

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA**  
Colegio en Ciencias Agropecuarias  
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia  
**MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**



**TESIS:**

**EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN DE ACEITES ESENCIALES,  
25-HIDROXI-VIT-D<sub>3</sub> Y CLORHIDRATO DE ZILPATEROL EN  
DIETAS DE FINALIZACIÓN DE OVINOS: CALIDAD DE LA  
CARNE**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**PRESENTA:**  
ALONDRA CASAS GÓMEZ

**DIRECTORA DE TESIS:**  
DRA. BEATRIZ ISABEL CASTRO PÉREZ

**CODIRECTOR DE TESIS:**  
DR. OCTAVIO CARRILLO MURO

**ASESORES:**  
DR. ALFREDO ESTRADA ANGULO  
DR. JESÚS DAVID URÍAS ESTRADA  
DR. FRANCISCO GERARDO RÍOS RINCÓN

Culiacán, Sinaloa, México; a 14 de septiembre de 2023

ESTA TESIS FUE REALIZADA POR **ALONDRA CASAS GÓMEZ**, BAJO LA DIRECCIÓN DEL CONSEJO PARTICULAR QUE SE INDICA, Y HA SIDO APROBADA POR EL MISMO, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**

CONSEJO PARTICULAR

DIRECTORA -----  
DRA. BEATRIZ ISABEL CASTRO PÉREZ

CODIRECTOR -----  
DR. OCTAVIO CARRILLO MURO

ASESOR -----  
DR. ALFREDO ESTRADA ANGULO

ASESOR -----  
DR. JESÚS DAVID URÍAS ESTRADA

ASESOR -----  
DR. FRANCISCO GERARDO RÍOS RINCÓN

Culiacán, Sinaloa, México; a 14 de septiembre del 2023



# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA

## COLEGIO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA CULIACÁN  
FACULTAD DE AGRONOMÍA VALLE DEL FUERTE  
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR  
FACULTAD DE AGRONOMÍA VALLE DEL CARRIZO

En la Ciudad de Culiacán Rosales, Sinaloa, el día 14 de Septiembre del año 2023, el que suscribe Alondra Casas Gómez, alumno del Programa de Maestría en Ciencias Agropecuarias, con número de cuenta 2103302-1, de la Unidad Académica Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, del Colegio de Ciencias Agropecuarias de la UAS, manifiesta que es autor intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de la Dra. Beatriz Isabel Castro Pérez y del Dr. Octavio Carrillo Muro y que cede los derechos del trabajo titulado **“Efecto de la suplementación de aceites esenciales, 25-hidroxi-vit-d<sub>3</sub> y clorhidrato de zilpaterol en dietas de finalización de ovinos: calidad de la carne”**, a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, del Colegio de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Sinaloa, para su difusión, con fines académicos y de investigación por medios impresos y digitales, todo esto en apego al artículo 27 de la Ley Federal de Derechos de Autor. La Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México) protege el contenido de la presente tesis. Los usuarios de la información contenida en ella deberán citar obligatoriamente la tesis como fuente, dónde la obtuvo y mencionar al autor intelectual. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ATENTAMENTE

---

**MVZ. Alondra Casas Gómez**

Domicilio: Calle Revolución de Ayutla #2559. Emiliano Zapata, Culiacán. Sinaloa  
Teléfono: (492) 2045227. Correo electrónico: alondra\_ca095@hotmail.com  
CURP: CXGA951215MZSSML02



Dirección General de Bibliotecas



U n i v e r s i d a d   A u t ó n o m a   d e   S i n a l o a

## REPOSITORIO INSTITUCIONAL

UAS- Dirección General de Bibliotecas

Repositorio Institucional

Restricciones de uso

Todo el material contenido en la presente tesis está protegido por la Ley Federal de Derechos de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México). Queda prohibido la reproducción parcial o total de esta tesis. El uso de imágenes, tablas, gráficas, texto y demás material que sea objeto de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente correctamente mencionando al o los autores del presente estudio empírico. Cualquier uso distinto, como el lucro, reproducción, edición o modificación sin autorización expresa de quienes gozan de la propiedad intelectual, será perseguido y sancionado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor.

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial Compartir Igual, 4.0 Internacional.



INFORME DEL DETECTOR DE PLAGIO  
Viper

## DEDICATORIA

Gracias a Dios por darme la oportunidad de vivir esta vida, por la fortaleza, determinación, paciencia y capacidad para seguir adelante en mis estudios y poder concluir con satisfacción y amor mi profesión.

A mis padres Sergio N. Casas y Graciela Gómez quienes han sido un gran tesoro para mí, siendo el pilar fundamental más importante de mi vida, por protegerme, cuidarme y brindarme amor sincero y desinteresado, porque son y serán mi admiración, gracias por guiar mi vida con energía, por los esfuerzos realizados para que yo lograré terminar mi posgrado, siendo para mí la mejor herencia.

A mis hermanos Graciela, Edna, Casandra y Alfonso, con todo mi cariño, respeto y gratitud, por ser para mí un ejemplo de amistad, confianza, cariño, unión y comprensión, cuyo apoyo e inspiración fueron importantes para alcanzar esta meta; a mis cuñados Cesar, Octavio y Mauricio para que siempre luchen por la unidad de la familia, tan fundamental para la superación de la misma, gracias por el apoyo moral, cariño y comprensión que me han brindado.

A mis sobrinos Damián, Sergio, Samuel y Luciana por haber llegado a mi vida y hacerme feliz, porque me motivan con una sonrisa y me llenan de amor para seguir adelante.

A Juan quien ha estado a mi lado todo este tiempo que he trabajado en este proyecto.

A mis amigos Claudia, Kathia, Martín, Faty, Jony, Dora, Dani, José Luis y Carlos, quienes me han apoyado y prestado su ayuda, porque la verdadera amistad no consiste en ser inseparables, consiste en separarse y, aun así, hacer que nada cambie.

A todo ellos dedico este logro con cariño y agradecimiento, gracias por su admiración, cariño y respeto.

El éxito en la vida no se mide por lo que logras, sino por los obstáculos que superas.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por el apoyo económico durante estos 24 meses para la realización de mis estudios y financiar mi proyecto de investigación.

A la Universidad Autónoma de Sinaloa y Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia por aceptarme para realizar los estudios de Maestría en el Posgrado de Ciencias Agropecuarias, y darme las herramientas y conocimientos necesarios.

A la Universidad Autónoma de Zacatecas y la Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia por el apoyo para realizar el trabajo de investigación.

Dra. Beatriz Isabel Castro Pérez, mi directora, por formar profesionales con calidez y eficiencia, por compartir sus conocimientos y guiarme en el proceso de la presente tesis. Gracias por las horas que me dedico y por su infinita paciencia.

Al Dr. en C. Octavio Carrillo Muro, mi codirector, por su confianza y ayudarme a profundizar mis conocimientos, por la constante dedicación, sus incontables consejos y su siempre disposición. Por la manera clara de transmitir sus amplios conocimientos y su inagotable energía a la hora de hacerlo y por su apoyo incondicional para realizar este trabajo.

Dr. Alfredo Estrada Angulo, Dr. Jesús David Urías Estrada, Dr. Francisco Gerardo Ríos Rincón, MVZ Beatriz Pérez, Dr. Jesús José Portillo Loera, por su colaboración durante el desarrollo de este trabajo de investigación y por mostrarnos las capacidades que se esconden dentro de nosotros, son docentes que plantan semillas que se cosechan toda la vida.

UEEPR, por haberme dado la oportunidad de ser parte de ella y por ser mi segundo hogar.

A mi familia, por confiar siempre en mí y apoyarme en todo momento. Por mostrarme que en la vida no hay nada que no se consiga con esfuerzo a pesar de lo difícil que pueda parecer.

Con esfuerzo y dedicación se obtiene el éxito. La suerte no es hierba que crece en el campo, llega si la buscas, y se da trabajando.



## ÍNDICE DE CONTENIDO

ABSTRACT.....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. ANTECEDENTES .....	3
2.1 Parámetros que definen la calidad de la carne .....	3
2.2 Calidad organoléptica o sensorial .....	3
2.2.1 pH.....	3
2.2.2 Pérdida por descongelamiento.....	4
2.2.3 Pérdida por goteo.....	4
2.2.4 Pérdida por cocción.....	5
2.2.5 Capacidad de retención de agua .....	5
2.2.6 Color.....	6
2.2.7 Terneza .....	7
2.2.8 Sabor.....	8
2.2.9 Jugosidad .....	9
2.3 Normativas del uso de aditivos en la alimentación animal.....	9
2.4 Clasificación de aditivos alimenticios.....	9
2.5 Principales aditivos usados en producción pecuaria .....	10
2.6 Aceites esenciales .....	11
2.6.1 Generalidades.....	11
2.6.2 Mecanismo de acción.....	14
2.6.2.1 Eugenol .....	16
2.6.2.2 Limoneno .....	17
2.6.2.3 Timol .....	17
2.6.3 Efectos de los aceites esenciales sobre comportamiento productivo....	18
2.6.3.1 Consumo de materia seca .....	18
2.6.3.2 Eficiencia alimenticia .....	18
2.6.3.3 Ganancia diaria de peso .....	18
2.6.3.4 Peso final .....	20

2.6.4 Efectos de los aceites esenciales sobre características de la canal.....	20
2.6.4.1 Espesor de la grasa dorsal.....	20
2.6.4.2 Área de <i>Longissimus</i> .....	20
2.6.4.3 Peso y rendimiento de canal caliente.....	25
2.6.5 Efectos de los aceites esenciales sobre la calidad de la carne.....	25
2.6.5.1 pH.....	25
2.6.5.2 Pérdida por cocción.....	25
2.6.5.3 Pérdida por goteo.....	29
2.6.5.4 Capacidad de retención de agua .....	29
2.6.5.5 Color de la carne .....	29
2.6.5.6 Fuerza de corte de Warner-Bratzler .....	29
2.7 Beta-agonistas.....	34
2.7.1 Generalidades.....	34
2.7.2 Estructura química $\beta$ -agonistas adrenérgicos.....	35
2.7.3 Mecanismo de acción.....	35
2.7.3.1 Tejido adiposo.....	35
2.7.3.2 Tejido muscular.....	38
2.7.4.5 Espesor de grasa .....	42
2.7.4.6 Área del músculo <i>Longissimus</i> .....	42
2.7.4.7 Peso de canal caliente .....	42
2.7.4.9 Rendimiento y peso de canal fría.....	46
2.7.4.10 Medidas zoométricas .....	46
2.7.4.11 Cortes primarios.....	46
2.7.4.12 Composición tisular .....	51
2.7.5 Efecto del clorhidrato de zilpaterol sobre la calidad de la carne.....	51
2.7.5.1 pH.....	51
2.7.5.2 Pérdida por cocción.....	51
2.7.5.3 Pérdida por goteo (24 y 48 h).....	51
2.7.5.4 Color de la carne .....	51
2.7.5.5 Capacidad de retención de agua .....	54
2.7.5.6 Fuerza de corte de Warner-Bratzler .....	54

2.8.1 Vitaminas liposolubles.....	57
2.8.2 Vitamina A.....	59
2.8.3 Vitamina K.....	60
2.8.4 Vitamina E.....	60
2.8.5 Vitamina D.....	61
2.8.6 Vitaminas hidrosolubles. ....	62
III. HIPÓTESIS .....	63
IV. OBJETIVOS.....	64
OBJETIVO GENERAL .....	64
OBJETIVOS PARTICULARES.....	64
V. MATERIAL Y MÉTODOS.....	65
5.1 Ubicación .....	65
5.2 Material biológico .....	65
5.3 Toma y obtención de muestras.....	66
5.4 Variables de calidad de la canal .....	66
5.4.1 Pérdida por descongelamiento .....	66
5.4.2 Pérdida por cocción .....	68
5.4.3 Pérdida por goteo .....	68
5.4.4 Capacidad de retención de agua .....	68
5.4.5 Color de la carne .....	69
5.4.6 Fuerza de corte de Warner-Bratzler.....	69
5.5 Análisis estadístico .....	69
6.1 Pérdida por descongelamiento .....	71
6.2 Pérdida por goteo .....	71
6.3 Pérdida por cocción .....	71
6.4 Capacidad de retención de agua .....	72
6.5 Fuerza de corte Warner-Bratzler .....	72
6.6 Color .....	73
VII. CONCLUSIONES .....	76
VIII. LITERATURA CITADA.....	77

