgicos con otros componentes (Gill y Holley, 2006; Hyldgaard et al., 2012; Mark et al., 2019)

Vainillina: 4-hidroxi-3-metoxibenzaldehído, es un compuesto complejo fenólico, tiene variables grupos funcionales como aldehído, hidroxilo y éter unidos a un anillo aromático, además es considerado un componente seguro, según la Asociación Manufacturera de Extractos y Sabores (FEMA) y se clasifica como aceptado para el consumo por la Administración de Fármacos y Alimentos, (FDA) (Bravo et al., 2020). Pertenece a la familia *Orchidaceae*, es la única especie de orquídeas que produce frutos comestibles (Menchaga et al., 2011; Arango y Moreno 2011).

En un estudio realizado por Kumar y Yu, (2013) sobre los efectos de la vainillina sobre la metanogénesis y la fermentación ruminal en concentraciones 0, 0.76 y 1.53 g/L, reportaron que la producción de metano y la concentración de amoníaco disminuyeron conforme al aumento de la dosis de vainillina, el ácido butirato aumentó y disminuyeron protozoarios y bacterias, concluyendo que estos efectos pueden ser indirecto a la inhibición de las bacterias proteolíticas, lo cual arroja que existen diversos efectos inhibitorios en las diferentes bacterias.

Mecanismo de acción de los aceites esenciales: los efectos de los aceites esenciales (EO), dependen de eliminar los radicales libres, la inhibición de la peroxidación de los lípidos de membrana, la estimulación de las enzimas y las más importantes son su capacidad antiséptica y antimicrobiana. (Gutiérrez et al., 2003;

Lee et al., 2003). Hoffman y Evans (1911), fue la primera evidencia científica de las propiedades antimicrobianas de los EO.

La acción de los terpenoides y fenilpropanoides contra las bacterias es a través de la interacción de la membrana celular, debido a la naturaleza hidrofóbica de los hidrocarburos cíclicos, que cuando se origina la interacción, se acumula en la bicapa lipídica, esto provoca cambios conformacionales en la estructura de la membrana, dando origen a una fluidificación y expansión. Por lo anterior, hay una fuga de iones a través de la membrana celular, disminuyendo el gradiente iónico. Algunas bacterias pueden interrumpir el efecto a través del uso de bombas iónicas y no hay muerte celular, pero se ejerce una gran pérdida de energía y el crecimiento disminuye (Sikkema et al., 1994; Dorman y Deans, 2000; Cox et al., 2001).

Existe un sistema llamado quorum sensing, el cual consiste en que los microorganismos bacterianos se comunican individualmente, segregando pequeñas moléculas señalizadoras que permiten que toda la colonia actúe como un grupo, a través de la expresión de genes, esto es posible solo cuando el número de bacterias dentro de una población es suficiente. Es importante encontrar principios activos que puedan inhibir este sistema de comunicación. Existen muchos aceites esenciales (ajo, mejorana, orégano, laurel. Romero, tomillo, orégano, albahaca, árbol de té, cúrcuma, vainillina, etc) han demostrado que interfieren en el sistema ya mencionado. Los mecanismos de acción para eso son varios: 1) toxicidad de la pared celular, por la naturaleza lipófila de los aceites esenciales estos se unen a la pared bacteriana, desarrollando alteraciones en ella, como aumentar su permeabilidad y la liberación de componentes celulares al exterior, resultando así la

muerte de la bacteria; 2) acción sobre la síntesis de proteínas, los componentes de los EO alteran el sistema celular de las síntesis de proteínas; 3) reducción de los niveles intracelulares de ATP, este es una unidad molecular de transferencia de energía en las células y es vital para su metabolismo, ciertas moléculas de algunos EO, son capaces de inhibir las enzimas que producen ATP, por lo que ocasiona una alteración en el metabolismo bacteriano; 4) reducción del pH intracelular, EO, como el orégano, mostaza y canela, reducen el pH dentro de la bacteria, por esta razón interfiere en el proceso celular como la transcripción de ADN, síntesis de proteínas y actividad enzimática; 5) cambios en el citoplasma, principalmente el orégano y la canela causan una coagulación del material proteico en el citoplasma (S/A, 2018).

En los rumiantes los EO, interaccionan con los lípidos de la membrana celular de los microorganismos del rumen, donde realizan cambios en su estructura, provocando una inhibición de su crecimiento e incluso su muerte. Se ha observado una actividad más fuerte en las bacterias grampositivas que las gramnegativas (Chao et al., 2000; Calsamiglia et al., 2007). La tasa de crecimiento da cambios en la proporción de la población de bacterias en el rumen, originando cambios en la fermentación. La actividad antimicrobiana es mayor en hidrocarburos cíclicos oxigenados y estructuras fenólicas como el timol y carvacol, donde el grupo hidroxilo y electrones permiten la interacción con el agua por los puentes de hidrógeno haciendo que se vuelvan agentes antimicrobianos (Davidson y Naidu, 2000).

Efecto de los aceites esenciales en la productividad y en la canal: se han realizado diversas investigaciones para observar los efectos de la suplementación de aceites esenciales (EO) en la dieta para rumiantes, ya que se han observado

resultados significativos tanto en la respuesta productiva, energía, características de la canal, como en la fermentación ruminal, en este sentido Arteaga et al. (2021), realizaron un estudio para medir los efectos de una mezcla estandarizada de aceites esenciales contra monensina, en 36 ovinos machos, donde observaron que EO comparado con el control, tuvo diferencia significativa ($P<0.05$) en eficiencia alimenticia, energía neta estimada; comparado EO contra monensina, los EO ($P<0.05$) en consumo de materia seca, ganancia diaria de peso y eficiencia alimenticia; concluyendo que los EO son una alternativa viable para sustituir la monensina sódica en ovinos de finalización.

En otro estudio de Naseri et al. (2022), evaluaron los efectos del aceite esencial de Pistacia atlántica sobre protozoarios ruminales, y especies de bacterias, fermentación ruminal en ovinos; utilizaron 6 ovinos provistos de cánula ruminal, el experimento constó de 2 periodos y 2 tratamientos, 1) control, sin aditivos, 2) PAKEO 1.2 ml/ovino/día. Donde observaron que con PAKEO disminuyó el ácido acético, además de ser un potencial aditivo y mejorar la fermentación ruminal, promoviendo gluconeogénesis y una mejor ganancia diaria de peso.

Benchaar et al. (2006), evaluaron los efectos de la monensina (MO) y el aumento de los niveles de dosis de una mezcla de compuestos de aceites esenciales (EO) en la ingesta, digestión y el rendimiento del crecimiento del ganado de carne, para ello realizaron dos experimentos, en el primer experimento utilizaron 20 novillos y 20 vaquilla, con 3 tratamientos, el control (sin aditivos), uno suplementado con MO (33 mg kg DM-1) y EO (2 y 4 g/d-1) la ingesta de alimento en base de materia seca, la eficiencia alimenticia y ganancia diaria de peso no se

vio afectada ($P>0.05$) por la adición de EO con la dosis más alta tuvo un efecto cuadrático ($P<0.05$). Para el experimento 2, se utilizaron 5 novillos alimentados con una dieta base, con MO (33 mg/kg DM-1) y EO (2, 3 y 4 g/d -1), donde para la digestibilidad aparente y la retención de N, no fueron significativos ($P>0.05$).

JUSTIFICACIÓN

La producción ovina en México ha sido inconsistente con una alta mortalidad en las primeras semanas de vida de los corderos, por los diversos tipos de producción, manejo, la escasa ayuda brindada a este sector, variabilidad genotípica y fenotípica de ovinos, además de existir altos costos en los insumos para la alimentación debido al cambio climático y escasez de agua, bajando los niveles productivos. Por lo que, son factores que no ayudan al productor para abastecer la creciente demanda a nivel internacional y nacional que existe de carne ovina ni a las características que el consumidor desea ver cómo, la cobertura de grasa, color, musculatura, terneza, en el producto final de la carne.

Existen investigaciones de estrategias nutricionales como la suplementación de aditivos para mejorar la productividad, la fermentación ruminal, la acreción muscular en los ovinos, en este sentido los más utilizados en la ganadería, han sido los aditivos sintéticos (antibióticos y beta agonistas), pero estos ya están siendo prohibidos a nivel internacional, por lo que, se está limitando su uso y optando por desarrollar estudios con extractos de plantas.

Por lo cual, el presente estudio busca evaluar los efectos que tiene la suplementación de aditivos naturales, aceites esenciales y 25-hidroxil-Vit-D3 contra el beta agonista, clorhidrato de zilpaterol, sobre las características de canal, energía dietética y rendimiento del crecimiento en ovinos machos en etapa de finalización, para demostrar un efecto positivo o negativo de estos ingredientes.

Mencionado todo lo anterior, esta investigación beneficiaria al sector pecuario y al consumidor y se obtendría más conocimiento del tema para futuras investigaciones.

HIPÓTESIS

La suplementación con una mezcla de aceites esenciales más 25-hidroxil-Vit-D₃ en la etapa final de la engorda, tendrá una respuesta similar sobre el comportamiento productivo, las características de la canal y la energía dietética comparado con ovinos que son suplementación con clorhidrato de zilpaterol.

OBJETIVO GENERAL

Comparar el efecto de la suplementación de aceites esenciales más 25-hidroxi-Vit-D₃ vs clorhidrato zilpaterol sobre el rendimiento productivo, la energía dietética y las características de la canal, en ovinos (*ovis aries*) de finalización.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Determinar la ganancia de peso, consumo de MS, eficiencia alimenticia y energética de la dieta de ovinos en finalización
- 2) Determinar el peso y rendimiento de la canal, área de ML, espesor de grasa dorsal y grasa pélvica-renal-cardíaca
- 3) Medir la composición tisular del músculo

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del área de estudio

El estudio se llevó a cabo en la Unidad Experimental de Engorda para Pequeños Rumiantes II, de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Sinaloa, en la ciudad de Culiacán de Rosales, localizada a 107° 21' LO y a 24° 46' LN, a 79 m sobre el nivel del mar. La región se caracteriza por tener un clima semiseco, cálido, extremo con lluvias en verano. La temperatura anual promedio es de 25.9°C, con temperaturas medias de 22 y 34°C de mínima y máxima, respectivamente, durante los meses de septiembre-noviembre. Aunque se han registrado temperaturas de casi 40°C; con una humedad relativa promedio de 68 a 81% húmedo, bochornoso y opresivo.

Origen de la información

Todos los procedimientos se realizaron dentro de los lineamientos de las técnicas oficiales locales aprobadas de cuidado animal (NOM-051-ZOO-1995, cuidado humanitario de animales durante la movilización de animales; NOM-062-ZOO-1995, especificaciones técnicas para el cuidado y uso de laboratorio y animales de granja; NOM-024-ZOO-1995, estipulaciones y características de salud animal durante el transporte de animales; NOM-033-ZOO-1995, cuidado humanitario y protección animal durante el proceso de sacrificio). Estos reglamentos están de acuerdo con los principios y directrices específicos presentados en IACUC-

290-30 y con las directrices para el cuidado y uso de animales agrícolas en la investigación y la enseñanza agrícolas (Federación de Sociedades de Ciencia Animal [FASS]).

Se utilizaron 36 ovinos con peso aproximado de 25 ± 4.09 kg., de raza Pelibuey× Kathadin, de aproximadamente 6 meses de edad, con un estado de salud óptimo. Fueron asignados dos animales por corral, con dimensiones de 3 m por 2 m con bebederos (310 mm de diámetro) y comederos lineales de 60 cm. Previo a la fase experimental se realizó una desparasitación interna (Bendaval, 5 mL/oral/animal, Halvet, México). Los ovinos fueron alimentados con una dieta basada en maíz quebrado (41.20% PC y 2.10 Mcal ENm/kg) durante 14 días para la aclimatación y adaptación a la dieta base e instalaciones, siendo alimentados *ad libitum*.

Diseño del experimento y designación de tratamientos

La duración del experimento fue de 70 días, en los meses de septiembre-noviembre del año 2021, el cual constó de 2 periodos (figura 4) de 35 días cada uno, el tratamiento control (cuadro 3) se ofreció en toda la fase experimental; en el primer periodo se suplementó solo con aceites esenciales más 25-hidroxi-Vit-D₃ (BOD₃), en el segundo periodo se siguió suplementado BOD₃ y se agregó como tratamiento el clorhidrato de zilpaterol (ZH) este solo por 32 días más 3 días de retiro; al igual que, se realizaron 3 pesajes de los animales al día 1, 35 y 70.

Tratamiento	Pesaje 1 (D1)	Pesaje 2 (D35)	Pesaje 3 (D70)
TX 1 control			
TX 2 BOD3			
TX 3 ZH		32 días más 3 días de retiro	

Figura. 4 Esquema del diseño experimental

En el cuadro siguiente se muestra la descripción de los tratamientos:

Cuadro 3. Tratamientos para el experimento de la suplementación en la dieta con aceites esenciales más 25-hidroxi-vit-D₃ (BOD₃) y clorhidrato de zilpaterol __

Tratamiento	No. Animales	Descripción
Control	12	Dieta base sin aditivos alimentarios.
BOD ₃	12	Dieta base y suplementados con 150 mg/kg MS de aceites esenciales más 0.09 mg/kg MS de 25-hidroxi-Vit-D ₃ (HyD; DSM Nutritional Products, Basilea, Suiza).
ZH	12	Dieta base y suplementación con 5.6 mg/kg MS de clorhidrato de zilpaterol (ZH; MSD Salud Animal México, Santiago Tianguistenco, México).

La realización de la dieta base se elaboró con las proporciones e ingredientes mostradas en el cuadro 4. Todos los ingredientes se mezclaron homogéneamente, por medio de una mezcladora horizontal de metal, con capacidad de media tonelada, durante 14 minutos (1] forrajes por 8 minuto; 2] polvos por 3 minutos y 3] líquidos por 3 minutos), para su posterior almacenamiento.

Al inicio del experimento se proporcionó alimento fresco que fue la dieta base (la cantidad calculada mediante los requerimientos nutricionales requeridos manejando el 2.5 de su peso vivo como lo establece el NRC). La dieta base y los

aditivos (la dosis total diaria de aditivos se suministró en la alimentación matutina, para asegurar su consumo completo; esto se logró combinando los aditivos en una bolsa con la dieta base que le correspondía a cada corral, la mezcla se realizaba de manera homogénea manualmente, por una sola persona, un día antes por la tarde), se pesaron diario a mano utilizando una báscula digital (Torrey L-Pcr-40 de 40 kg, México) La ingesta se ofreció dos veces al día a las 0800 y 1600 h en una proporción de 40:60, aproximadamente 600 g/día/corral en la alimentación matutina, realizando manejo del comedero para obtener comederos vacíos en la alimentación vespertina; para el manejo del rechazo (residuo de alimento matutino que dejan los animales), este se pesaba en la mañana, para permitir un mínimo (<5%) de rechazos de alimento en el comedero. Así mismo cabe mencionar que todos los días de realizaban lecturas de comedero, bebedero y comportamiento de los animales.

Cuadro 4. Composición de la dieta y los tratamientos basales __

Artículo	Tratamientos		
	Control	CRINA+HyD ¹	ZH ²
Composición del ingrediente (%)			
Heno de Sudán	10.00	10.00	10.00
Maíz quebrado	68.00	68.00	68.00
Harina de soya	10.00	10.00	10.00
CRINA+HyD	0	+++	0
Zilmax	0	0	+++
Melaza	6.00	6.00	6.00
Grasa amarilla	2.50	2.50	2.50
Zeolita	1.00	1.00	1.00
Premezcla de sal proteico/mineral ⁴	2.50	2.50	2.50
Composición química (% base MS) ⁵			
Proteína cruda	14.20	14.20	14.20
Fibra detergente neutra	15.43	15.43	15.43
Calcio (Ca)	0.73	0.73	0.73
Fosforo (P)	0.33	0.33	0.33
Energía neta calculada (Mcal/kg)			
Mantenimiento	2.10	2.10	2.10
Ganancia	1.44	1.44	1.44

Los aditivos de finalización para piensos se diluyen en premezclas. Cualquier producto o material de desecho no utilizado debe eliminarse de acuerdo a los requisitos locales.

¹CRINA+HyD= 150 mg/kg DM de aceite esencial plus y 0.9 mg/kg dieta DM de suplementación de 25-hydroxy-Vit-D3 (DSM Nutritional Products, Basel, Switzerland).

²ZH= clorhidrato de zilpaterol, suplementar 5.6 mg/kg de la dieta durante 30 días con un retiro de 3 días al momento del sacrificio (MSD Salud Animal México, Santiago Tianguistenco, México)

³La premezcla mineral contiene: proteína bruta 72.8%, calcio, 20%; CoSO₄ , 0.010%; CuSO₄, 0.15%; FeSO₄, 0.528%; ZnO 0.111%; MnSO₄, 0.160%; KI, 0.007%; y NaCl 13.7%.

⁴Basado en valores tabulares de energía neta (NE) y composición de nutrientes para los ingredientes individuales del alimento (NRC, 2007).

Ingesta de agua: todos los días en turno matutino y vespertino antes de servir alimento, se realizaba la actividad de lectura de agua, este era de manera observacional por una sola persona, donde el bebedero estaba rotulado por litros, lo cual ayudaba a calcular cuánta agua consumían los animales por corral.

Consumo de alimento: diariamente antes de la servida matutina, se realizó la lectura de comedero, la cual comprendía de 3 criterios: 1) comedero lamido {sin nada de alimento}; 2) comedero barrido {trazas de alimento} y 3) comedero con alimento {con más de 50 gr de alimento}; así mismo en el horario matutino se realizaba la colección de alimento del día anterior (rechazo), este se pesaba y era registrado, para realizar el ajuste de la servida vespertina. Siendo el consumo total, el alimento de am más alimento de pm menos el rechazo.

Determinación de materia seca (MS): se evaluó el consumo de materia seca (MS), con base al alimento ofrecido diariamente después de haber llevado a cabo el pesaje, el cual se acumulaba en intervalos semanales, al igual que el alimento elaborado. Utilizando una estufa de aire forzado a 100°C por 24 h (AOC, 2000).

Peso corporal de los ovinos: los ovinos se pesaron con una báscula digital (Torrey PCP-500 de 500 kg, México), con la finalidad de obtener la ganancia diaria de peso, los cuales fueron pesados al día 1 siendo el peso inicial (para obtener el factor de bloqueo), el día 35 y el día 70 (peso final), siendo este el último día del experimento.

Sacrificio del animal: se realizó un sacrificio humanitario tal y como lo marca la NOM-033-ZOO-1995, el alimento se retiró 18 h antes del sacrificio. El proceso se llevó a cabo en el rastro municipal de Costa Rica, Culiacán de Rosales, Sinaloa.

Peso de la canal caliente (PCC): se obtuvo de todos los ovinos al momento del sacrificio, antes de que la canal entrará a la cámara de refrigeración, mediante el pesaje con una báscula eléctrica digital (Torrey PCP-500 de 500 kg, México). Es importante que se realice correctamente el proceso ya que puede haber merma conforme pasa el tiempo, esto por la evaporación.

Peso de la canal fría (PCF): ya obtenido y registrado cada peso de lo anterior, se enfriaron las canales en un enfriador de -2 a 1°C durante 48 h, en el mismo sitio del rastro, con el fin de seguir con el proceso bioquímico y químico de la conversión de músculo a carne y almacenamiento de las canales. Después de transcurrido ese tiempo y que se haya realizado correctamente la conversión de músculo a carne, se pesó la canal fría en una báscula (Torrey PCP-500 de 500 kg, México).

Mediciones de las características de la canal: 1) área de superficie músculo *longissimus dorsi* (LM), se midió usando una lectura directa de cuadrícula del área de la sección transversal del chuletón entre las costillas 12 y 13 del riñón 2) espesor de grasa perpendicular del músculo *longissimus dorsi thoracis*, medida directa sobre el centro del chuletón entre la 12ª y la 13ª costilla; 3) la grasa pélvica-renal-cardíaca (KPH) se extrajo de manualmente de la canal y se pesó con una balanza de precisión (Torrey L-Pcr-40 de 40 kg, México), y se expresó como un porcentaje del peso de la canal fría (USDA, 1982); 4) para la composición tisular se

realizó el deshuese de la paleta. El procedimiento consiste en separar músculo, grasa y hueso, los cuales se pesan en una balanza de precisión.