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Efecto de la inclusión de aceites esenciales (AE) en dietas de finalización de bovinos y ovinos sobre el consumo de materia seca y eficiencia alimenticia. ....	19
<b>Cuadro 2.</b> Efecto de la inclusión de aceites esenciales (AE) en dietas de finalización de rumiantes sobre ganancia diaria de peso. ....	21
<b>Cuadro 3.</b> Efecto de la inclusión de aceites esenciales (AE) en dietas de finalización de ovinos sobre peso final. ....	22
<b>Cuadro 4.</b> Efecto de la inclusión de aceites esenciales (AE) en dietas de finalización de rumiantes sobre el espesor de grasa dorsal. ....	23
<b>Cuadro 5.</b> Efecto de la inclusión de aceites esenciales (AE) en dietas de animales sobre el área de <i>Longissimus</i> . ....	24
<b>Cuadro 6.</b> Efecto de la inclusión de aceites esenciales (AE) en dietas de finalización de animales sobre el peso de canal caliente y canal fría. ....	26
<b>Cuadro 7.</b> Efecto de la inclusión de aceites esenciales (AE) en dietas de finalización de animales sobre el pH a las 24 h. ....	27
<b>Cuadro 8.</b> Efecto de la inclusión de aceites esenciales (AE) en dietas de finalización de animales sobre la pérdida por cocción. ....	28
<b>Cuadro 9.</b> Efecto de la inclusión de aceites esenciales (AE) en calidad de la carne por la pérdida por goteo. ....	30
<b>Cuadro 10.</b> Efecto de la inclusión de aceites esenciales (AE) en dietas de finalización de animales sobre la capacidad de retención de agua. ....	31
<b>Cuadro 11.</b> Efecto de la inclusión de aceites esenciales (AE) en dietas de finalización de animales sobre el color. ....	32
<b>Cuadro 12.</b> Efecto de la inclusión de aceites esenciales (AE) sobre la fuerza de corte de Warner-Bratzler (WBSF). ....	33
<b>Cuadro 13.</b> Tipo de receptores, órgano blanco y mecanismo de acción de $\beta$ -adrenérgicos. ....	37
<b>Cuadro 14.</b> Efecto de la inclusión de clorhidrato de zilpaterol (CZ) en dietas de finalización de ovinos sobre el consumo de materia seca y eficiencia alimenticia. ....	39

<b>Cuadro 15.</b> Efecto de la inclusión de clorhidrato de zilpaterol (CZ) en dietas de finalización de ovinos sobre ganancia diaria de peso y ganancia total. ....	41
<b>Cuadro 16.</b> Efecto de la inclusión de clorhidrato de zilpaterol (CZ) en dietas de finalización de ovinos sobre peso final y al sacrificio.....	43
<b>Cuadro 17.</b> Efecto de la inclusión de clorhidrato de zilpaterol (CZ) en dietas de finalización de ovinos sobre el espesor de la grasa dorsal. ....	44
<b>Cuadro 18.</b> Efecto de la inclusión de clorhidrato de zilpaterol (CZ) en dietas de finalización de ovinos sobre el área de <i>Longissimus</i> .....	45
<b>Cuadro 19.</b> Efecto de la inclusión de clorhidrato de zilpaterol (CZ) en dietas de finalización de ovinos sobre el peso de la canal caliente. ....	47
<b>Cuadro 20.</b> Efecto de la inclusión de clorhidrato de zilpaterol (CZ) en dietas de finalización de ovinos sobre rendimiento y peso de canal fría.....	48
<b>Cuadro 21.</b> Efecto de la inclusión de clorhidrato de zilpaterol (CZ) en dietas de finalización de ovinos sobre las medidas zoométricas. ....	49
<b>Cuadro 22.</b> Efecto de la inclusión de clorhidrato de zilpaterol (CZ) en dietas de finalización de ovinos sobre cortes primarios y composición tisular.....	50
<b>Cuadro 23.</b> Efecto de la inclusión de clorhidrato de zilpaterol (CZ) en dietas de finalización de rumiantes sobre el pH a las 24 h y pérdida por cocción. ....	52
<b>Cuadro 24.</b> Efecto de la inclusión de clorhidrato de zilpaterol (CZ) sobre la pérdida por goteo. ....	53
<b>Cuadro 25.</b> Efecto de la inclusión de clorhidrato de zilpaterol (CZ) sobre el color de <i>Longissimus dorsi</i> .....	55
<b>Cuadro 26.</b> Efecto de la inclusión de clorhidrato de zilpaterol (CZ) sobre la capacidad de retención de agua y fuerza de corte de Warner-Bratzler (WBSF)...	56
<b>Cuadro 27.</b> Clasificación de vitaminas (Reyes, 2000). ....	58
<b>Cuadro 28.</b> Composición de la dieta basal y los tratamientos. ....	67
<b>Cuadro 29.</b> Efecto de la suplementación de aceites esenciales (AE) mas 25-Hidroxi-Vit-D <sub>3</sub> y Clorhidrato de Zilpaterol, en la calidad de la carne. ....	75

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Estructuras de compuestos de aceites esenciales. ....	13
<b>Figura 2.</b> Fórmulas de la Fórmulas de ariletanolamina de mediadores fisiológicos y algunos $\beta$ AA . ....	36
<b>Figura 3.</b> Estructura química del Clorhidrato de zilpaterol. ....	36

## RESUMEN

### **Efecto de la suplementación de aceites esenciales, 25-hidroxi-vit-d<sub>3</sub> y clorhidrato de zilpaterol en dietas de finalización de ovinos: calidad de la carne.**

Las 48 muestras de carne provenían de 48 ovinos cruza Pelibuey x Katahdin (una muestra por animal x cuatro tratamientos), que estuvieron en una prueba de comportamiento de 70 d, con los siguientes tratamientos: Testigo: Sin aditivos; AE+HyD<sub>3</sub>: 150 mg/kg MS de mezcla de AE + 0.09 mg/kg MS de 25-hydroxy-Vit-D<sub>3</sub>; CZ: 5.6 mg/kg MS de CZ, durante los últimos 32 d y 3 d de periodo de retiro; AE+HyD<sub>3</sub>+CZ: 150 mg/kg MS de mezcla de AE + 0.09 mg/kg MS de 25-hydroxy-Vit-D<sub>3</sub> + 5.6 mg/kg MS de CZ, el AE se incluyó durante 70 d y se combinó los últimos 32 d más 3 d de periodo de retiro con CZ. Se observó que con la inclusión de solo CZ se redujo ( $P<0.01$ ) la pérdida por descongelación (PPD) en un 94.6%, 72.3% cuando se agregó además AE+HyD<sub>3</sub> al CZ, y 23.5% con solo AE+HyD<sub>3</sub>. La pérdida por goteo (PPG) fue mayor a las 24 h, siendo superior ( $P<0.01$ ) 22.7% con la combinación de AE+HyD<sub>3</sub>+CZ, 19.2% con solo AE+HyD<sub>3</sub> y 10.9% con CZ; y a las 48 h ahora fue menor ( $P<0.01$ ) con solo CZ 8.2%, 8.9% AE+HyD<sub>3</sub>+CZ y 23.8% AE+HyD<sub>3</sub>. Los valores de a\* y b\*, aumentaron 17.2 y 18.1%, respectivamente ( $P<0.01$ ), con la adición de AE+HyD<sub>3</sub> y CZ. En pérdida por cocción (PPC), capacidad de retención de agua (CRA), WBSF y L\* no se observó efecto de los tratamientos ( $P>0.05$ ). En conclusión, los AE+HyD<sub>3</sub> pueden ser utilizados con la combinación con CZ, en dietas de engorda de corderos, reduciendo la PDD y PPG, y aumentando los valores de a\* y b\*; sin afectar los los valores de PPC, CRA, WBSF y L\*.

**Palabras clave:** ovinos, aceites esenciales, 25-hydroxy-Vit-D<sub>3</sub>, clorhidrato de zilpaterol, calidad de la carne.

## **ABSTRACT**

### **Effect of supplementation of essential oils, 25-hydroxy-vit-d3 and zilpaterol hydrochloride in sheep finishing diets: meat quality.**

The 48 meat samples came from 48 Pelibuey x Katahdin crossbred sheep (1 sample per animal x 4 treatments), which were in a 70 d performance test, with the following treatments: Control: no additives; AE+HyD3: 150 mg/kg DM of AE mixture + 0.09 mg/kg DM of 25-hydroxy-Vit-D3; ZH: 5.6 mg/kg DM of zilpaterol hydrochloride (ZH), during the last 32 d and 3 d of withdrawal period; AE+HyD3+CZ: 150 mg/kg DM of AE mixture + 0.09 mg/kg DM of 25-hydroxy-Vit-D3 + 5.6 mg/kg DM of ZH, AE was included for 70 d and combined for the last 32 d plus a 3 d withdrawal period with ZH. In this study, it was observed that the inclusion of ZH alone reduced ( $P<0.01$ ) thawing loss (PPD) by 94.6%, 72.3% when AE+HyD3 was added to ZH, and 23.5% with AE+HyD3 alone. Purge loss (PL) was higher at 24 h, being higher ( $P<0.01$ ) 22.7% with the combination of AE+HyD3+CZ, 19.2% with AE+HyD3 alone and 10.9% with ZH; and at 48 h it was now lower ( $P<0.01$ ) with ZH alone 8.2%, 8.9% AE+HyD3+CZ and 23.8% AE+HyD3. The values of  $a^*$  and  $b^*$  increased 17.2 and 18.1%, respectively ( $P<0.01$ ), with the addition of AE+HyD3 and ZH. No treatment effects were observed for cooking loss (CL), water-holding capacity (WHC), WBSF and  $L^*$  ( $P>0.05$ ). In conclusion, AE+HyD3 can be used in combination with ZH, in lamb fattening diets, reducing loss due to defrosting (PLD) and PLR, and increasing  $a^*$  and  $b^*$  values; without having effects on the values of CL, WHC, WBSF and  $L^*$ .

Key words: sheep, essential oils, 25-hydroxy-Vit-D3, zilpaterol hydrochloride, meat quali



## I. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas la industria ganadera, debido a la demanda de los consumidores y a la prohibición de la mayoría de los aditivos antibióticos dentro de la Unión Europea (Windisch *et al.*, 2008), ha buscado alternativas para eliminar el uso de estos, debido a la constante preocupación sobre la resistencia de patógenos bacterianos (Berry *et al.*, 2000; Benchaar *et al.*, 2008) y el potencial desarrollo de enfermedades bacterianas.

Lo anterior ha llevado a un crecimiento acelerado en las investigaciones acerca del uso de plantas y sus extractos, como aditivos en la alimentación animal (Wallace *et al.*, 2004); que mejoren la salud y el comportamiento productivo (Bakkali *et al.*, 2008). Surgiendo, especialmente un gran interés por los aceites esenciales (AE), porque se perciben como una alternativa natural (Wallace *et al.*, 2004; Campos e Silva *et al.*, 2021). Los AE como timol, eugenol, vainillina, carvacol, guayacol y limoneno (Kirkpinar *et al.*, 2014; Cobellis *et al.*, 2016), se han investigado como alternativa a los ionóforos convencionales como la monensina sódica. Al igual que los ionóforos, los AE tienen características similares que afectan la fermentación ruminal, así como la producción de ácidos grasos volátiles (AGV) (Cobellis *et al.*, 2016), el comportamiento productivo en ovinos (Estrada-Angulo *et al.*, 2021) y bovinos (Meschiatti *et al.*, 2019; Latack *et al.*, 2022), e incluso reducen la producción de metano (CH<sub>4</sub>) (Balderas, 2015; Martínez *et al.*, 2015; Amanzougarene *et al.*, 2017; Montero-Recalde *et al.*, 2017; Dorantes-Iturbide *et al.*, 2020; Chávez-Soto *et al.*, 2021). La inclusión en la dieta de una mezcla de AE disminuye del 6.6% al 2.4% la producción de amoníaco (NH<sub>4</sub>) (Wallace *et al.*, 2004; Santan *et al.*, 2014) a partir de aminoácidos en el líquido ruminal de ovinos y bovinos (Bodas *et al.*, 2012).

Para complementar el efecto de los AE, que es a nivel ruminal y de comportamiento productivo (Wang *et al.*, 2020), y posiblemente en la calidad de la carne (Peregrino-Peña *et al.*, 2018), es necesario buscar un aditivo que mejore las características de la canal y no tenga efectos negativos sobre su calidad. Una alternativa, puede ser el clorhidrato de zilpaterol (CZ) (Estrada-Angulo *et al.*, 2008;

Ríos *et al.*, 2010), que incluido en la dieta en la etapa de finalización de rumiantes, mejora 9 a 24% la eficiencia alimenticia (Robles-Estrada *et al.*, 2009; Vicente-Pérez *et al.*, 2020). Sin embargo, puede aumentar la dureza en la carne 18 a 45% (Leyva, 2015; Carrillo-Muro, 2021), efecto negativo para la comercialización, disminuyendo su valor (López *et al.*, 2003; Avendaño *et al.*, 2006; Hilton *et al.*, 2009; Núñez-Torrez, 2017). Por lo cual, es necesario además del AE y CZ, agregar 25-hidroxi-vit-D<sub>3</sub> (HyD<sub>3</sub>) de forma oral, tal como lo señalan Escobedo-Quiñones *et al.* (2023), Estrada-Angulo *et al.* (2022) y Mendoza-Cortéz *et al.* (2022), tiene efecto en las características organolépticas de la carne, como el color y ternura (López-Baca *et al.*, 2021), esto debido a un aumento de niveles de calcio sérico e intramuscular.

Sin embargo, en la actualidad no se cuenta con referencias acerca del efecto de la inclusión de AE, CZ y HyD<sub>3</sub> en dietas de corderos en finalización sobre la calidad de la carne. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la combinación de AE, CZ y HyD<sub>3</sub> sobre las características de calidad de la carne de ovinos en finalización

## II. ANTECEDENTES

### 2.1 Parámetros que definen la calidad de la carne

El término calidad se refiere a la constitución o propiedades que un producto posee (Depetris, 2000); de dichas características dependerá su aceptación por parte del consumidor (Hernández *et al.*, 2013). Por otro lado, se denomina carne a la estructura compuesta por fibra muscular estriada, acompañada o no de tejido conectivo, grasa, fibras nerviosas, vasos linfáticos y sanguíneos, de las especies animales autorizadas para el consumo humano. La calidad de un producto depende de factores que incluyen raza, localización anatómica, sistema de producción, tipo de sacrificio y procesamiento, así como el sistema de comercialización (Pérez y Ponce, 2013).

### 2.2 Calidad organoléptica o sensorial

#### 2.2.1 pH

Braña *et al.* (2011) señalan que el pH es uno de los principales parámetros a considerar para verificar la calidad de la carne, porque afecta varias de sus cualidades, como: color, capacidad de retención de agua (CRA), etc. Después de la muerte disminuye el pH, la intensidad de este fenómeno y el valor del pH final, puede variar según: 1) El contenido de glucógeno muscular; y 2) Las condiciones de manejo antes de la muerte (Garriz, 2001). En el animal vivo, el valor de pH del músculo se encuentra entre los valores considerados neutros (6.7 y 7.2). Tras la muerte del animal, se interrumpe la circulación sanguínea y en consecuencia el aporte de O<sub>2</sub> al músculo, así como de otros elementos nutritivos (Horcada y Polvilo, 2010).

Los animales estresados consumen sus reservas de glucógeno y después el pH se mantiene alto. En este caso el músculo mantiene una alta CRA y baja capacidad de conservación (Garriz, 2001). Una caída lenta del pH *postmortem*, es ocasionada cuando las reservas de glucógeno en el animal son escasas, por ejemplo, cuando ha habido un estrés crónico durante un transporte largo, con tiempos de ayuno muy prolongados, que en cerdos equivalen a más de 24 h de

dietado y en bovinos a más de 36 h, lo que además se exagera con temperaturas ambientales frías y deficientes prácticas de manejo *antemortes* que es causa de estrés previo a la matanza. Todo esto, tiende a reducir las reservas musculares de glucógeno, por lo que se presentará un menor contenido de ácido láctico en el músculo, ocasionando un pH final elevado a las 24 h *post mortem* (6.0 a 6.8), en comparación con el pH de una carne normal (5.4 a 5.9) (Braña *et al.*, 2011). En este sentido los valores elevados de pH determinados a las 24 h del sacrificio (cercanos a 6) se asocian con carnes de corte oscuro, firme y seco (DFD) (Horcada y Polvillo, 2010). Por el contrario, cuando dicho manejo es inadecuado los músculos de cerdo resistentes al estrés pueden presentar pH bajo (Hernández *et al.*, 2013) cercanos a 5 y se asocian a carnes pálidas, blandas y exudativas (PSE) (Horcada y Polvillo, 2010).

### **2.2.2 Pérdida por descongelación**

La congelación es un excelente método para la preservación de carnes, resultando en mínimos cambios en sus propiedades cualitativas y organolépticas. Sin embargo, durante la descongelación posterior se produce una exudación que si es demasiado abundante resulta en la disminución de la calidad del alimento (Teira *et al.*, 2004).

Alcivar y Ostaiza (2017) mencionan que las pérdidas de peso que sufren los músculos durante la descongelación son menores al de los músculos cuando permanecen unidos al esqueleto, eso tiende a reducir la exudación al mínimo; deben descongelarse lentamente para reducir el goteo. Los animales bien nutridos y con grasa abundante pierden menos peso que los magros.

### **2.2.3 Pérdida por goteo**

La pérdida por goteo (PPG) es la cantidad de líquido exudado en la superficie de la carne, sin la aplicación de una fuerza mecánica externa, utilizando únicamente la gravedad. El exudado es básicamente agua y proteína cruda (PC) que se liberan del músculo posterior al *rigor mortis*. La medición de la PPG se ve afectada por: 1) El tiempo que dure la medición; y 2) La geometría de la pieza, se tendrá una mayor pérdida en una pieza delgada, en comparación con una de mayor grosor (Braña *et al.*, 2011).

#### **2.2.4 Pérdida por cocción**

La carne cruda de los mamíferos inmediatamente después del sacrificio contiene en promedio, un 75% de agua, porcentaje que varía con la especie de procedencia y el músculo que se considere. Parte de esta agua se pierde por evaporación durante el enfriamiento de las canales (las de bovino pierden hasta un 2% de su peso y en corderos sin destetar estas pérdidas pueden llegar a ser de un 5%) o por goteo, como consecuencia de la sección de los tejidos, según el grado de división de la carne puede perderse hasta un 6%, porcentaje que llega a duplicarse tras la descongelación y que puede ser mayor aún en las carnes PSE. Las mayores pérdidas de agua, sin embargo, se producen en el cocinado de la carne, pérdida por cocción (PPC), pérdidas que pueden superar el 40%. Hay que tener en cuenta, no solo el tiempo de cocción sino también el tipo de cocinado, en función de la temperatura, presencia de agua, calor directo, tamaño, grosor y preparación previa de la pieza (Díaz, 2011).

La temperatura de cocción influye en la PPC y en consecuencia sobre la jugosidad. Una cocción mínima (exterior cocido y centro crudo) limita las pérdidas de agua a un 15%. Una cocción más intensa puede aumentar las pérdidas de cocción al 25 a 30% del peso original (Garriz, 2001).

#### **2.2.5 Capacidad de retención de agua**

Se puede definir como la aptitud de la carne para mantener ligada su propia agua, incluso bajo la influencia de fuerzas externas (presión, calor, etc.), o también como la aptitud para fijar agua añadida. Muchas de las propiedades sensoriales de la carne como son color, textura y firmeza, están relacionadas con la cantidad de agua que se tiene contenida o retenida en la carne (Braña *et al.*, 2011). Al ser tan abundante la pérdida de agua toma importancia debido a que afecta de manera negativa el rendimiento de la carne durante su almacenamiento o venta. El agua se encuentra en la carne en tres diferentes formas: agua ligada, agua inmovilizada y agua libre. La pérdida de esta última es la de mayor importancia en el enfriamiento y almacenamiento de las canales, dicha pérdida ocurre por evaporación y goteo (Casas, 2021).

La distribución del agua en el músculo depende de la interacción proteína-agua y de la interacción proteína-proteína de los espacios del retículo proteico muscular donde se albergan las moléculas de agua (efecto estérico). Aproximadamente, el 70% del agua constitutiva de la carne fresca se encuentra en las miofibrillas musculares, el 20% en el sarcoplasma y el resto en el tejido conjuntivo. El agua que se mantiene unida a la estructura del músculo únicamente por fuerzas superficiales se denomina “agua libre” y es fácilmente expulsada del músculo al aplicar una fuerza externa, como por ejemplo la masticación (Horcada y Polvillo, 2010).

### **2.2.6 Color**

Está demostrado que el color de la carne es el principal atributo que se fija el consumidor al momento de adquirirla, en tanto que la terneza y el sabor son los principales atributos en el momento de consumirla (Desdémona, 2023).

El color de la carne depende en gran medida de la edad, genética, temperamento, localización anatómica del músculo y el alimento que haya consumido el animal (Fábregas, 2002). En relación con la edad, se caracteriza por su intenso color rojo que viene determinado por la elevada cantidad de mioglobina presente en esta carne (3.8 mg/100 g). De todas las especies de mamíferos destinadas a la producción cárnica el contenido más elevado de mioglobina se presenta en la especie equina (Franco *et al.*, 2011; Cipollone, 2012; Lanz, 2016; Vanegas y Gutiérrez, 2016; Hernández, 2018).

El color se asocia con el pH y con el tiempo de maduración. El estrés *pre mortem* puede producir alteraciones en el pH final de la carne y, en consecuencia, afectar a su color. A pesar de que varios pigmentos están presentes en el músculo, la oxidación de la mioglobina a oximioglobina es el principal contribuyente en el color rojo brillante característico de la carne. Hay razones para que el color oscuro aparezca: 1) Carne de un pH final alto tiene mayor CRA que carne con pH final bajo o normal, este resultado es debido a una estructura cerrada, la cual disminuye la velocidad de difusión de O<sub>2</sub> y por lo tanto la pigmentación por oxigenación, en consecuencia, decrece la cantidad de luz reflejada en la superficie de la carne; y 2) La causa de la apariencia oscura es la

relación de un elevado pH relacionado con la actividad mitocondrial. La mitocondria sobrevive y funciona mejor en el periodo *postmortem* en el tejido de músculos con elevados valores de pH. El aumento de la actividad mitocondrial tiene como resultado un elevado consumo de O<sub>2</sub> por el tejido y una aceleración en el oscurecimiento (Hernández *et al.*, 2013). Sin embargo, Medina *et al.* (2002) menciona que el color rojo brillante de la oximioglobina en la superficie de la carne fresca indica que, al menos la descomposición, es muy limitada. La conversión de dicho color al pardo de la metamioglobina es producida por la oxidación del hierro, se relaciona con el resultado de la acción bacteriana.