Variables evaluadas

Los animales fueron bloqueados por peso y asignados a cada tratamiento, donde las variables evaluadas fueron: ingesta promedio de agua, peso promedio inicial-final, consumo promedio de materia seca en kg, consumo de materia seca observado-esperado, ganancia diaria promedio representado en kg, eficiencia de la ganancia de peso en kg, la energía dietética de mantenimiento y ganancia, energía observada-esperado de mantenimiento y ganancia; PCC, PCF, porcentaje del rendimiento de la canal, porcentaje de KPH, área de superficie de músculo *longissimus dorsi*, grosor de la grasa dorsal, rendimiento estimado de músculo en la canal, composición tisular.

Cálculos

Porcentaje del rendimiento de la canal: se calcula:

$$\text{HWC} / \text{PV} \times 100 = \% \text{ rendimiento en canal}$$

Área del ojo de la costilla: se calcula de la siguiente manera

$$\text{Ojo1} + \text{ojo2} / 2 \times 4 = \text{LM área cm}^2$$

Porcentaje de KPH:

$$\text{Grasa en pelvis, riñón y corazón} / \text{canal fría} \times 100$$

Rendimiento estimado de músculo en la canal: fórmula de estimación:

YG = (Fat thickness, in $\times$ 10) + 0.4, dónde 1 = magro y 5 = muy graso

Relación de músculo y grasa: se calcula de la siguiente forma

Músculo de la paleta / grasa de la paleta = relación músculo grasa

Ingesta de agua promedio: se sumaron las lecturas de cada corral por tratamiento y se dividió por el número de corrales.

Peso promedio inicial (PI): para realizar el cálculo del peso inicial, se realiza por tratamiento, solo se sumaron los pesos de cada animal/corral y se dividió entre los animales asignados al tratamiento.

Peso promedio final (PF): sumaron los pesos de cada animal y se dividió entre los animales asignados al tratamiento.

Ganancia diaria promedio de peso (GDP): la ganancia diaria promedio de peso, es un valor que indica la ganancia de peso de un animal al día y este se calculó restando el peso inicial del peso final y dividiendo el resultado por el número de días de alimentación (DOF).

Eficiencia de la ganancia de peso: la eficiencia de la ganancia de peso corporal se calcula con el propósito de saber que tan eficiente fue la alimentación con los aditivos y este se calculó dividiendo la GDP por el consumo de materia seca (CMS) diaria.

Estimación de energía dietética: la estimación de energía dietética y el CMS, se realiza con el propósito de llegar a saber el gasto energético del animal durante su alimentación, es importante ya que un gasto en exceso de energía traerá

resultados negativos. Para estimarla se realiza en función con el peso inicial corporal (es el peso del animal al día cero del experimento, y el final estimado (SBW), para convertirlo a una base de SBW, se supone que el SBW es el 96% del peso total (Cannas et al., 2004).

La ganancia energética (EG, Mcal/d): se calculó mediante la ecuación

$$EG = GDP^{1.097} * 0.0608 PC^{0.75} \text{ (NRC 1984)}$$

La energía metabolizable (EM, Mcal/d): se calcula

$$EM = 0.077 PC^{0.75}$$

Estimación de energía requerida para mantenimiento y ganancia (ENm y ENg) de la dieta: se estimó mediante la fórmula cuadrática:

$$x = (-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}) / 2c$$

Dónde: $x = ENm$ (Mcal/kg), $a = -0.41EM$, $b = 0.877 EM + 0.41 DMI + EG$, y $c = -0.877 DMI$ (Zinn et al., 2008).

Estimación del CMS esperado: se realizó con base a GDP y SBW observados según la siguiente ecuación:

$$CMS \text{ esperado, kg/día} = (EM/ENm) + (EG/ENg).$$

Donde: EM (energía necesaria para el mantenimiento, Mcal / día) = $0.056 \times SBW^{0.75}$ (NRC, 1985), EG (energía de ganancia, Mcal/d) = $0.276 \times GDP \times SBW^{0.75}$ (NRC, 1985), ENm y ENg son 2.09 y 1.43 Mcal / kg, respectivamente (derivados de valores tabulares basados en la composición de ingredientes de la dieta

experimental; NRC, 1985 y SBW representan BW completo $\times 0.96$ (Cannas et al., 2004).

El coeficiente (0.276), se estimó asumiendo un peso maduro de 113 kg para corderos machos Dorper $\times$ Pelibuey (Canton y Quintal, 2007).

Análisis estadístico

Los datos se analizaron mediante el procedimiento MIXTO de SAS (2004) para obtener un diseño de bloques completamente al azar. Donde cada corral fue la unidad experimental. El tratamiento se consideró como efecto fijo y el cordero como efecto aleatorio. Los efectos de los tratamientos se calcularon con contrastes ortogonales los cuales fueron:

1) control vs BOD₃, 2) control vs ZH, 3) BOD₃ vs ZH,

Los contrastes se consideraron significativos cuando el valor P fue ≤ 0.05 , y las tendencias se identificaron cuando el valor P sea > 0.05 y ≤ 0.10 .

Modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + e_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable de respuesta

μ = Parámetro, efecto medio

T_i = Parámetro, efecto del i-ésimo tratamiento

β_j = Parámetro, efecto del j-ésimo bloque

ε_{ij} = Error experimental

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento del crecimiento

Los efectos de los tratamientos sobre el consumo de agua, el rendimiento productivo y la energética de la dieta se muestran en el Cuadro 5. La ingesta de agua fue similar ($P \geq 0.20$) entre tratamientos promediando 4.95 L/d. Se ha informado la ausencia de efectos sobre ingesta de agua en ovinos suplementados con la misma mezcla de aceites esenciales (Arteaga-Wences et al., 2021). De igual manera, bovinos de engorde en finalización que recibieron diariamente hasta 20 mg eugenol o cinamaldehído/kg peso vivo, no mostraron ser afectado en el consumo de agua cuando los compararon con el grupo sin suplementar (Ornaghi et al., 2017). Por otro lado, la suplementación con ZH parece no afectar el patrón de consumo de agua en ovinos. En ese sentido, el suplementar ovinos diariamente con 10 mg ZH durante 30 días no afectó el consumo de agua (Rojo-Rubio et al., 2018). Comparado con el grupo control, la ganancia diaria de peso (GDP) fue significativamente mayor para los ovinos que recibieron aditivos ($P=0.03$), sin diferencia en la GDP entre los corderos que recibieron BOD₃ o ZH. Debido a que el consumo diario de materia seca (CMS) no se vio afectado ($P \geq 0.76$) por los tratamientos (promedio = 1.221 kg/d), entonces, la eficiencia alimenticia de los corderos que recibieron los aditivos fue mejor ($P < 0.01$) que el control, sin diferencia entre los aditivos ($P=0.64$); en este sentido se obtuvieron los mismos resultados estadísticos para energía dietética (mantenimiento y ganancia) y la observado-de-esperado (mantenimiento y ganancia).

Estos resultados concuerdan con lo reportado por Arteaga-Wences et al. (2021), en el cual indican que la suplementación de una mezcla de aceites esenciales (150 mg/cordero) a corderos (mismo genotipo de animales en una dieta a base de maíz) mejoró la eficiencia alimenticia, la energía neta dietética estimada, consumo de materia seca y la ganancia diaria. De forma similar, Chaves et al. (2008), informan que la suplementación con aceite esencial del cinamaldehído (CDH), ajo (GAR) y baya de enebro (JUN) (200 mg/kg de materia seca) a una dieta concentrada en base de cebada *ad libitum* en corderas, el consumo de materia seca no se vio afectado, pero la ganancia diaria de peso fue incrementada ($P=0.002$) para CDH y JUN, incrementando numéricamente (5.2%) la eficiencia alimenticia en comparación con la dieta testigo; mientras que en un estudio por Vahabzadeh et al. (2020), observaron que las variables de peso final, la ganancia diaria de peso y la conversión alimenticia si fueron afectadas por la suplementación de EO ($P<0.05$).

En un meta-análisis de la suplementación con EO realizado por Ozuna (2022) en el que incluyó 34 estudios, determinó que el consumo de materia seca, peso final, ganancia diaria de peso, eficiencia alimenticia aumentó ($P<0.01$) cuando los animales fueron suplementados. Por otra parte, varios reportes (Wang et al., 2009; Sowa et al. 2019) indican que el consumo de materia seca no se vio afectado ($P>0.05$) al suplementar EO, pero Eslama Ahmed et al. (2021) si demostraron diferencia significativa ($P<0.05$) para dicha variable.

La inconsistencia de los resultados de los diversos estudios, se puede deber al tipo de aceite esencial utilizado, factores intrínsecos y extrínsecos, así como a la dosis administrada de los suplementos de aceite.

Existe información limitada acerca del efecto de la suplementación extra de vitamina D₃ en el rendimiento productivo y la energética de la dieta. Aun así, en concordancia con nuestros resultados, se ha informado que el consumo de materia seca no fue afectado significativamente en bovinos suplementados diariamente con 1 mg de vitamina D₃ (Pickwort et al., 2012; Acedo et al., 2018). Por otra parte, la combinación de aceites esenciales más vitamina D₃ suplementados en dietas de finalización ha resultado en incrementos de la eficiencia energética de ganado de engorda. En ese sentido, ganado alimentado con una dieta conteniendo 1.95 Mcal de ENm/kg y suplementado con BOD₃ durante 84 días mostró un aumento del 2.5% en la eficiencia de la utilización de la energía de la dieta (Mendoza et al., 2022). Mientras que una mejora del 5% en la eficiencia de la utilización energética fue informado por Estrada et al. (2022) al finalizar ganado bovino con la mezcla BOD₃ con una dieta alta energía (2.14 Mcal NEm/kg) durante 87 días.