El color percibido por los compradores depende del animal, pero también de las condiciones de manejo y conservación de la carne: envasado, duración y temperatura de conservación. La ausencia de O<sub>2</sub> del "envasado el vacío" prolonga la vida útil del producto, pero el color de la carne aparece oscuro. El envasado en "atmósfera controlada" (mezcla de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>) mantiene el color rojo de la carne, pero dura menos que envasada al vacío (Garriz, 2001).

### **2.2.7 Terneza**

La terneza de la carne es el carácter organoléptico más importante (Karges *et al.*, 1999;) que influencia la satisfacción de los consumidores (Álvarez y Moreira, 2005), es un conjunto de sensaciones distintas, de ellas la dureza-terneza es la más importante, ya que la carne cocida explicaría el 67% de la variación de la terneza (Bautista *et al.*, 2016).

Álvarez y Moreira (2005) y Bianchi *et al.* (2004) mencionan que la terneza es producida por la degradación de las PC estructurales del músculo debido a la acción de enzimas endógenas, proceso conocido como proteólisis *post mortem*, motivo por el cual la carne es madurada. Las diferencias en el ritmo y la magnitud de este proceso constituyen la mayor fuente de variación de la carne madurada. Mientras que Desdémona (2021) menciona que las estimaciones indican que, dentro de una misma raza, la genética controla el 30% de la variación de la terneza y el 70 % por el medio ambiente (alimentación, uso de aditivos, estrés, enfriamiento de las canales, tiempo de maduración *postmortem*, etc.) (Fernández, 2018).

Garriz (1994) y Latorre *et al.* (2017) reporta que en general el músculo contraído produce carne dura y el relajado, carne tierna. Con la canal colgada y durante la rigidez cadavérica, el estado de contracción final depende de las fuerzas que se impongan sobre el músculo, si se mantiene el músculo estirado ("stretched") mejora la ternura. Distintas maneras de posicionar la canal cambian el diámetro y longitud muscular y la ternura de la carne. Mientras que Smith y Carpenter (1974) concluyeron que una mayor cantidad de grasa subcutánea y/o marmoleo aisle los músculos o las fibras musculares durante el enfriamiento *post mortem*, disminuyendo así la velocidad de descenso de la temperatura, aumentando la actividad de las enzimas proteolíticas en el músculo y reduciendo el grado de acortamiento de las fibras musculares, aumentando así la ternura del músculo cocido.

Entre los métodos instrumentales utilizados para medir la ternura del producto se pueden encontrar medidas de corte y compresión que permiten estudiar la resistencia al corte (WBSF) del producto y obtener además diferentes parámetros como dureza, cohesividad, gomosidad y masticabilidad (Amatrial, 2012). Sin embargo, el método más utilizado se aplica la técnica de Warner – Bratzler. Esta técnica fue creada en 1928 por Warner y Bratzler. Se trata de una célula de cizallamiento asociada a un texturómetro que mide la fuerza requerida para efectuar un corte de una muestra en el sentido perpendicular de las fibras musculares. Con este sistema, además de determinar la fuerza máxima de corte, se obtiene amplia información del comportamiento del alimento gracias a la disponibilidad de la curva completa, en la cual se refleja la resistencia del alimento a la fuerza aplicada en función del tiempo (Amatrial, 2012).

### **2.2.8 Sabor**

El sabor que emana la carne cruda es ligeramente salino (similar al de la sangre). Debido a la cocción y como consecuencia de factores semejantes a los que contribuyen a la formación del aroma se distinguen según se trate de carnes asadas, hervidas o fritas. La especie, edad y tipo de alimentación, así como las condiciones de almacenamiento, contribuyen notablemente al sabor. La diferencia de concentración de los componentes sápidos, así como un mayor contenido del



pigmento mioglobina determinan que la carne del animal adulto pueda resultar más sabrosa que las de los animales muy jóvenes (Casas, 2019).

### **2.2.9 Jugosidad**

La cantidad de grasa intramuscular es un dato muy importante, ya que va a determinar la jugosidad de la carne. La jugosidad de la carne viene determinada por la cantidad de agua retenida por el músculo y por la cantidad de grasa que contiene representa, en cierto modo, la percepción de la humedad en el momento del consumo, pudiendo distinguir dos componentes: 1) Jugosidad inicial: el jugo liberado durante la masticación; y 2) Jugosidad mantenida: por la grasa infiltrada que se funde, tapizando la cavidad bucal y, al mismo tiempo, estimulando la secreción de saliva que se va a unir al jugo liberado (Varela *et al.*, 2001; Plaza, 2011).

### **2.3 Normativas del uso de aditivos en la alimentación animal**

Las Normas Oficiales Mexicanas NOM-061-ZOO-1999, Especificaciones zoosanitarias de los productos alimenticios para consumo animal, es de observancia obligatoria en todo el territorio nacional y tiene por objeto establecer los requisitos y especificaciones zoosanitarias que deben cumplir los productos alimenticios terminados de consumo animal, para evitar que éstos se constituyan en un riesgo a la salud animal y humana; y NOM-012-ZOO-1993, Especificaciones para la regulación de productos químicos, farmacéuticos, biológicos y alimenticios para uso en animales o consumo por éstos, esta norma es de observancia obligatoria en todo el territorio nacional y tiene por objeto establecer las especificaciones para la producción, almacenamiento, distribución, comercialización, control de calidad y constatación, que deben cumplir los productos para uso o consumo animal (SADER, 2012; SEGOB, 2018).

### **2.4 Clasificación de aditivos alimenticios**

Los aditivos utilizados en la alimentación de los animales (García y García, 2015; Valdivia *et al.*, 2019) son sustancias que se administran en pequeñas dosis para mejorar la utilización digestiva y metabólica de los alimentos y así

incrementar las producciones o mejorar la calidad del producto obtenido, han sido utilizados fundamentalmente en la alimentación (López *et al.*, 2003) de aves (Angus *et al.*, 2019), cerdos y rumiantes (Cobellis *et al.*, 2016), pueden causar una respuesta beneficiosa en aspectos como el pH ruminal, el crecimiento o en la modificación de metabolismo (Hutjens, 2013); tienden a clasificarse en categoría la cual describe su acción en el alimento o en el animal. Las categorías son: a) Tecnológicos: no actúan directamente sobre el valor nutricional de los alimentos, incluyen conservantes, antioxidantes, emulgentes, estabilizantes, espesantes, antiaglomerantes, reguladores de la acidez, aditivos para ensilaje y desnaturizantes, etc. (Carrillo *et al.*, 2000); b) Sensoriales: promueven la palatabilidad de una dieta estimulando el consumo voluntario (colorantes y aromatizantes); c) Nutricionales: suministran un nutriente específico necesario para que el animal tenga un óptimo desempeño productivo (vitaminas, aminoácidos y minerales); d) Zootécnicos: promueven el estado actual de los nutrientes del animal: no proveen nutrientes específicos, sino que facilitan el uso más eficiente de los nutrientes presentes en la dieta de los animales, incluyen grupos funcionales como los digestivos, probióticos, prebióticos, enzimas, hormonas (Vedovatto *et al.*, 2020); y e) Coccidiostáticos e histomonóstatos: controlan la salud intestinal, evitando la presencia masiva de gérmenes patógenos o dañinos al animal (Carro *et al.*, 2006; Troncoso, 2015). Los factores que deben considerarse para determinar si un aditivo alimenticio debería ser utilizado son: 1) Respuesta prevista, cambios de rendimientos esperados: mayor producción de leche, estimulación del crecimiento microbiano en rumen, eficiencia alimenticia (EA), reducción de la incidencia de cetosis y acidosis, etc.; 2) Retorno económico, refleja el beneficio económico del uso de un determinado aditivo; 3) Investigación, esencial para determinar si respuestas observadas en condiciones experimentales pueden también esperarse en condiciones de campo; y 4) Resultados, obtenidos en una granja individual son la base del cálculo económico (Hutjens, 2013).

## **2.5 Principales aditivos usados en producción pecuaria**

Los aditivos para dietas de corrales de finalización son considerados una de

las herramientas más importantes para reducir los costos de alimentación o para obtener mayor EA, promoviendo mayores ganancias diarias de peso (GDP) o mejorando la rentabilidad dependiendo de su mecanismo de acción (Valdés-García *et al.*, 2011; Mendoza y Ricalde, 2016; Martínez *et al.*, 2017). Y deben cumplir con algunas funciones: 1) Características del alimento; 2) Características de los productos animales; 3) Satisfacer las necesidades alimenticias de los animales; 4) Repercusiones medioambientales de la producción animal; 5) Producción, la actividad o el bienestar de los animales, especialmente actuando en la flora gastrointestinal o la digestibilidad de los alimentos; y 6) Tener efecto coccidiostático o histomonostático (Carro *et al.*, 2006).

En la actualidad en México, es muy común en corral de engorda el uso de agonistas  $\beta$ -adrenérgicos ( $\beta$ AA, por sus siglas en inglés), los únicos aprobados por la Norma Oficial Mexicana son el clorhidrato de ractopamina (CR) y CZ (Vedovatto *et al.*, 2020). Otras alternativas recientemente implementadas, en corral de engorda, es el uso de compuestos naturales de origen vegetal, mejor conocidos como fitoquímicos que son metabolitos secundarios no nutricionales; se clasifican de acuerdo a su función biológica, origen, estructura química o pureza, en: 1) Polifenoles; 2) Isoprenoides; 3) AE; y 4) Fitoestrógenos. La forma de uso puede ser utilizando partes enteras o subproductos de la planta, tales como raíces, hojas, corteza; o bien, los compuestos bioactivos presentes en la planta como AE, compuestos aislados o mezclas de compuestos (Peña-Torres, 2020).

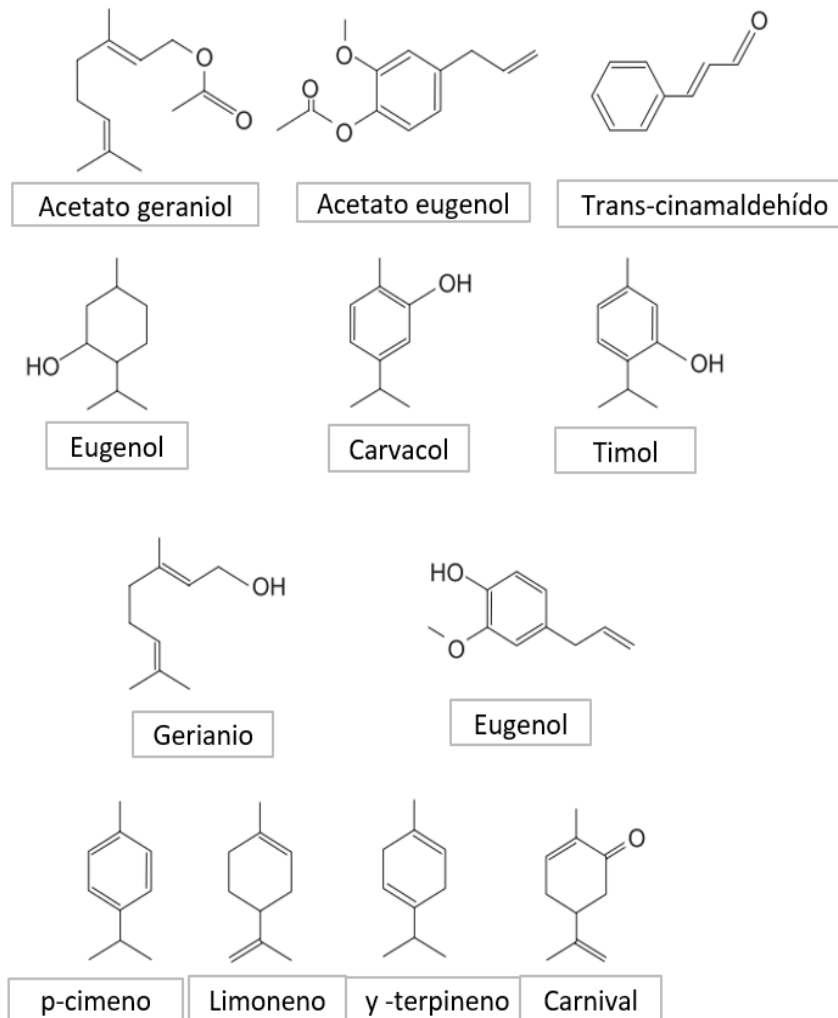
## **2.6 Aceites esenciales**

### **2.6.1 Generalidades**

Los AE, también son conocidos como aceites volátiles o etéreos (Burt, 2004; Baroto, 2022), naturales y complejos (Bakkali *et al.*, 2008) producidos por las plantas. Contrariamente a su nombre, los AE no son verdaderos aceites (es decir, lípidos) (Benchaar *et al.*, 2007), químicamente son mezclas complejas de metabolitos secundarios (Parta, 2011; Cobellis *et al.*, 2016). La mayoría de los compuestos de los AE son lipofílicos, y la densidad general de la mayoría de los AE es inferior a la del agua (Benchaar *et al.*, 2007). Estos compuestos aromáticos

son extraídos por destilación al vapor o extracción con solventes (Benchaar *et al.*, 2008). Los AE pueden contener sustancias químicas diferentes (20-60 componentes en cada AE), se componen principalmente de monoterpenos, los hidrocarburos cíclicos y sus derivados como alcoholes, aldehídos, ésteres, hidrocarburos, cetonas (Figura 1) (Wallace *et al.*, 2004).

Los principios activos que se encuentran en los AE se clasifican en dos grupos químicos: 1) Terpenoides ( $C_{10}H_{16}$ ; derivados de las vías del mevalonato y la desoxixilulosa (Cobellis *et al.*, 2016), se sintetizan cuando isoprenos se asocian con elementos adicionales, como  $O_2$  (Benchaar *et al.*, 2007) y se denominan terpenoides o isoprenoides. Son el grupo más numeroso y diversificado ( $C_5H_8$ ), denominada unidad isopreno, dentro de los cuales se encuentra el limoneno, timol, eugenol, carvacrol, linalol y carvon (Bakkali *et al.*, 2008), se clasifican en función del número de unidades: a) Monoterpenos ( $C_{10}$ ), son las moléculas más representativas, constituyen el 90% de AE, están formados por varios tipos de compuestos con una variedad de radicales funcionales, como carburos, alcoholes (geraniol, limoneno, mentol), aldehídos, cetonas, ésteres, éteres, peróxidos y fenoles (Bodas *et al.*, 2012), son capaces de alterar las tasas de consumo por los herbívoros, de descomposición, mineralización, nitrificación y desnitrificación (Griffin *et al.*, 1999); b) Sesquiterpenos ( $C_{15}$ ), tienen una estructura y función similares a las de los monoterpenos (Campos y Silva *et al.*, 2021); c) Diterpenos ( $C_{20}$ ), son ácidos que componen resinas de gimnospermas, y compuestos como el fitol, el tocoferol y el retinol; d) Triterpenos ( $C_{30}$ ) son uno de las subclases de terpenos más importantes debido a su amplia distribución en el reino vegetal y a sus aplicaciones en farmacología (esteroides, saponinas triterpénicas o esteroideas y los glucósidos cardiotónicos); e) Tetraterpenos ( $C_{40}$ ), consisten en carotenoides y xantofilos; f) Triterpenos ( $C_{30}$ ); y g) Hemiterpenos ( $C_5$ ) (Bodas *et al.*, 2012); y 2) Fenilpropanoides, son menos comunes, poseen cadenas de  $C_3$  ligados a anillos aromáticos de  $C_6$  y derivan en su mayoría de la fenilalanina (Polin *et al.*, 2014). Los fenilpropanoides (cinamaldehído, eugenol, anetol, miristicina y safrol) están presentes en tejidos vegetales.



**Figura 1.** Estructuras de compuestos de aceites esenciales (Burt, 2004; Wallace *et al.*, 2004; Benchaar *et al.*, 2007).

Los AE se componen de mezclar moléculas de bajo peso y se obtienen por destilación al vapor, hidrodestilación, extracción con disolventes orgánicos, destilación asistida por microondas, hidrodifusión por microondas y gravedad, extracción con disolventes a alta presión, extracción con disolventes supercríticos, etc. La destilación por arrastre de vapor es el método más utilizado para la producción comercial de AE (Burt, 2004; Dorantes-Iturbide *et al.*, 2020)

Los AC se pueden obtener de cualquier parte de la planta (raíces, corteza, semillas flores, pétalos, hojas, frutos y tallos) (Bodas *et al.*, 2011) y de diferentes plantas, como, orégano (*Origanum vulgare*) (Janacua-Vidales *et al.*, 2018), laurel (*Laurus nobilis L.*), clavo (*Syzygium aromathicum*), tomillo (*Thymus algeriensis Boiss*); cítricos como naranja (*Citrus sinensis*), limón (*Citrus limon*), toronja (*Citrus grandis L.*); otros como ajo (*Allium sativum*), cebolla (*Allium cepa L.*), canela (*Cinnamomum zeylanicum*), pimienta (*Piper nigrum*) (Martínez *et al.*, 2015).

### **2.6.2 Mecanismo de acción**

Entre los beneficios que tiene el uso de AC en la alimentación animal se encuentran sus propiedades antimicrobianas (Angus *et al.*, 2019; Molina, 2019) contra distintos tipos de microorganismos (bacterias, protozoos y hongos) (Benchaar *et al.*, 2007), antioxidantes, antiparasitarias, antiinflamatorias (Bakkali *et al.*, 2008; Windisch *et al.*, 2008), antidiarreicas y antimicóticas (Pol y Smid, 1999; Campos e Silva *et al.*, 2021); mejoran la conversión alimenticia (CA) (Valverde, 2002; Gómez-Gurrola *et al.*, 2017), estimulan enzimas digestivas y dan mejor sabor a los alimentos, ya que el fuerte olor de los AE puede penetrar en músculos y órganos, mejorando su sabor y sus valores de almacenamiento y procesado (Kirkpinar *et al.*, 2014). Además de su uso como aditivo nutricional puede mejorar la fermentación ruminal, así como la producción de ácidos grasos volátiles (AGV) (Cobellis *et al.*, 2016,) y el desempeño productivo e incluso reducir la producción de CH<sub>4</sub> en los rumiantes (Balderas, 2015; Martínez *et al.*, 2015; Amanzougarene *et al.*, 2017; Montero-Recalde *et al.*, 2017; Dorantes-Iturbide *et al.*, 2020; Chávez-Soto *et al.*, 2021). La inclusión en la dieta de una mezcla de AE disminuye 6.6% (Santan *et al.*, 2014) y 2.43% (Wallace *et al.*, 2004) la producción de NH<sub>4</sub> a partir de aminoácidos en el líquido ruminal de ovinos y bovinos (Bodas *et al.*, 2012).

Este efecto está mediado en parte por los efectos sobre las bacterias hiperproductoras de  $\text{NH}_3$  y las bacterias ruminales fermentadoras de proteínas y almidón (Santan *et al.*, 2014). Idealmente, el  $\text{CH}_4$  debería verse afectado por un efecto primario y selectivo de los AE a través de la inhibición directa de las arqueas metanogénicas y/o la depresión de los procesos metabólicos microbianos implicados en la metanogénesis. En algunos casos, el  $\text{CH}_4$  se ve afectado como resultado de los efectos de los fitofactores sobre la fermentación ruminal para redirigir los procesos hacia reacciones metabólicas que resulten en una menor producción de  $\text{CH}_4$  (Chávez *et al.*, 2008; Bodas *et al.*, 2012; Belanche *et al.*, 2020). En cerdos influyen en la protección de la pared intestinal, y ofrece una línea de defensa contra patógenos. Las células epiteliales que conforman la pared del intestino necesitan estar saludables para neutralizar las toxinas y que los patógenos no puedan pasar directamente al torrente sanguíneo (Berk, 1980; Caicedo *et al.*, 2022).

Además, los AE, presentan una acción bactericida sobre las Gram negativas y Gram positivas (Zhao *et al.*, 2023), al ser sustancias hidrófobas, estas, ocupan los espacios entre las cadenas de ácidos grasos presentes en la membrana fosfolipídica gracias a pequeño tamaño ejerciendo su efecto antimicrobiano mediante la alteración de la permeabilidad de la membrana, interrumpiendo los procesos de transporte de iones y la interacción con las proteínas y otros componentes citoplasmáticos. Esto altera la estructura de las membranas, haciéndolas más fluidas y permeables, permitiendo la fuga de contenido citoplásmico y otros iones. Como medida de defensa, las bacterias intentan contrarrestar los efectos realizando una concentración de energía sobre la bomba de iones trayendo consigo un crecimiento lento de las bacterias que se va a ver reflejado en cambios de la proporción poblacional de las bacterias a nivel ruminal (Rueda, 2019).

Los AE enteros tienen una mayor actividad antibacteriana que los componentes principales mezclados, lo que sugiere que los componentes menores son fundamentales para la actividad y pueden tener un efecto sinérgico o una influencia potenciadora (Burt, 2004; Rodríguez *et al.*, 2021).

Se han sugerido varios sinergistas potenciales para su uso con AE: pH bajo, baja actividad del agua, baja tensión de O<sub>2</sub>, calor suave y presión. Se ha demostrado que el cloruro sódico (NaCl) actúa como sinérgico y antagonista en diferentes circunstancias con los AE y/o sus componentes (Pol y Smid, 1999). Sinergismo entre el NaCl y el aceite de menta contra *S. enteritidis* y *L. monocytogenes*. El uso combinado de 2-3% de NaCl y 0.5% de polvo de clavo (que contiene eugenol y acetato de eugenilo) en extracto de músculo de caballo, se ha descubierto que impide totalmente el crecimiento y la producción de histamina por parte de *E. aerogenes*. El mecanismo sugerido de eugenol aumenta la permeabilidad de las células, tras lo cual el NaCl inhibe la producción de histamina las células y el crecimiento por su acción sobre las enzimas intracelulares (Wendakoon y Sakaguchi, 1994)

A pH 7 la acción sinérgica de la nisina y el carvacrol fue significativamente mayor a 30°C que a 8°C, lo que parece indicar cambios inducidos por la temperatura en la permeabilidad de la membrana citoplasmática (Periago y Moezelaar, 2001). No se conoce el mecanismo de sinergia. Anteriormente, se planteó la hipótesis de que el carvacrol puede aumentar el número, tamaño o duración de los poros creados por la nisina en la membrana celular. Más tarde se hizo evidente que esto no era así, el mecanismo puede estar en la disipación mejorada del potencial de la membrana y reducción del gradiente de pH y del ATP intracelular (Pol y Smid, 1999). En aves que consumieron AE durante su producción, estos influyeron en la textura de la carne, ya que el AE puede causar un efecto restrictivo en el metabolismo ante mortem y previene un mayor daño de las proteínas miofibrilares y estructura de la carne de pechuga (Hernández-Coronado *et al.*, 2019).

#### **2.6.2.1 Eugenol**

El eugenol es un derivado fenólico conocido como esencia de clavo, por sus propiedades farmacológicas tiene diferentes usos. Sus efectos farmacológicos son complejos y dependen de la concentración del eugenol libre a la cual el tejido se expone (Maldonado *et al.*, 2008). Es un bloqueador irreversible de la conducción nerviosa y en concentraciones bajas, es capaz de reducir la transmisión sináptica



de la zona neuromuscular; inhibe la ciclooxigenasa, favoreciendo el efecto analgésico y anestésico al lograr la inhibición de la biosíntesis de las prostaglandinas; reduce la transmisión sináptica en la unión neuromuscular. El hecho de que el eugenol inhiba la actividad nerviosa y los componentes vasculares de la respuesta inflamatoria, así como la relación entre estos elementos, puede estar vinculado con sus posibles efectos antiinflamatorios (González, 2002).