En relación a los hallazgos publicados con la suplementación d ZH en ovinos, Vicente et al. (2020) evaluaron el ZH genérico (ZH 0 vs 10 mg/d/animal) en una dieta de finalización sin fibra de forraje (57 % de maíz molido, 20% de aserrín de pino, y 8% de salvado), y observaron que la ganancia diaria de peso se vio afectada ($P<0.01$) siendo un 9.4% mayor, el consumo de materia seca tendió a disminuir ($P=0.08$), y la ganancia diaria de peso no se vio afectada ($P=0.29$). López et al. (2010) en un estudio con 112 ovinos de raza de pelo evaluaron el efecto de la

suplementación de beta-agonistas y la dosis que utilizaron para el ZH fue 6.0 mg/kg de la dieta en base seca, donde obtuvieron resultados altamente significativos ($P<0.001$) para el peso final, ganancia diaria de peso, ganancia total y eficiencia alimenticia, el consumo de materia seca tuvo un incremento lineal ($P\leq 0.051$). Aguilera-Soto et al. (2008) y Vasconcelos et al. (2008) obtuvieron ($P<0.05$) y ($P<0.01$) respectivamente para la ganancia diaria de peso. Elam et al. (2009) reportaron un incremento lineal de ganancia diaria de peso y eficiencia alimenticia ($P=0.01$) con un periodo de hasta 40 días de suplementación de ZH en ovinos.

Por otra parte, algunos estudios han informado la ausencia del efecto de la suplementación de ZH en ovinos en las variables de eficiencia alimenticia y ganancia diaria de peso (Macías et al., 2013; Dávila et al., 2018). Aun así, la gran mayoría de los estudios que suplementan a corderos durante 30 días a dosis de 5 a 6 mg/kg de dieta muestran efectos positivos sobre la ganancia diaria, eficiencia alimenticia y la productividad de la canal.

Cuadro 5. Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento del crecimiento y energía dietética durante el período de finalización (1-70 d) __

Variables	Tratamientos			P-value			SEM
	Control	BOD ₃	ZH	C vs BOD ₃	C vs ZH	BOD ₃ vs ZH	
Réplicas	6	6	6				
Ingesta de agua, L/d	5.03	4.95	4.88	0.28	0.20	0.96	0.101
Peso vivo, kg							
Inicial	25.15	25.08	25.05	0.55	0.23	0.61	0.124
Final	45.07	46.40	46.34	0.05	0.05	0.97	0.694
Ganancia de peso, kg/d	0.285	0.305	0.305	0.03	0.03	0.99	0.009
MS consumo, kg	1.215	1.225	1.223	0.76	0.85	0.95	0.038
Relación ganancia-alimentación	0.236	0.250	0.251	<0.01	<0.01	0.98	0.003
Energía dieta, Mcal/kg							
Mantenimiento	2.045	2.133	2.136	<0.01	<0.01	0.64	0.012
Ganancia	1.383	1.461	1.463	<0.01	<0.01	0.64	0.011
Observado-de-esperado dieta NE							
Mantenimiento	0.978	1.021	1.022	<0.01	<0.01	0.64	0.007
Ganancia	0.974	1.029	1.031	<0.01	<0.01	0.64	0.009
Observado-de-esperado MS consumo	1.025	0.976	0.9742	<0.01	<0.01	0.64	0.008

Características de la canal

En relación al peso de la canal fría (PCF), (cuadro 6) fue altamente significativo ($P<0.01$) para el aditivo ZH, pero para BOD₃ solo significativo ($P=0.02$), siendo así mejor el ZH. En el caso de rendimiento de la canal, solo tendió ($P=0.09$) el ZH. En el peso de la canal caliente (PCC) los aditivos fueron significativos ($P<0.01$). En rendimiento estimado de músculo en la canal no hubo diferencias significativas de los grupos que recibieron aditivos vs el grupo control, pero al comparar BOD₃ vs ZH fue mejor ($P=0.07$) BOD₃. Obstante a esto hubo una mejora

para área LM ($P<0.01$) y una menor grasa pélvica-renal-cardiaca ($P=0.02$) para los corderos que recibieron ZH. De igual manera, ZH tendió a mostrar una menor grasa de cobertura ($P=0.06$) y una mayor ($P=0.07$) grado de rendimiento que BOD₃. Comparado con los grupos testigo y BOD₃, el grupo ZH obtuvo una mayor ($P<0.05$) proporción tisular de tejido magro, con menor proporción de tejido graso.

Chaves et al. (2008), no observó diferencias entre tratamientos ($P=0.18$) en el peso de la canal caliente, probando 3 aceites esenciales. Al igual que Arteaga et al. (2021) no demostraron efectos en las características de la canal, con la suplementación de una mezcla estandarizada de aceites esenciales en ovinos, lo cual difiere con este estudio. Pero en el metaanálisis de Ozuna (2022), analizó que el peso de la canal caliente y el área del ojo de la costilla aumentó ($P<0.01$) con la suplementación de aceites esenciales. Vahabzadeh et al. (2020), obtuvieron una mejor ($P<0.05$) peso de la canal caliente y peso de la canal fría, lo cual concuerda con este trabajo.

En estudios realizados en toros con la suplementación de aceites esenciales con vitamina D₃, se observó que el área del ojo de la costilla aumento un 7% ($P\leq 0.01$), el rendimiento de la canal un 1.6 % ($P=0.03$), peso de la canal caliente ($P=0.10$) y para la grasa renal-pélvica-cardiaca no fue óptimo ($P>0.10$) (Estrada et al., 2022); pero en otros estudios (Toseti et al., 2008; Acedo et al., 2018; Gouvêa et al., 2019 y Pukrop et al., 2019) igual con toros el área del ojo costilla no incrementó, para el caso de la suplementación de vitamina D₃ sola no se obtuvieron beneficios en las características de la canal (Korn et al., 2013; McCarthy 2020).

En estudios en ovinos con clorhidrato de zilpaterol por Vicente et al. (2020), observo que el porcentaje de grasa KPH disminuyó ($P=0.05$), el espesor de la grasa dorsal no se vio afectado ($P=0.033$), el peso de la canal caliente, canal fría, el área del ojo de la costilla en cm^2 y el rendimiento de la canal aumentó ($P<0.02$), resultados que coinciden con los de Rivera et al. 2018. Por su parte (Félix et al., 2005; Avendaño-Reyes et al., 2018; Vasconcelos et al., 2008 y Baxa et al., 2010), no encontraron diferencias significativas en los efectos de la canal, con la suplementación del ZH. Vasconcelos et al. (2008), y Elam et al. (2009), observaron una reducción lineal en el grosor de la grasa. En un estudio por López et al. (2010), tuvo un incremento en el peso de la canal caliente y peso de la canal fría ($P=0.002$), el porcentaje de grasa ($P<0.001$), el área del ojo de la costilla ($P\leq 0.009$), así como una disminución de grasa dorsal ($P\leq 0.086$), pero porcentaje de la canal no fue así ($P=0.035$).

Cuadro 6. Efecto de los tratamientos en las características de la canal y composición tisular ____

Variable	Tx			P value			SEM
	Control	BOD ₃	ZH	C vs BOD ₃	C vs ZH	BOD ₃ vs ZH	
Réplicas	6	6	6				
PCC, kg	26.08	27.12	27.18	0.02	<0.01	0.82	0.383
Rendimiento de la canal	57.74	58.41	58.62	0.36	0.09	0.88	0.508
PCF, kg	25.76	26.80	26.81	0.01	<0.01	0.98	0.489
LM área, cm ²	15.33	16.11	17.22	0.09	<0.01	<0.01	0.388
Grosor de la grasa, cm ²	0.313	0.300	0.282	0.27	0.03	0.06	0.027
KPH, %	3.08	3.19	2.59	0.83	0.04	0.02	0.150
Rendimiento estimado de músculo en la canal	1.63	1.66	1.39	0.67	0.13	0.07	0.078
Composición de la paleta, %							
Músculo	60.52	60.45	64.22	0.92	0.03	0.03	0.957
Grasa	18.68	18.53	15.90	0.78	0.02	0.04	0.010
Hueso	20.80	21.02	19.26	0.89	0.39	0.24	0.007
Proporción grasa Magra	3.23	3.26	4.03	0.91	0.05	0.07	0.202

CONCLUSIONES

Se concluye que, la suplementación de aceites esenciales más vitamina D₃ (BOD₃) en ovinos de pelo finalizados con dietas altas en energía tiene un efecto positivo sobre las variables de rendimiento del crecimiento en relación al grupo control, mientras que su efecto es análogo a la suplementación con clorhidrato de zilpaterol (ZH).

Sin embargo, en las características de la canal, el tratamiento BOD₃ solo mostró mejoras en el peso de la canal caliente y fría, al compararlo con el control, mientras que el zilpaterol maximizó su efecto positivo, en comparación con el control y BOD₃.

Lo anterior sugiere que las sustancias naturales suponen una alternativa potencial para ser utilizadas como aditivos promotores de crecimiento en la fase de crecimiento-finalización, o bien, mezclarlos con los aditivos sintéticos para potencializar su efecto en las características de la canal.