#### **2.6.2.2 Limoneno**

El D-limoneno es uno de los monoterpenos o sustancias aromáticas producidas por un gran número de especies vegetales más utilizadas en la industria, ya sea para la manufactura de alimentos o perfumes como de medicamentos o detergentes, incluso de disolventes biodegradables y para sustituir otros disolventes tóxicos. Los frutos de las distintas variedades de cítricos poseen también altos contenidos en D-limoneno, especialmente en su piel o cáscara (Windisch *et al.*, 2008; Coello-Cedeño, 2020).

#### **2.6.2.3 Timol**

El timol, un monoterpeno fenólico (isopropilmetacresol, 2-isopropil-5metilfenol) es el agente antimicrobiano más activo de los constituyentes de los AE. Comprende más de 20 ingredientes los cuales son antioxidantes fenólicos (Roofchae *et al.*, 2011); uno de los principales compuestos es el tomillo (*Thymus vulgaris*) y de orégano (*Origanum vulgare*) (78-82%) y en otras fuentes naturales como los AE de mandarina y tangerina (Falcone *et al.*, 2005; Benchaar y Greathead, 2011).

Balderas (2015) señala que extractos como el timol produce una acumulación de aminoácidos y una reducción en la concentración de NH<sub>4</sub>. Por lo que se sugiere que el efecto principal de los AE es sobre el metabolismo proteico, de igual manera, pueden llegar a ser una alternativa natural al uso de antibióticos de síntesis, a través de la dieta (Domínguez-Martínez *et al.*, 2015). Diversos autores como Roofchae *et al.* (2011), Betancourt *et al.* (2012), Velasco *et al.* (2017), Madrid-Garcés *et al.* (2018) y Aquino-López *et al.* (2020) manifiestan que los AE de orégano (*Lippia organoides*) se han propuesto como aditivos naturales

para uso en la alimentación (Windisch *et al.*, 2008) de ovinos y cerdos (Juste *et al.*, 2009), presentando aumentó del 12% en consumo de materia seca (CMS) (Bahramkhani-Zaringoli *et al.*, 2022), 4.5% EA (Latack *et al.*, 2022), 11.14% GDP (Estrada-Angulo *et al.*, 2022), disminuyendo 1.38% PPG (Estupiñán *et al.*, 2022), 7.2% CRA (Barraza-Santo *et al.*, 2021).

### **2.6.3 Efectos de los aceites esenciales sobre comportamiento productivo**

#### **2.6.3.1 Consumo de materia seca**

Escobedo-Gallegos *et al.* (2023) evaluaron la combinación de AE en ovinos en finalización, y observaron que 300 mg/kg PV/d de AE (carvacrol + cinamaldehído) más probióticos, aumentan el 5% el CMS ( $P<0.05$ ). Igualmente, Mendoza-Cortéz *et al.* (2022) reportan que la adición de AE (119.12 mg/kg PV) más HyD<sub>3</sub> en bovinos aumentó 84.4% el CMS ( $P=0.06$ ). Meschiatti *et al.* (2018) reportaron aumentos del 8.4% ( $P<0.001$ ) en bovinos alimentados con AE más  $\alpha$ -amilasa exógena (90 mg/kg PV/d + 560 mg/kg PV/d. Por el contrario, la mezcla de 120 mg de AE más 0.12 mg/kg PV/d de HyD<sub>3</sub> en ganado bovino, no mostro diferencias significativas ( $P>0.05$ ) (Estrada-Angulo *et al.*, 2022) (Cuadro 1).

#### **2.6.3.2 Eficiencia alimenticia**

La suplementación de AE + HyD<sub>3</sub> en bovinos incremento la EA 4.5% ( $P<0.05$ ) (Latack *et al.*, 2022). Pero Wang *et al.* (2020), señala que también en bovinos puede disminuir 6.6% la EA ( $P=0.07$ ). Sin embargo, Meschiatti *et al.* (2018) no observo efectos significativos ( $P>0.05$ ) en bovinos.

#### **2.6.3.3 Ganancia diaria de peso**

Escobedo-Gallegos *et al.* (2023) demostró que la adición de 300 mg/kg PV/d de AE (carvacrol y cinamaldehído) más 2 g de probiótico, en ovinos en finalización, aumenta 4.3% la GDP ( $P\leq 0.05$ ). Igualmente, Estrada-Angulo *et al.* (2022) con la mezcla de 120 mg/kg PV/d de AE más 0.12 mg/kg PV/d de HyD<sub>3</sub> en bovinos, aumentó el 11.4% la GDP ( $P=0.04$ ). Similar a los anteriores, Mendoza-Cortéz *et al.* (2022) reportaron que la adición de AE (119.12 mg/kg PV/d) más HyD<sub>3</sub> en bovinos de finalización aumento la GDP 9.1% ( $P<0.01$ ). Por otro lado,

**Cuadro 1.** Efecto de la inclusión de aceites esenciales (AE) en dietas de finalización de bovinos y ovinos sobre el consumo de materia seca y eficiencia alimenticia.

Variable de respuesta	Testigo	AE	Valor de P	Dosis mg, día	Inclusión, días	Combinación AE	Modelo animal		Dieta	Referencia
							Especie	Peso Inicial, kg		
Consumo de materia seca, kg/d	0.98	1.03	<0.05	300	121	Carvacol y canela	Ovinos Pelibuey x Katahdin	17.9 ± 2.51	12% forraje y 88% concentrado	Escobedo-Gallego <i>et al.</i> , 2023
	7.85	7.96	>0.05	120	87	AE + 25-Hidroxi-vit-D3	Bovino	349.5 ± 8.25	12% forraje y 88% concentrado	Estrada-Angulo <i>et al.</i> , 2022
	6.94	7.25	=0.06	119.12	84	AE + 25-Hidroxi-vit-D3	Bovino	228.0 ± 7.1	20% forraje y 80% concentrado	Mendoza-Cortéz <i>et al.</i> , 2022
	0.34	0.39	>0.05	20	72	Bagazo de orégano + AE de orégano	Conejos	0.778 ± 0.190	3.60% forraje y 96.4% concentrado	Aquino-López <i>et al.</i> , 2020
	7.42	8.05	<0.001	560	93	Aceites esenciales + α-amilasa exógena	Bovino Nellore	330 ± 33	8% bagazo de caña de azúcar y 92% concentrado	Meschiatti <i>et al.</i> , 2018
Eficiencia alimenticia	0.233	0.244	<0.05	200	112	AE + 25-Hidroxi-vit-D3	Bovino Holstein	123 ± 7	4% forraje y 96% concentrado	Latack <i>et al.</i> , 2022
	0.16	0.15	=0.07	44	98	AE	Bovino	593 ± 36	15.3% forraje y 84.7% concentrado	Wang <i>et al.</i> , 2020
	0.183	0.192	>0.05	560	93	Aceites esenciales + α-amilasa exógena	Bovino Nellore	330 ± 33	8% bagazo de caña de azúcar y 92% concentrado	Meschiatti <i>et al.</i> , 2018

Meschiatti *et al.* (2018) observaron aumentos de solo el 1.6% en GDP ( $P<0.04$ ) en bovinos suplementados con AE (90 mg/kg PV/d + 560 mg/kg PV/d). En cambio, Wang *et al.* (2020) no reportaron efectos ( $P>0.05$ ) (Cuadro 2).

#### **2.6.3.4 Peso final**

Escobedo-Gallegos *et al.* (2023) mencionan, que usar AE en la dieta de ovinos de finalización en dosis de 300 mg/kg PV/d, aumentos del 4% ( $P\geq 0.05$ ) en el peso final (PF). Igualmente, Meschiatti *et al.* (2018) reportan un aumento del 2.1% ( $P<0.04$ ) con AE (560 mg/kg PV/d) en bovinos. No obstante, en algunos estudios donde se adicionó AE, no reportaron diferencia entre tratamientos (Estrada-Angulo *et al.*, 2022; Latack *et al.*, 2022; Wang *et al.*, 2020) ( $P>0.05$ ) (Cuadro 3).

### **2.6.4 Efectos de los aceites esenciales sobre características de la canal**

#### **2.6.4.1 Espesor de la grasa dorsal**

Autores como Estrada-Angulo *et al.* (2022) y Latack *et al.* (2022) reportan que adicionar AE en ovinos en etapa de finalización, no mostro efecto sobre el espesor de grasa dorsal (EGD) ( $P>0.05$ ). Sin embargo, Escobedo-Gallegos *et al.* (2023) reportaron que a una dosis de 500 mg/kg PV/d de AE en ovinos en finalización bajo estrés calórico, aumento 14.2% ( $P<0.01$ ) el EGD. Sin embargo, Al-Obaidi *et al.* (2020), reportan que la adición de 500 mg/kg PV/d durante 90 d, disminuye 30.4% el EGD ( $P<0.05$ ) (Cuadro 4).

#### **2.6.4.2 Área de *Longissimus***

Escobedo-Gallegos *et al.* (2023) Usando AE en dietas de ovinos de finalización, a una dosis de 300 mg/kg PV/d, aumento 2.9% ( $P<0.05$ ), el área del músculo *Longissimus dorsi* (LD). Estrada-Angulo *et al.* (2022), reportaron de igual manera un aumento del 8.6% ( $P<0.01$ ) en esta variable, al incluir 120 mg/kg PV/d en bovinos en un periodo de 87 d. Al-Obaidi *et al.* (2020). Asimismo, la adición de 560 mg/kg PV/d de AE en ovinos de finalización, alimentados durante 90 d, aumento 18.4% el área del MLD ( $P<0.05$ ). Sin embargo, otros autores mencionan que la adición de AE no tuvo efecto en el MLD en bovinos (Latack *et al.*, 2022; Meschiatti *et al.*, 2018) (Cuadro 5).

**Cuadro 2.** Efecto de la inclusión de aceites esenciales (AE) en dietas de finalización de rumiantes sobre ganancia diaria de peso.

Variable de respuesta	Testigo	AE	Valor de P	Dosis mg, d	Inclusión, días	Combinación AE	Modelo animal		Dieta	Referencia
							Especie	Peso Inicial, kg		
Ganancia diaria de peso, g/d	0.23	0.2	<0.05	300	121	Carvacol y canela	Ovinos Pelibuey x Katahdin	17.9±2.51	12% forraje y 88% concentrado	Escobedo-Gallego <i>et al.</i> , 2023
	1.41	1.4	=0.04	120	87	AE + 25-Hidroxi-vit-D3	Bovino	349.5 ± 8.25	12% forraje y 88% concentrado	Estrada-Angulo <i>et al.</i> , 2022
	1.32	1.4	<0.01	119.12	84	AE + 25-Hidroxi-vit-D3	Bovino	228.0±7.1	20% forraje y 80% concentrado	Mendoza-Cortéz <i>et al.</i> , 2022
	1.99	2	>0.05	44	98	AE	Bovino	593 ± 36	15.3% forraje y 84.7% concentrado	Wang <i>et al.</i> , 2020
	367	373	<0.04	560	93	Aceites esenciales + α-amilasa exógena	Bovino Nellore	330 ± 33	8% bagazo de caña de azúcar y 92% concentrado	Meschiatti <i>et al.</i> , 2018

**Cuadro 3.** Efecto de la inclusión de aceites esenciales (AE) en dietas de finalización de ovinos sobre peso final.

Variable de respuesta	Testigo	AE	Valor de P	Dosis mg, d	Inclusión, d	Combinación AE	Modelo animal		Dieta	Referencia
							Especie	Peso Inicial, kg		
Peso final, kg	45.8	47.1	≥0.05	300	121	Carvacol y canela	Ovinos Pelibuey x Katahdin	17.9±2.51	12% forraje y 88% concentrado	Escobedo-Gallego <i>et al.</i> , 2023
	1.55	1.59	>0.05	200	286	AE + 25-Hidroxi-vit-D3	Bovino Holstein	123 ± 7	4% forraje y 96 % concentrado	Latack <i>et al.</i> , 2022
	472.8	474.4	>0.05	120	87	AE + 25-Hidroxi-vit-D3	Bovino	349.5 ± 8.25	12% forraje y 88 forraje	Estrada-Angulo <i>et al.</i> , 2022
	728.7	726.4	>0.05	44	98	AE	Bovino	593 ± 36	15.3% forraje y 84.7% concentrado	Wang <i>et al.</i> , 2020
	476	486	<0.05	560	93	Aceites esenciales + α-amilasa exógena	Bovino Nellore	330 ± 33	Babazo de caña de azúcar 8% y 92% concentrado	Meschiatti <i>et al.</i> , 2018

**Cuadro 4.** Efecto de la inclusión de aceites esenciales (AE) en dietas de finalización de rumiantes sobre el espesor de grasa dorsal.