LITERATURA CITADA

- Acedo, T. S., V. N. Gouvêa, G. M. Vasconcellos, M. Arrigoni, C. L. Martins, D. D. Millen, L. R. Mulle, G. F. Melo, R. A. Rizzieri, and C. F. Costa. 2018. Effect of 25-hydroxy-vitamin-D3 on feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 96(3):447-448.
- Aguilera-Soto, J. I., R. G. Ramírez, C. F. Arechiga, F. Mendez-Llorente, M. A. López-Carlos, J. M. Silva-Ramos, R. M. Rincón-Delgado, and F. M. Duran-Roldan. 2008. Zilpaterol hydrochloride on performance and sperm quality of lambs fed wet brewer's grains. *J. Appl. Anim. Res.* 34:17-21.
- 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. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal.* 3(1).
- AOAC. 2000. Métodos oficiales de análisis. Asociación de Químicos Analíticos Oficiales.
- Arango, D. A., y F. Moreno. 2011. Desarrollo inicial de la vainilla (*Vanilla planifolia* Andrews, Orchidaceae) bajo diferentes usos de la tierra y condiciones climáticas en Colombia. Congreso Forestal Latinoamericano. Cámara Nacional Forestal. Lima, Perú. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/348848794_VAINILLINA . Acceso 21 de Julio del 2022.
- Arteaga-Wences, Y., A. Estrada-Angulo, F. G. Gerardo Ríos-Rincon, B. I. Castro-Pérez, D. A. Mendoza-Cortez, O. M. Manriquez-Núñez, A. Barreras, L. Corona-Gochi, R. A. Zinn, X. P. Perea-Domínguez, and A. Plascencia. 2021. The effects of feeding a standardized mixture of essential oils vs monensin on growth performance, dietary energy and carcass characteristics of lambs fed a high-energy finishing diet. *Small Ruminant Research*:1-7.
- Avedaño-Reyes, L. V. Torres-Rodríguez, F. J. Meraz-Murillo, C. Pérez-Linares, F. Figueroa-Saavedra, and P. H. Robinson. 2006. Effects of two Beta-adrenergic agonist on finish performance carcass characteristics, and meat quality of feedlot steers. *J. Anim. Sci.* 84:3259-3265.
- Avendaño-Reyes, L., N. G. Torrentera-Olivera, A. Correa-Calderón, G. López-Rincón, S. A. Soto-Navarro, and R. Rojo-Rubio. 2018. Daily optimal level of a generic beta-agonist based on zilpaterol hydrochloride for feedlot hair lambs. *Small Ruminant Res.* 165:48-53.
- Barnes, T. L., C. N. Cadaret, K. A. Beede, T. B. Schmidt, J. L. Petersen, I. R. Bauer Dennis, y R. Rasby. 2009. Minerales y vitaminas en bovinos de carne. Capítulo 4. Sitio Argentino de Producción animal. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion_mineral/118-minerales_vitaminas-Nebraska.pdf. Acceso Oct. 23, 2020.

- Bauer, D., I. Rush, y R. Rasby. 2009. Minerales y vitaminas en bovinos carne. Capítulo 4. Universidad de Nebraska, EE.UU. Disponible en: www.produccion-animal.com.ar . Acceso Feb. 30, 2021
- Baxa, T. J., J. P. Hutcheson, M. F. Miller, J. C. Brools, W. T. Nichols, M. N. Streeter, D. A. Yates and B. J. Johnson. 2010. Additive effects of a steroidal implant and zilpaterol hydrochloride on feedlot performance, carcass characteristics, and skeletal muscle messenger ribonucleic acid abundance in finishing steers. *J. Anim. Sci.* 88:330-337.
- Benchaar, C., J. Duysisveld J. y E. Cahrmlay. 2006. Efecto de la monensina y el aumento de los niveles de dosis de una mezcla de compuestos de aceites esenciales en la ingesta, la digestión y el rendimiento del crecimiento del ganado de carne. *Revista Canadiense de Ciencia Animal.* 86(1):91-96.
- Berry, B. A., D. R., Gill. and R. Ball. 2000. Effects of feeding vitamin D on feedlot performance, carcass traits and meat tenderness of finishing steers. *Animal Science Research Report.* 980(8):98-103.
- Bianchi, G., O. Bentancur y C. Sañudo. 2004. Efecto del tipo genético y del tiempo de maduración sobre la ternera de la carne de corderos pesados. *Agrociencia.* 8(1):41-50.
- Bickerstaffe, R. 1996. Proteases and Meat Quality. *The Proceeding of the New Zealand Society of Animal Production.* 56:153-156.
- Bikle, D. D. 2014. Vitamin D metabolism, mechanism of action and clinical applications. *Chem. Biol.* 21(3):219-329.
- Boroat, A., y M. Rodríguez-Concepción. 2015. Terpenoide Biosíntesis en Procariotas. En *Bioteología de isoprenoides*; Eds.; Springer: Sitzerland:4-15.
- Bravo, E. G., G. V. Góme, y L. J. Bonilla. 2020. Vainillina. Artículo de revisión. *Revista ReCiTelA.*18(2):20-36.
- Caicedo-Rivas, R. E., A. Torres-Beltrán, J. Santos Hernández Zepeda, M. Bustamante-Tapia, M. Paz-Calderón Nieto-Ramírez, M. P. Peñaloza y R. Resendiz-Martínez. 2011. Efectos de los beta-agonistas (clenbuterol), en las actividades fisiohepáticas y reproductivas en rumiantes. *Sitio Argentino de Producción Animal.* Disponible en: http://www.produccionanimal.ar/informacion_tecnica/invernada_promotores_crecimiento/39-Efectos_de_betaagonistas.pdf. Acceso Oct. 8, 2020.
- Caja, G., E. G. González, C. Flores, M. D. Castro y E. 2003. Alternativas a los antibióticos de uso alimentario en rumiantes: probióticos, enzimas y ácidos orgánicos. XIX curso de especialización FEDNA. HAL open science. p. 183-212

- Calsamiglia, S., M. Busquet, P. W. Cardozo, L. Castillejos, and A. Ferret. 2007. Invited Review: Essential Oils as Modifiers of Rumen Microbial Fermentation. *Journal of Dairy Science*. 90(6):2580-2595.
- Cannas, A., L. O. Tedeschi, D. G. Fox, A. N. Pell y P. J. Van Soest. 2004. Un modelo mecanicista para predecir las necesidades de nutrientes y valores biológicos de los piensos para las ovejas. *J. Anim. Sci*. 82: 149-169.
- Canton, G. J. and 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*. p. 85-571.
- Carro, M. D., M. J. Ranilla y M. L. Tejido. 2006. Utilización de aditivos en la alimentación del ganado ovino y caprino. XXXI Jornadas Científicas de la SEOC. Zamora. p. 26-37.
- Castellanos-Ruelas, A. F., J. G. Rosado-Rubio, L. A. Chel-Guerrero y D. A. Betancur-Ancona. 2006. Empleo del zilpaterol en novillos con alimentación intensiva en Yucatán, México. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.*14(2):56-59.
- Cayetano de Jesús, J. A. 2019. Efecto del clorhidrato de zilpaterol sobre parámetros productivos, características de canal y calidad de la carne en ovinos. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. p. 1-62.
- Chao, S. C., and Young D. G. 2000. Screening for inhibitory activity of essential oils on selected bacteria, fungi and viruses. *J. Essent Oil Res* 12:630 - 649.
- Chappel, J. 1995. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Antimicrobial Agents and Chemotherapy. 49(6):2474-2478
- Chaves, A. V., K. Stanford, L. Gibson, T. A. McAllister, and C. Benchaar. 2008. Effects of cinnamaldehyde, garlic and juniper berry essential oils on rumen fermentation, blood metabolites, growth performance, and carcass characteristics of growing lambs. *J. Drug Deliv. Sci. Technol*. 117:215–224.
- Comecarne. 2021. Consejo Mexicano de la Carne, compendio estadístico. Disponible en: Presentación de PowerPoint (comecarne.org). Acceso May. 9, 2021.
- Cox, S. D., C. M. Mann, and J. L. Markam. 2001. Interactions between components of the essential oil of *Melaleuca alternifolia*. *Journal of Applied Microbiology*. 91:492-497.
- Davidson, P. M., and A. S. Naidu. 2000. Phyto-phenols. *Natural Food Antimicrobial Systems*. 226: 284-287.
- Dávila-Ramírez, J. L., U. Macías-Cruz, N. G. Torrentera-Olivera, H. González-Ríos, E. A. Peña-Ramos, S. A. Soto-Navarro, and L. Avendaño-Reyes. 2015. Feedlot performance and carcass traits of hairbreed ewe lambs in response to zilpaterol

- hydrochloride and soybean oil supplementation. *Journal of Animal Science*. 93:3189-3196.
- Delmore, R. J., J. M. Hodgen y B. J. Johnson. 2010. Perspectivas sobre la aplicación del clorhidrato de zilpaterol en la industria de la carne de vacuno de los Estados Unidos. *J. of Anim. Sci.* 88(8):2825-2828
- Dikeman, M. E. 2007. Effects of metabolic modifiers on carcass traits and meat quality. *Meat Sci.* 77:121-135.
- Dittmer, K. E. and K. G. Thompson. 2011. Vitamin D metabolism and rickets in domestic animals. A review. *Vet. Pathol.* 48:389-407.
- Domínguez, V. I. A., A. J. Mondragón, R. M. González, G. L. Bórquez y M. A. Aragón. 2009. Los B-agonistas adrenérgicos como modificadores metabólicos y sus efectos en la producción, calidad e inocuidad de la carne de bovino y ovino: una revisión. *Rev. Ciencia Ergo Sum.* 16(3):278-284.
- Dorman, H. J. D., and S. G. Deans. 2000. Antimicrobial agents from plants: Antibacterial activity of plant volatile oils. 88: 308-316.
- Ekpe, E. D., Moibi, J. A. and R. J. Christopherson. 2000. Beta-Adrenergic Receptors in Skeletal Muscles of Ruminants: Effects of Temperature and Feed Intake, *Canadian. J. Anim. Sci.* 80(20):456-676.
- 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, and M. L. Galyean. 2009. Effect of zilpaterol hydrochloride duration of feeding on performance and carcass characteristics of feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 87:2133-2141.
- Eslam, Ahmed U. N. B., U. N. Belgutei Batbekh, C. D. Naoki Fukuma, E. Deepashree Kand, C. Masaaki Hanada, and C. Takehiro Nishida. 2021. A garlic and citrus extract: Impacts on behavior, feed intake, rumen fermentation, and digestibility in sheep. *Animal Feed Science and Technology*. 278:0377-8401.
- Estrada, A. A., A. Barreras, G. Contreras, J. F. Obregón, J. C. Robles, A. Plascencia, and R. A. Zinn. 2008. Influence of level of zilpaterol chlorhydrate supplementation on growth performance and carcass characteristics of feedlot lambs. *Small Rumin. Res.* 80:107-110.
- Estrada-Angulo, A., D. A. Mendoza-Cortez, J. L. Ramos-Méndez, Y. J. Arteaga-Wences, J. D. Urías-Estrada, B. I. Castro-Pérez, F. G. Ríos-Rincón, M. A. Rodríguez-Gaxiola, A. Barreras, R. A. Zinn, and A. Plascencia. 2022. Comparing blend of essential oils plus 25-Hydroxy-Vit-D3 versus monensin plus virginiamycin combination in finishing feedlot cattle: growth performance, dietary energetics, and carcass traits. *Animals.* 12(13):1715.

- F.A.O. Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura .2016. Consumo de carne. Disponible en <http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/background.html>. Fecha de acceso: 25 de abril 2021.
- FASS. 2010. Federación de Sociedades de Ciencia Animal (FASS). Guía para el cuidado y uso de Animales.
- Feed, O., F. Franco, P. García, E. Krall. S/F. Efecto de la administración parental de vitamina D3 sobre los niveles de calcio sérico en vacas Hertford en pastoreo. X congreso latinoamericano de buiatría XXX Jornadas Uruguayas de Buiatría. p. 207-208.
- Félix, A., A. A. Estrada, F. G. Ríos, C. H. Ramos and A. B. Pérez. 2005. Effect of zilpaterol clorhidrate on growth performance and carcass traits in sheep. J. Anim. Sci. 83(1):63-71.
- Foot, M. R., R. L. Horts, E. J. Huff-Lonergan, A. H. Trenkle, F. C. Parrish and D. C. Beitz. 2004. The use of vitamin D3 and its metabolites to improve beef tenderness. J. Anim. Sci. 82:242-249.
- Franz, E., A. V. Diepeningen, O. J. De Vos, and H. C. Bruggen. 2005. Effects of Cattle Feeding Regimen and Soil Management Type on the Fate Escherichia coli O157:H7 and Salmonella enterica Serovar Typhimurium in Manure, Manure-Amended Soil, and Lettuce. American Society for Microbiology. 71 (10):6165-6174.
- Gill, A. O., and R. A. 2006. Holley. Inhibición de ATPasas unidas a membrana de Escherichia coli y Listeria monocytogenes por aromáticos de aceite vegetal. Int. J. Alimentos Microbiol. 111:170–174.
- Gonzaga, V. L. A. 2016. Respuesta productiva y características de canal de ovinos en engorda intensiva suplementados con cromo orgánico y clorhidrato de zilpaterol. Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca México. p. 10-15.
- Gouvêa, V. N., M. A. Meschiatti, J. M. Moraes, C. D. A. Batalha, J. R. R. Dórea, T. S. Acedo, L. F. M. Tamassia, F. N. Owens, and F. A. P. Santos. 2019. Effects of alternative feed additives and flint maize grain particle size on growth performance, carcass traits and nutrient digestibility of finishing beef cattle. J. Agric. Sci. 157:456-468.
- Guignard, J. L., L. Cosson, and M. Henry. 1985. Abrege de phytochimie. Masson, Paris-New York-Barcelone, capítulo 8.
- Gutiérrez, M. E., A. F. García, M. A. de Madariaga, M. L. Sagrista, F. J. Casadó, and M. Mora. 2003. Interaction of tocopherols and phenolic compounds with membrane

- lipid components: Evaluation of their antioxidant activity in a liposomal model system. *Life Sciences*. 77(Issue 21): 2337-2360.
- Hilton, G. G., J. L. Montgomery, C. R. Krehbiel, D. A. Yates, J. P. Hutcheson, W. T. Nichols, M. N. Streeter, J. R. Blanton, and M. F. Miller. 2009. Effect 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.
- Hoffman, C., and C. A. Evans. 1911. The use of spices as preservatives. *J. Ind. Eng. Chem.* 3: 835-838.
- Holland, B. P., J. N. Shook, L. O. Burciaga-Robles, C. R. Krehbiel, M. N. Streeter, G. G. Hilton, D. L. Van Overbeke, D. L. Step, D. A. Yates, J. P. Hutcheson, W. T. Nichols, and J. L. Montgomery. 2008. Extended withdrawal of zilpaterol hydrochloride: Effects on performance, carcass traits, meat tenderness, and retail cutout of finishing beef steers. *Plains nutrition council spring conference*. San Antonio Texas. p. 119.
- Hrader, J. and J. Bohlmann. 2015. *Biotecnología de Isoprenoides*; Springer: Suiza:470.
- Hui, H., M. R. Rosmini. 2012. *Ciencia y Tecnología de Carnes*. Editorial Limusa, S. A. de C. V. Grupo Noriega, México, D.F.
- Hui, Q., E. Ammeter, S. Liu, R. Yang, P. Lu, L. Lahaye y C. Yang. 2020. El eugenol atenúa la respuesta inflamatoria y mejora la función de barrera durante la inflamación inducida por lipopolisacáridos en las células epiteliales intestinales porcinas. *Journal of Animal Science*. 98(8):245.
- Hyldgaard, M., T. Mygind y R. L. Meyer. 2012. Aceites esenciales en la conservación de alimentos: Modo de acción, sinergias e interacciones con los componentes de la matriz alimentaria. *Frente. Microbiol.* 3:1–24.
- IACUC. 2009. National Institutes of health. Disponible en: The IACUC | OLAW (nih.gov) Acceso Abr. 28, 2021.
- Johnson, B. J. and K. Y. Chung. 2007. Alterations in the physiology of growth of cattle with growth-enhancing compounds. *Vet. Clin. Food. Anim.* 23:321–332.
- Johnson, B. J., S. B. Smith and K. Y. Chung. 2014. Historical overview of the effect of B-adrenergic agonists on beef cattle production. *Asian-Aust J. Anim. Sci.* 27(5):757-766.
- Johnson, J. B. 2004. B-Adrenergic Agonist: Efficacy and potential mode of action in cattle. *Plains Nutrition Council Spring Conference*. April 12-16. San Antonio Texas. Texas & Research and Extension Center Amarillo. USA.
- Jouany, J. P., and D. P. Morgavi. 2007. Use of 'natural' products as alternatives to antibiotic feed additives in ruminant production. *Animal*. 1(10):1443-1466.

- Kang, S., C. Park and K. Seo. 2017. Ocular abnormalities associated with hypovitaminosis A in Hanwoo calves: a report of two cases. *J. Vet. Med. Sci.* 79(10):1753-1756.
- Karges, K., J. C. Brooks, D. R. Gill, J. E. Breazile, F. N. Owens, and J. B. Morgan. 2001. Effects of supplemental vitamin D3 on feed intake, carcass characteristics, tenderness, and muscle properties of beef steers. *J. Anim. Sci.* 79:2844-2850.
- Koomaraie, M., A. S. Babiker, A. L. Sehroeder, R. A. Merkel and T. R. Dutson. 1988. Acceleration of postmortem tenderization in ovine carcass through activation of Ca⁺⁺- dependent proteases, *J. of Food Sci.* 53:1638-1641.
- Korn, K. L., R. P. Lemenager, M. C. Claeys, M. Engstrom, and J. P. Schoonmaker. 2013. Supplemental vitamin D3 and zilpaterol hydrochloride. I. Effect on performance carcass traits, tenderness, and vitamin D metabolites of feedlot steers. 2013. *J. Anim. Sci.* 91:3322-3331.
- Kumar, P. A., and Z. Yu. 2013. Effects of vanillin, quillaja saponin, and essential oils on in vitro fermentation and protein-degrading microorganisms of the rumen. *Applied Microbiology and Biotechnology.* 98(2):897-905.
- Kuri, M. P., F. J. A. Parres, V. K. Aguilar, and V. Y. Mújica. 2007. Intoxicación por Clenbuterol (segunda y última parte). *Boletín del Centro Nacional de Vigilancia epidemiológica y Control de enfermedades de la secretaría de salud.* p. 10-13.
- Lange, M. 2015. Biosynthesis and biotechnology of high-value p-menthane monoterpenes, including menthol, carvone, and limonene. In *biotechnology of isoprenoids*, Schrader, J., Bohlmann, J., Eds; Springer: 63-106.
- Lee, S. E., H. J. Hwang, J. S. Ha, H. S. Jeong, and J. H. Kim. 2003. Screening of medicinal plant extracts for antioxidant activity. *Life Sci.* 73: 167-179.
- Leheska, J. M., J. L. Montgomery, C. R. Krehbiel, D. A. Yates, J. P. Hutcheson, W. T. Nichols, M. Streeter, J. R. Blanton, and M. F. Miller. 2009. Dietary zilpaterol hydrochloride. II. Carcass composition and meat palatability of beef cattle. *J. Anim. Sci.* 7(9):1384-1393.
- Lemos-Bicas, J. A. Dionisio and G. Pastore. 2009. Bio-oxidation of terpenes: An approach for the flavor industry. *Chem. Rev.* 109:4518-453.
- Li, Y. Z., B. T. Ly, and J. A. Moinbi. 2000. Effects of a Beta-Adrenergic Agonist on Performance and Carcass Traits of Growing Lambs in a Cold Environment. *Can. J. Anim. Sci.* 4(80):644-969.
- López, P. Ma. G., L. Ma. S. Rubio y M. S. Valdés. 2000. Efecto del cruzamiento, sexo y dieta en la composición química de la carne de ovinos Pelibuey con Rambouillet y Suffolk. *Veterinaria México.* 31(1):1-21.