Variable de respuesta	Testigo	AE	Valor de P	Dosis mg, d	Inclusión, d	Combinación AE	Modelo animal		Dieta	Referencia
							Especie	Peso Inicial, kg		
	0.217	0.2	<0.01	300	121	Carvacol y canela	Ovinos Pelibuey x Katahdin	17.9±2.51	12% forraje y 88% concentrado	Escobedo-Gallego <i>et al.</i> , 2023
Espesor de grasa dorsal, mm	0.76	0.7	>0.05	200	112	AE + 25-Hidroxi-vit-D3	Bovino Holstein	123 ± 7	4% forraje y 96 % concentrado	Latack <i>et al.</i> , 2022
	0.74	0.7	>0.05	120	87	AE + 25-Hidroxi-vit-D3	Bovino	349.5 ± 8.25	12% forraje y 88% forraje	Estrada-Angulo <i>et al.</i> , 2022
	8.43	6.5	<0.05	500	90	Aceite de clavo, sábila y laurel	Ovinos awassi	-	35% forraje y 65% concentrado	Al-Obaidi <i>et al.</i> , 2020

**Cuadro 5.** Efecto de la inclusión de aceites esenciales (AE) en dietas de animales sobre el área de *Longissimus*.

Variable de respuesta	Testigo	AE	Valor de <i>P</i>	Dosis mg, d	Inclusión, d	Combinación AE	Modelo animal		Dieta	Referencia
							Especie	Peso Inicial, kg		
Área de <i>longissimus</i> , cm <sup>2</sup>	16.7	17.2	<0.05	300	121	Carvacol y canela	Ovinos Pelibuey x Katahdin	17.9 ± 2.51	12% forraje y 88% concentrado	Escobedo-Gallego <i>et al.</i> , 2023
	82.77	89.89	<0.01	120	87	AE + 25-Hidroxi-vit-D3	Bovino	349.5 ± 8.25	12% forraje y 88% concentrado	Estrada-Angulo <i>et al.</i> , 2022
	79.4	79.9	>0.05	200	112	AE + 25-Hidroxi-vit-D3	Bovino Holstein	123 ± 7	4% forraje y 96% concentrado	Latack <i>et al.</i> , 2022
	10.73	9.06	<0.05	500	90	Aceite de clavo, sábila y laurel	Ovinos awassi	-	35% forraje y 65% concentrado	Al-Obaidi <i>et al.</i> , 2020
	67.9	68	>0.05	560	93	Aceites esenciales + α-amilasa exógena	Bovino Nellore	330 ± 33	8% Bagazo de caña de azúcar y 92% concentrado	Meschiatti <i>et al.</i> , 2018



### **2.6.4.3 Peso y rendimiento de canal caliente**

Autores como Escobedo-Gallegos *et al.* (2023), usando 300 mg/kg PV/d de AE en ovinos de finalización obtuvieron que el peso de canal caliente (PPC) aumento 2.9% y 1.4% el rendimiento de canal fría (RCF,  $P<0.05$ ). Igualmente, Estrada-Angulo *et al.* (2022), con AE y HyD<sub>3</sub>, pero en diferente dosis de 120 mg/kg PV/d en ganado bovino, tendió aumentar 1.72% el PPC ( $P=0.10$ ). En acuerdo al incremento de PCC mencionado anteriormente, al adicionar AE (0.25 mg/kg PV/d) en la alimentación de conejos Aquino-López *et al.* (2020), reportaron un aumento del 8.8% el RCC ( $P<0.0004$ ) y 9.3% en RCF ( $P<0.0001$ ). De manera similar, Angus *et al.* (2019) demostraron que la suplementación de AE en pollos de finalización, aumento el 10.1% el PCC ( $P<0.05$ ). Por el contrario, Latack *et al.* (2022) ( $P>0.05$ ) no observaron diferencia entre tratamientos (Cuadro 6).

## **2.6.5 Efectos de los aceites esenciales sobre la calidad de la carne.**

### **2.6.5.1 pH**

La adición de 0.25 mg/kg PV/d de AE en conejos incrementa 3.1% ( $P<0.0002$ ) el pH a las 24 h *postmortem* (Aquino-López *et al.*, 2020). Algo semejante ocurre con la adición de 0.40 mg/kg PV/d de AE de orégano mexicano (*Poliomintha longiflora* Gray) en carne de conejo, aumentando 1.78% en el pH ( $P<0.05$ ) a las 24 h *postmortem* (Méndez-Zamora *et al.*, 2016). Contrariamente Barraza-Santos *et al.* (2021) reportaron que en carne codorniz el pH decreció 2.3% ( $P<0.05$ ) con la adición de 0.20 mg/kg PV/d de AE (*Lippia berlandieri* Schauer) (Cuadro 7). Algunos estudios donde se adicionó AE, no reportaron efectos entre tratamientos sobre pH ( $P>0.05$ ), tal es el caso: Wang *et al.* (2020), Angus *et al.* (2019), Kirkpina *et al.* (2014), Smeti *et al.* (2014) y Smeti *et al.* (2013).

### **2.6.5.2 Pérdida por cocción**

Diversos estudios realizados en rumiantes con adición de AE, mencionan que no se vio afectada esta variable ( $P>0.05$ ) (Barraza-Santos *et al.*, 2021; Sánchez-Zamora *et al.*, 2020; Wang *et al.*, 2020; Smeti *et al.*, 2014) (cuadro 8).

**Cuadro 6.** Efecto de la inclusión de aceites esenciales (AE) en dietas de finalización de animales sobre el peso de canal caliente y canal fría.

Variable de respuesta	Testigo	AE	Valor de P	Dosis mg, d	Inclusión, d	Combinación AE	Modelo animal		Dieta	Referencia
							Especie	Peso Inicial, kg		
Peso de canal caliente, kg	26.9	27.7	>0.05	300	121	Carvacol y canela	Ovinos Pelibuey x Katahdin	17.9±2.51	12% forraje y 88% concentrado	Escobedo-Gallego <i>et al.</i> , 2023
	300.93	306.13	=0.10	120	87	AE + 25-Hidroxi-vit-D3	Bovino	349.5 ± 8.25	12% forraje y 88% concentrado	Estrada-Angulo <i>et al.</i> , 2022
	360.3	370.9	>0.05	200	286	AE + 25-Hidroxi-vit-D3	Bovino Hostein	123 ± 7	4% forraje y 96 % concentrado	Latack <i>et al.</i> , 2022
	0.442	0.481	<0.0004	0.25	72	Aceite esencial Orégano	Conejos	0.778 ± 0.190	3.60% forraje y 97.4% forraje	Aquino-López <i>et al.</i> , 2020
	1.49	1.65	<0.05	0.1	35	Aceite de pino, <i>Gardenia jasminoides</i> , <i>Cocos nucifera</i> , <i>Eucalyptus globules</i> , <i>Herba Origani</i> , <i>Gummi Myrrha</i> , <i>Gummi Boswellii</i> , <i>Cymbopogon citrates</i> y aceite de semilla de zanahoria.	Aves Lohman MB 202	-	-	Angus <i>et al.</i> , 2019
Peso de canal fría, kg	26.8	27.2	>0.05	300	121	Carvacol y canela	Ovinos Pelibuey x Katahdin	17.9±2.51	12% forraje y 88% concentrado	Escobedo-Gallego <i>et al.</i> , 2023
	297.87	301.53	>0.05	120	87	AE + 25-Hidroxi-vit-D3	Bovino	349.5 ± 8.25	12% forraje y 88% concentrado	Estrada-Angulo <i>et al.</i> , 2022
	0.430	0.470	<0.0001	0.25	72	Aceite esencial Orégano	Conejos	0.778 ± 0.190	3.60% forraje y 97.4% forraje	Aquino-López <i>et al.</i> , 2020

**Cuadro 7.** Efecto de la inclusión de aceites esenciales (AE) en dietas de finalización de animales sobre el pH a las 24 h.

Variable de respuesta	Testigo	AE	Valor de P	Dosis mg, d	Inclusión, d	Combinación AE	Modelo animal		Dieta	Referencia
							Especie	Peso Inicial, kg		
pH	6.04	5.94	<0.05	0.2	55	<i>Lippia berlandieri Schauer + Poliomintha longiflora Gray</i>	Codorniz		16% forraje y 84% concentrado	Barraza-Santos <i>et al.</i> , 2021
	5.42	5.59	>0.05	33	98	Aceites esenciales + ácido benzoico	Bovino	593 ± 36	15.3% forraje y 84.7% concentrado	Wang <i>et al.</i> , 2020
	5.18	5.8	<0.0002	20	72	AE orégano	Conejos	0.778 ± 0.190	3.60% forraje y 96.4% forraje	Aquino-López <i>et al.</i> , 2020
	6.18	6.2	>0.05	0.1	35	<i>Gardeniajasminoides, Cocos nucifera, Eucalyptus globules, Herba Origani, Gummi Myrrha, Gummi Boswellii, Cymbopogon citrates</i> y aceite de semilla de zanahoria.	Aves Lohman MB 202		-	Angus <i>et al.</i> , 2019
	5.6	5.67	< 0.05	0.40	42	<i>Origanum onites ssp</i>	Conejos	1.07 ± 0.04	100% concentrado	Méndez-Zamora <i>et al.</i> , 2016
	6.49	6.92	>0.05	0.200	56	Artemisia y romero	Ovino Barbarinelamb	35 ± 1.1	60% forraje y 40% concentrado	Smeti <i>et al.</i> , 2014
	5.84	5.76	>0.05	0.300	42	<i>Origanum onites ssp. y A. sativum L</i>	Aves Hubbard		15% forraje y 85% concentrado	Kirkpinar <i>et al.</i> , 2014
	5.71	5.7	>0.05	0.06	60	<i>Rosmarinus officinalis L.</i>	Ovino Barbarinelamb	19.9 ± 2.15	50% alfalfa y 50% concentrado	Smeti <i>et al.</i> , 2013

**Cuadro 8.** Efecto de la inclusión de aceites esenciales (AE) en dietas de finalización de animales sobre la pérdida por cocción.