- 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. p. 240-241.
- López-Carlos, M. A., R. G. Ramírez, J. I. Aguilera-Soto, C. F. Aréchiga, F. Méndez-Llorente, H. Rodríguez and J. M. Silva. 2010. Effect of ractopamine hydrochloride and zilpaterol hydrochloride on growth, diet digestibility, intake and carcass characteristics of feedlot lambs. *Livestock Science*. 131(1):23-30.
- Machese, A., I. Erdogan, M. Daglia, R. Barberi, A. Di Lorenzo, N. S. Fazek, O. Gortzi, M. Izadi y S. N. Mohammad. 2016. Actividades antibacterianas y antifúngicas del timol: una breve revisión de la literatura. *ELSEVIER*. 210:402-414.
- Macías, C. V., R. L. Avendaño, V. F. D. Álvarez, O. N. G. N. Torrentera, H. C. Neza, B. M. Mellado y C. A. Correa. 2013. Crecimiento y características de la canal en corderos tratados con clorhidrato de zilpaterol durante primavera y verano. *Rev. Mex. de Cienc. pecuarias*. 4(1):1-12.
- Macías-Cruz, U., F. D. Álvarez-Valenzuela, S. A. Soto-Navarro, E. Águila-Tepato, and L. Avendaño-Reyes. 2013. Effect of zilpaterol hydrochloride of feedlot performance, nutrient, intake, and digestibility in hair-breed sheep. *J. Anim. Sci*. 91(4):1844-1849.
- Marino, M., C. Bersani y G. Comi. 1999. Actividad antimicrobiana de los aceites esenciales de *Thymus vulgaris* L. medida mediante un método bioimpedométrico. *Journal of Food Protection*. 62(9):1017-1023.
- Mark, K. K., M. B. Kamal, S. B. Ayuba, R. Sakirolla, Y. B. Kang, K. Mohandas, M. K. Balijepalli, S. H. Ahmad y M. R. Pichika. 2019. Una revisión exhaustiva de las propiedades antimicrobianas del eugenol y las aplicaciones de la industria: una transformación de la etnomedicina a la industria. *Phcog. Rev*. 13:1–9.
- Martínez, M. A. 2001. Aceites esenciales. Facultad Química Farmacéutica Medellín. Universidad de Antioquia. p. 1-34.
- Martínez, J., B. Sulbarán de Ferrer, G. R. Ojeda, A. Ferrer y R. Nava. 2003. Actividad antibacteriana del aceite esencial de mandarina. *Revista de la Facultad de Agronomía*. 20(4):502-512.
- Martins, E. R. M., H. G. Bertagnon, C. F. Batista, R. C. Gomes, K. R. Santos, J. B. Bellinazzi, and A. M. Della. 2016. Influência da suplementação de vitaminas A, D e E na função imune de bezerros alimentados com dieta à base de feno capim tifton (*Cynodon* spp.). *Pesq. Vet. Bras*. 36(5):453-459.
- McCarthy, K. L., S. R. Underdahl, and C. R. Dahlen. 2020. Effects of a vitamin and mineral bolus on beef heifer feedlot performance, feeding behavior, carcass characteristics, and liver mineral concentrations. *Transl. Anim. Sci*. 4: 876-882.

- McDonald, P., R. A. Edwards, J. F. Greenhalgh, C. A. Morgan, L. A. Sinclair, and R. G. Wilkinson. 2010. *Animal nutrition*. 7^a ed. Harlow: Pearson. p. 714.
- McDowell, L. R. 2000. *Vitamins in Animal and Human Nutrition*, 2nd ed., Iowa State University Press, Ames, IA. p. 91-153.
- McManues, C., H. Louvandini, R. Gugel, L. C. Sasaki, and E. Bianchini E. 2011. Skin and coat traits in sheep in Brazil and their relation with heat tolerance. *Trop Anim Health*. 2011;43(1):121-126.
- Menchaca, G. R. A., P. Ramos, J. M. Moreno, D. Luna, R. M. Mata y G. Vázquez. 2011. Germinación in vitro de híbridos de *Vanilla planifolia* y *V. pompona*. *Revista Colombiana de Biotecnología*. 13: 80-4.2.
- Mendes, S., R. Bomfim, H. Jesus, P. Alves, A. Blank, C. Estevam y S. Thomazzi. 2010. S. Evaluación de los efectos analgésicos y antiinflamatorios del aceite esencial de hojas de *Lippia gracilis*. *Revista de Etnofarmacología*, 129(3):391-397.
- Mendoza-Cortéz, D. A., J. L. Ramos-Méndez, Y. Arteaga-Wences, A. Félix-Bernal, A. Estrada-Angulo, B. I. Castro-Pérez, J. D. Urías-Estrada, A. Barreras, R. A. Zinn, and A. Plascencia. 2022. Influence of a Supplemental Blend of Essential Oils Plus 25-hydroxy-vitamin-D3 on Feedlot Cattle Performance during the Early-growing Phase under Conditions of High-ambient Temperature. *Indian Journal of Animal Research*. BF-1520(1):1-6
- Mersmann, H. J. 2002. Beta adrenergic receptor modulation of adipocyte metabolism and growth. *J. Anim. Sci*. 80:24-29.
- Meyer, M. B., M. Watanuki, S. Kim, N. K. Shevde, and J. W. 2006. The human transient receptor potential vanilloid type 6 distal promoter contains multiple vitamin D receptor binding sites that mediate activation by 1,25-dihydroxyvitamin D3 in intestinal cells. *Mol Endocrinol*. 20:1447-1461.
- 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. p. 1-86.
- Montgomery, J. L., F. C. Jr. Parrish, D. C. Beilz, R. L. Horsl, E. J. Huff-Loncragan, and A. H. Trankle. 2000. The use of vitamin D3 to improve beef tenderness. *J. Anim. Sci*. 78: 2615- 2621.
- Montgomery, J. L., M. B. King, J. G. Gentry, A. R. Barham, B. L. Barham, G. G. Hilton, J. R. Blanton, R. L. Horts, M. L. Galyean, K. J. Morrow, D. B. Wester and M. F. Miller. 2004. Supplemental vitamin D3 concentration and biological type of steers. II. Tenderness, quality, and residues of beef. *J. Anim. Sci*. 82:2092-2104.

- Moody, D. E., D. L. Hancock, and D. B Anderson. 2000. Phenetanolamine repartitioning agents. *Farm Animal Nutrition* J. P. F. D. Mello. ed CABI publishing, New York, NY. p. 65-96.
- Muela, A. y C. Saduño. 2008. El ganado ovino en Europa y España. En: Sañudo, A. C. y Gonzále. 2008 Aspectos estratégicos para obtener carne ovina de calidad como sur americano. Universidad Nacional del Centro de la provincia de Buenos Aires Argentina. p. 7-23.
- Naseri, V., F. Kafilzadeh, and H. Jahani-Azizabadi. 2022. Effects of Pistacia atlantica gum essential oil on ruminal methanogen, protozoa, selected bacteria species and fermentation characteristics in sheep. *Small Ruminant Research*. 209:0921-4488.
- NHMRC. 2006. Nutrient reference values for Australia and New Zealand. Disponible en: Nutrient Reference Values for Australia and New Zealand Including Recommended Dietary Intakes | NHMRC . Acceso Abr. 25, 2021.
- Norma Oficial Mexicana - NOM-024-ZOO-1995. Especificaciones zoosanitarias para el transporte de animales, sus productos y subproductos, productos químicos, farmacéuticos, biológicos y alimenticios para uso en animales o consumo por éstos.
- Norma Oficial Mexicana - NOM-033-SAG/ZOO-2014. Métodos para dar muerte a los animales domésticos y silvestres.
- Norma Oficial Mexicana - NOM-051-scfi/ssa1-2010. Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados-Información comercial y sanitaria. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 5 de abril del 2010.
- Norma Oficial Mexicana - NOM-051-ZOO-1995. Trato humanitario en la movilización de animales.
- Norma Oficial Mexicana - NOM-061-ZOO-1999. Especificaciones zoosanitarias de los productos alimenticios para consumo animal. SAGARPA, México, D.F.
- Norma Oficial Mexicana - NOM-EM-015-ZOO-2002. Especificaciones técnicas para el testigo del uso de beta-agonistas en los animales. SAGARPA, México, D.F.
- Norman, A. W, R. Boullon, S. J. Whiting, R. Vieth, and P. Lips. 2007. 13th Workshop consensus for vitamin D nutritional guidelines. *J. Steroid. Biochem. Mol Biol.* 103:204-205.
- NRC. 2000. Nutrient Requirements of Beef Cattle. Seventh Revised Ed. Washington, D. C. National Academy of Sciences. p. 275-277.

- NRC.1985. nutrient requirement of sheep. (6th edición) rev. ed. National academy press, Washington, DC.
- O' Naill, H. A. 2001. The effect of Zilpaterol hydrochloride on dietary requirements and the quality and nutritional value of meat components. M.S. Thesis Pretoria. South Africa: Universidad of Pretoria. p. 15-23.
- Ornaghi G. M., A. C. Passetti, J. A. Torrecillas, C. Mottin, A. C. Vital, A. Guerrero, C. Sañudo, M. M. Campo, and I. N. Prado. 2017. Essential oils in the diet of Young Bulls: Effect on animal performance, digestibility, temperament, feeding behaviour and carcass characteristics. *Animal Feed Science and Technology*. 234:274-283.
- Orzuna-Orzuna, J. F., G. Dorantes-Iturbide, A. Lara-Bueno, L. A. Miranda-Romero, G. D. Mendoza-Martínez, y I. Santiago-Figueroa. 2022. Un meta-análisis del uso de aceites esenciales para la alimentación del ganado de carne: fermentación ruminal, metabolitos sanguíneos, calidad de la carne, rendimiento e impacto ambiental y económico. *Fermentación*. 28(6):254.
- Partida de la Peña J. A., R. A. Casaya, L. M. Rubio, y M. R. Méndez. 2015. Efecto del clorhidrato de zilpaterol sobre las características de la canal en cruces terminales de corderos katahdin. *Veterinaria México OA*. 2(2):2448-6760
- Partida de la Peña, J. A., F.G. Ríos, L.C. Cruz, I. A. Domínguez, y G. Buendía. Caracterización de las canales ovinas producidas en México 2017. *Rev. Mex. Cienc. Pecu* 8(3):269-277.
- Pickworth, C. L., S. C. Loerch, and F. L. Fluharty. 2012. Restriction of vitamin A and D in beef cattle finishing diets on feedlot performance and adipose accretion. *J. Anim. Sci.* 90:866-1978.
- Plascencia, A., N. Torrentera and R. Zinn.1999. Influence of the Agonist Zilpaterol on Growth, Performance and Carcass Characteristics of Feedlot Steers. *Ame. Soc. of Anim. Sci.* 50: 331-334.
- Plascencia, A., N. Torrentera, and R. A. Zinn. 2008. Influence of the B-agonist, zilpaterol, on growth performance and carcass characteristics of feedlot steers. *J. Anim. Vet. Adv.* 7(10):1257-1260.
- Poulose, A., R. Croteau. 1978. Biosíntesis de monoterpenos aromáticos: conversión de γ -terpineno a p-cimeno y timol en *Thymus vulgaris* L. *Archivos de Bioquímica y Biofísica*. 187(2):307-314.
- Pukrop, J. R., B. T. Campbell, and J. P. Schoonmaker.2019. Effect of essential oils on performance. Liver abscesses, carcass characteristics, and meat quality in feedlot steers. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 257:11596.
- Ravindran, V. 2010. Aditivos de alimentación animal: presente y futuro. XXVI curso de especialización FEDNA. Madrid, España. p. 5-7.

- Rebollar, R. S., R. R. Rojo, R. L. Avendaño, C. U. Macías, V. F. Álvarez, C. A. Correa y N. S. Soto. 2015. Análisis económico del uso de clorhidrato de Zilpaterol en la alimentación de corderas. *Redalyc*. 23 (64):5-10.
- Reglamento (CE) n° 1935/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre los materiales y objetos destinados a entrar en contacto con alimentos y por el que se derogan las Directivas 80/590/CEE y 89/109/CEE. 2004. OJL 338. P. 4-17. Disponible en: EUR-Lex - 32004R1935 - EN - EUR-Lex (europa.eu). Fecha de acceso: 23 de marzo 2022.
- Reiling, B. A., and D. D. Johnson. 2003. Effects of implant regimens (trenbolone acetate-estradiol administered alone or in combination with zeranol) and vitamin D3 on fresh beef color and quality. *J. Anim. Sci.* 81:135-142.
- Renaudeau, D., A. Collin, S. Yahav, V. de Babilio, J. L. Gourdine, and R. J. Collier. 2012. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. *Animal: an international journal of animal bioscience* 6:707- 711.
- Rivera-Villegas, A., A. Estrada-Angulo, B. I. Castro-Pérez, J. D. Urías-Estrada, F. G. Ríos-Rincón, and D. Rodríguez-Cordero. 2108. Comparative evaluation of supplemental zilpaterol hydrochloride sources on growth performance, dietary energetics and carcass characteristics of finishing lambs. *Asian-Australas J. Anim. Sci.* 00(00):1-8.
- Robles-Estrada, J. C., A. Barreras-Serrano, G. Contreras, A. Estrada-Angulo, J. F. Obregón, A. Plascencia, and F.G. Ríos. 2009. Effect of two β -adrenergic agonists on finishing performance and carcass characteristics in lambs fed all-concentrate diets. *J. Appl. Anim. Res.* 36:33–36.
- Rojo-Rubio, R., L. Avendaño-Reyes, B. Albarrán, J. F. Vázquez. 2018. Zilpaterol hydrochloride improves growth performance and carcass traits without affecting wholesale cut yields of hair sheep finished in feedlot. *Journal of Applied Animal Research*. 46(1):375-379.
- S/A. 2018. Aceites esenciales: mecanismo de acción sobre bacterias patógenas. PlusVet Animal Health. Disponible en: Aceites esenciales: Mecanismo de acción sobre bacterias patógenas | PlusVet Animal Health. Acceso: el 30 de mayo del 2022.
- SAGARPA. 2010. Coordinación General de Ganadería. Disponible en: ca207-19.pdf (aserc.gob.mx). Acceso Feb 20, 2021.
- Salinas, C. J., R. G. Ramírez, M. M. Domínguez, C. R. Palomo, and A. V. H. López. 2004. Influence of Zilpaterol Hydrochloride on Growth and Carcass Characteristics of Pelibuey Lambs. *J. Appl. Anim. Res.* 26:13-16.
- Sangwan, N. S., A. H. A. Farooqi, F. Shabih, y R. S. Sangwan. 2001. Regulación de la producción de aceites esenciales en plantas. *Plant Growth Regulation*. 34:3-21.

- SAS. SAS/STAT. 2004. Guide for personal computer (release 9.2). Cary, NC, USA: SAS Inst. Inc.
- Scanga, J. A., J. D. Belk, J. D. Talum, and G. C. Smith. 2001. Supranutritional oral supplementation with vitamin D3 and calcium and the effects on beef tenderness. *J. Anim. Sci.* 19:912-918.
- Seijo, M., S. Mastaglia, G. Brito, J. Somoza y B. Oliveri. 2012. ¿Es equivalente la suplementación diaria con vitamina D2 o vitamina D3 en adultos mayores? *Medicina.* 72:195-200.
- Sejian, V., R. Bhatta, J. Gaughan, P. K. Malik, S. M. K. Naqvi, and R. Lal. 2017. Adapting sheep production to climate change. In: *Sheep production adapting to climate change.* Singapore: Springer Singapore:1-29.
- Sharader, J., J. Bohlmann. 2015. *Biotechnology of Isoprenoids.* Eds. Springer. 149:3-18.
- Shelver, W. L., and D. J. Smith. 2006. Tissue Residues and Urinary Excretion of Zilpaterol in Sheep Treated for 10 Day with Dietary Zilpaterol, *J. Agri. and Food Chetry.* 5(6):54-67.
- SIAP. 2007. Servicio de información agroalimentaria y pesquera. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Avance comparativo de la producción pecuaria. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/opt/poblagand/ovino.pdf> . Acceso Feb 13, 2021.
- SIAP. 2019. Disponible en: SIAP | AGRICULTURA. Fecha de acceso: el 11 de diciembre de 2020.
- SIAP. 2021. Servicio de Información Agroalimentaria y pesquera. Disponible en: *Inventario_2021_ovino.pdf* (www.gob.mx). Acceso 10 de febrero de 2021.
- Sikkema, J., J. A. M. Bont, B. Poolman. 1994. Interactions of cyclic hydrocarbons with biological membranes. 269: 8022-8028.
- Sillence, M. N. 2004. Technologies for the control of fat and lean deposition in Livestock. *Vet. J.* 167:217-218.
- Strydom, P. E., J. L. Montgomery, and M. F. Smith. 2009. The comparison of three b-agonists for growth performance, carcass traits and meat quality of grain fed cull cows. *Animal.* 4:653-660.
- Swanek, S. S., J. B. Morga, F. N. Owens, H. G. Doleul, and D. R. Gill. 1997. Effects of supplemental vitamin D3 on meat tenderness. *Animal Science Research Repor.* p. 73-18.

- Tamargo Menéndez, J. y E. Delpón Mosquera. 2011. Farmacología de los bloqueantes de los receptores beta-adrenérgicos. Disponible en: <https://www.cardioteca.com/images/cardiología-practica/recursos/bisopropol/1-farmacologia-betabloqueantes.pdf> . Acceso Oct. 10, 2020.
- Tholl, D. 2015. Biosíntesis y funciones biológicas de los terpenoides en las plantas. En *Bioteconología de isoprenoides*; Shrader, J., Bohlmann, J., Eds.; Springer: Sitzerland: 63-106.
- Toseti, L. B., R. S. Goulart, V. N. Gouvêa, T. S. Acedo, S. F. M. Guilherme, A. V. Pires, P. R. Leme, A. S. Netto, and S. L. Silva. 2020. Effects of a blend essential oils and exogenous α -amylase in diets containing different roughage sources for finishing beef cattle. *Anim. Feed Sci. Technol.* 269:114643.
- Trombetta, D., F. Castelli, M.G. Sarpietro, V. Venuti, M. Cristani, C. Daniele, G. Bisignano. 2005. Mechanisms of Antibacterial Action of Three Monoterpenes. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy.* 49(6):2474-2478.
- Ulanowska, M. y B. Olas. 2021. Propiedades biológicas y perspectivas para la aplicación de eugenol: una revisión. Departamento de bioquímica general, Universidad de Lodz. Pomorska 141/3, Lodz, Polonia. *Int. J. Mol. Sci.* 22(7):90-236.
- USDA. 1982. Official United States Standards for grades of lamb, yearling mutton and mutton carcasses. U.S.D.A., A.M.S., L.S.D., EUA.
- Vahabzadeh, M., M. Chamani, O. Dayani, A. A. Sadeghi, and M. R. Mohammadabadi. 2020. Effect of *Origanum mejorana* leaf (Sweet marjoram) feeding on lamb's growth, carcass characteristics and blood biochemical parameters Small Ruminant Research.192:0921-4488. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2020.106233>.
- 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 Chemical Acta.* 529:189-197.
- Vasconcelos, J. T., R. J. Rathmann, R. R. Reuter, J. Leibovich, J. P. McMeniman, K. E. Hales, T. L. Covey, M. F. Miller, W. T. Nichols, and M. L. Galyen. 2008. Effects of duration of zilpaterol hydrochloride feeding and days on the finishing diet on feedlot cattle performance and carcass traits. 86(8):2005-2015.
- Vásquez-Awad, D., C. A., Gutiérrez C. A., O. M. Gómez, González A. R., M. J. Guzmán, R. O. Martínez, Rosero-Olarte, C. Rueda-Beltz y J. L. Acosta-Reyes. 2017. Vitamina D. Consenso colombiano de expertos. *Med.* 39(2):140-157.

- Velázquez-Sámano, G., R. Colado-Chagoya, R. A. Cruz-Pantoja, A. A. Velasco-Medina y J. Rosales-Guevara. 2019. Reacciones de hipersensibilidad a aditivos alimentarios. *Rev. Alerg. Méx.* 66(3):329-339.
- Vicente-Pérez, R., U. Macías-Cruz, R. Andrade, R. Vicente, E. García, R. Martínez, L. Avendaño-Reyes, y O. Montañez. 2020. Suplementación de clorhidrato de zilpaterol en corderos finalizados con dieta sin fibra de forraje. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 11(3):638-650.
- Wang, C. J., S. P. Wang, and H. Zhou. 2009. Influences of flavomycin, ropadiar and saponin on nutrient digestibility, rumen fermentation, blood metabolites, growth performance and carcass characteristics of growing lambs. *Animal Feed Science and Technology.* 148:157-166. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2008.03.008.
- Wilson, B.G., and S. L. Bahna. 2005. Adverse reactions to food additives. *Ann Allergy Asthma Immunol.* 95(6):499-507.
- Wu, G. 2018. Principles of animal nutrition. Filadelfia: CRC Press. p 801.
- Xu, J., F. Zhou, B. P. Ji, R. S. Pei y N. Xu. 2008. El mecanismo antibacteriano del carvacrol y el timol contra *Escherichia coli*. *Cartas en Microbiología Aplicada.* 47(3):174-179.
- Zinn, R. A, A. Barreras, F. N. Owens y A. Plascencia, 2008. Desempeño de novillos de corral de engorda y vaquillas: Aumento diario, peso corporal maduro, ingesta de materia seca y energéticos dietéticos. *J. Anim. Sci.* 86:2680-2689.
- Zygoyiannis, D. 2006. Sheep production in the world and in Greece. *Small Ruminant Research.* 63:143-147.