Variable de respuesta	Testigo	AE	Valor de P	Dosis mg, d	Inclusión, d	Combinación AE	Modelo animal		Dieta	Referencia
							Especie	Peso Inicial, kg		
	38.25	39.1	>0.05	0.2	55	<i>Lippia berlandieri Schauer</i>	Codorniz		16% forraje y 84% concentrado	Barraza-Santos <i>et al.</i> , 2021
Pérdida por cocción, %	24.18	21.55	>0.05	0.05	40	inulina de agave (IA) y <i>Lippia berlandieri Schauer</i> (AEOM)	Aves Ross-308		100% concentrado	Sánchez-Zamora <i>et al.</i> , 2020
	8.23	9.600	>0.05	0.200	56	Artemisia y romero	Ovino Barbarinelamb	35 ± 1.1	60% forraje y 40% concentrado	Smeti <i>et al.</i> , 2014
	10.85	11.79	>0.05	0.06	60	<i>Rosmarinus officinalis L.</i>	Ovino Barbarinelamb	19.9±2.15	50% forraje y 50% concentrado	Smeti <i>et al.</i> , 2013

### **2.6.5.3 Pérdida por goteo**

Al adicionar AE en una dosis de 0.40 mg/kg PV/d en aves; Estupiñán *et al.* (2022) reportan que disminuyó el 1.5% a las 8 h y 20.7 % a las 16 h ( $P<0.05$ ) (Cuadro 9).

### **2.6.5.4 Capacidad de retención de agua**

La suplementación de 0.20 mg/kg PV/d de AE (*Lippia berlandieri Schauer*) en codorniz, disminuye 7.2% la CRA ( $P<0.05$ ) (Barraza-Santo *et al.*, 2021). Así mismo, Sánchez-Zamora *et al.* (2020) reportan que en aves al incluir 0.05 mg/kg PV/d aumentó 1.8% la CRA ( $P<0.05$ ). Igualmente, Angus *et al.* (2019) señalan que la suplementación de AE (0.1 mg/kg PV/d) en pollos de engorda, incrementó 20.0% la CRA ( $P<0.05$ ). Así mismo, Aquino-López *et al.*, (2020) demostraron que en carne de conejo la CRA aumentó 6.0% con 0.20 mg/kg PV/d de AE orégano ( $P=0.05$ ). Por otra parte, Méndez-Zamora *et al.* (2016) en bovinos y Meschiatti *et al.* (2018) en conejos no mostraron efectos significativos (Cuadro 10).

### **2.6.5.5 Color de la carne**

Barraza-Santo *et al.* (2021) observaron que la adición de 0.20 mg/kg PV/d de AE (*Poliomintha longiflora* Gray) en codorniz, aumentó 5.6% el valor de L ( $P<0.05$ ), disminuyó 11.32%  $a^*$  ( $P<0.01$ ) y aumentó 13.3%  $b^*$  ( $P<0.01$ ). De manera similar, en carne de conejo las variables disminuyeron, 1.14% L ( $P<0.05$ ), 16.3%  $a^*$  ( $P<0.05$ ) y 18.4%  $b^*$  ( $P<0.04$ ) (Aquino-López *et al.*, 2020). En aves suplementadas con 0.150 mg/kg PV/d de AE (*Origanum onites* ssp. y *A. sativum* L) reduce 4.7% el valor  $L^*$  ( $P<0.05$ ) y aumenta 7.86% valor de  $a^*$  ( $P<0.05$ ) (Kirkpınar *et al.*, 2014). Asimismo, Smeti *et al.* (2013) reportó que la adición de 0.06 mg/kg PV/d de AE (*Rosmarinus officinalis* L.) en ovinos de finalización al 9no d aumentó 11.65% valores de  $a^*$  ( $P<0.05$ ) y disminuyo 4.29% valor de  $b^*$  ( $P<0.05$ ). Por el contrario, Wang *et al.* (2020), Sánchez-Zamora *et al.* (2020) y Méndez-Zamora *et al.* (2016) no reportaron diferencias significativas (Cuadro 11).

### **2.6.5.6 Fuerza de corte de Warner-Bratzler**

En aves el uso de AE en dosis como: 0.2 mg/kg PV/d (Barraza-Santos *et al.*, 2021), 0.05 mg/kg PV/d (Sánchez-Zamora *et al.*, 2020), no afectan los parámetros WBSF de calidad de la carne (Cuadro 12).

**Cuadro 9.** Efecto de la inclusión de aceites esenciales (AE) en calidad de la carne por la pérdida por goteo.

Variable de respuesta	Testigo	AE	Horas	Valor de P	Dosis, mg/d	Inclusión/d	Combinación AE	Modelo animal Especie	Dieta	Referencia
Pérdida por goteo, %	5.24	5.16	8	<0.05	0.4	42	<i>Rosmarinus officinalis</i> , colina herbal, harina de <i>Cynara scolymus</i> y <i>Silybum marianum</i>	Aves Ross 308 AP	100% concentrado	Estupiñán <i>et al.</i> , 2022
	6.53	5.65	16	<0.05						

**Cuadro 10.** Efecto de la inclusión de aceites esenciales (AE) en dietas de finalización de animales sobre la capacidad de retención de agua.

Variable de respuesta	Testigo	AE	Valor de P	Dosis mg, d	Inclusión, d	Combinación AE	Modelo animal		Dieta	Referencia
							Especie	Peso Inicial, kg		
Capacidad de retención de agua, %	62.74	58.16	< 0.05	0.20	55	<i>Lippia berlandieri Schauer</i>	Codorniz	-	16% forraje y 84% concentrado	Barraza-Santos <i>et al.</i> , 2021
	55.99	59.4	<0.05	20	72	Bagazo de orégano	Conejos	0.778 ± 0.190	3.60% forraje y 96.4% forraje	Aquino-López <i>et al.</i> , 2020
	56.98	58.04	<0.01	0.05	40	inulina de agave y <i>Lippia berlandieri Schauer</i>	Aves Ross-308	-	100% concentrado	Sánchez-Zamora <i>et al.</i> , 2020
	26.6	33.27	<0.05	0.1	42	Aceite de pino, <i>Gardeniajasmínoides</i> , <i>Cocos nucifera</i> , <i>Eucalyptus globules</i> , <i>Herba Origani</i> , <i>Gummi Myrrha</i> , <i>Gummi Boswellii</i> , <i>Cymbopogon citrates</i> y aceite de semilla de zanahoria.	Aves Lohman MB 202	-	100% concentrado	Angus <i>et al.</i> , 2019
	5.5	56	>0.05	560	93	Aceites esenciales + $\alpha$ -amilasa exógena	Bovino Nellore	330 ± 33	8% Bagazo de caña de azúcar y 92% concentrado	Meschiatti <i>et al.</i> , 2018
	71.29	72.52	>0.05	0.40	42	<i>Origanum onites ssp</i>	Conejos	1.07 ± 0.04	100% concentrado	Méndez-Zamora <i>et al.</i> , 2016

**Cuadro 11.** Efecto de la inclusión de aceites esenciales (AE) en dietas de finalización de animales sobre el color.

Variable de respuesta	Testigo	AE	Valor de p	Dosis mg, d	Inclusión, d	Combinación AE	Modelo animal		Dieta	Referencia
							Músculo	Especie		
L*	46.02	48.55	<0.01	0.20	55	Oregano	Pechuga	Codrniz	16% forraje y 84% concentrado	Barraza-Santos <i>et al.</i> , 2021
	62.26	59.78	<0.05	0.40	72	Oregano	<i>Longissimus lumborum</i>	Conejo	3.60% forraje y 96.4% forraje	Aquino-López <i>et al.</i> , 2020
	39.21	39.01	>0.05	0.50	93	AE	<i>longissimus thoracis</i>	Bovino	15.3% forraje y 84.7% concentrado	Wang <i>et al.</i> , 2020
	67.84	68.4	>0.05	0.05		inulina de agave y <i>Lippia berlandieri</i> Schauer	Pechuga	Aves Ross-308	100% concentrado	Sánchez-Zamora <i>et al.</i> , 2020
	52.37	52.24	>0.05	0.4	42	Oregano	<i>Longissimus lumborum</i>	Conejo	100% concentrado	Méndez-Zamora <i>et al.</i> , 2016
	36.5	35.2	>0.05	200	56	Artemisia y romero	<i>Músculo Longissimus</i>	Ovino Barbarinelamb	60% forraje y 40% concentrado	Smeti <i>et al.</i> , 2014
	57.71	55.14	<0.05	150	42	<i>Origanum onites</i> ssp. y <i>A. sativum</i> L	Pechuga	Aves Hubbard	15% forraje y 85% concentrado	Kirkpinar <i>et al.</i> , 2014
	39.41	38.16	>0.05	0.06	60	Romero	<i>Músculo Longissimus</i>	Ovino Barbarinelamb	50% alfalfa y 50% concentrado	Smeti <i>et al.</i> , 2013
a*	7.08	6.36	<0.01	0.20	55	Oregano	Pechuga	Codrniz	16% forraje y 84% concentrado	Barraza-Santos <i>et al.</i> , 2021
	5.63	4.84	<0.05	0.40	72	Oregano	<i>Longissimus lumborum</i>	Conejo	3.60% forraje y 96.4% forraje	Aquino-López <i>et al.</i> , 2020
	21.33	21.33	>0.05	0.5	93	AE	<i>longissimus thoracis</i>	Bovino	15.3% forraje y 84.7% concentrado	Wang <i>et al.</i> , 2020
	12.23	12.45	>0.05	0.05		inulina de agave y <i>Lippia berlandieri</i> Schauer	Pechuga	Aves Ross-308	100% concentrado	Sánchez-Zamora <i>et al.</i> , 2020
	3.54	3.85	>0.05	0.4	42	Oregano	<i>Longissimus lumborum</i>	Conejo	100% concentrado	Méndez-Zamora <i>et al.</i> , 2016
	15.5	17.1	<0.05	200	56	Artemisia y romero	<i>Músculo Longissimus</i>	Ovino Barbarinelamb	60% forraje y 40% concentrado	Smeti <i>et al.</i> , 2014
	7.25	7.82	<0.05	150	42	<i>Origanum onites</i> ssp. y <i>A. sativum</i> L	Pechuga	Aves Hubbard	15% forraje y 85% concentrado	Kirkpinar <i>et al.</i> , 2014
	10.3	11.49	<0.05	0.06	60	Romero	<i>Músculo Longissimus</i>	Ovino Barbarinelamb	50% alfalfa y 50% concentrado	Smeti <i>et al.</i> , 2013
b*	3.75	4.25	<0.01	0.2	55	Oregano	Pechuga	Codrniz	16% forraje y 84% concentrado	Barraza-Santos <i>et al.</i> , 2021
	7.51	6.34	<0.04	0.40	72	Oregano	<i>Longissimus lumborum</i>	Conejo	3.60% forraje y 96.4% forraje	Aquino-López <i>et al.</i> , 2020
	8.7	8.6	>0.05	0.5	93	AE	<i>longissimus thoracis</i>	Bovino	15.3% forraje y 84.7% concentrado	Wang <i>et al.</i> , 2020
	10.69	10.39	>0.05	0.05		inulina de agave y <i>Lippia berlandieri</i> Schauer	Pechuga	Aves Ross-308	100% concentrado	Sánchez-Zamora <i>et al.</i> , 2020
	4.53	4.88	>0.05	40	42	Oregano	<i>Longissimus lumborum</i>	Conejo	100% concentrado	Méndez-Zamora <i>et al.</i> , 2016
	5.8	7	<0.05	200	56	Artemisia y romero	<i>Músculo Longissimus</i>	Ovino Barbarinelamb	60% forraje y 40% concentrado	Smeti <i>et al.</i> , 2014
	15.79	15.69	>0.05	150	42	<i>Origanum onites</i> ssp. y <i>A. sativum</i> L	Pechuga	Aves Hubbard	15% forraje 85% concentrado	Kirkpinar <i>et al.</i> , 2014
	5.58	5.35	<0.05	0.06	60	Romero	<i>Músculo Longissimus</i>	Ovino Barbarinelamb	50% alfalfa y 50% concentrado	Smeti <i>et al.</i> , 2013



**Cuadro 12.** Efecto de la inclusión de aceites esenciales (AE) sobre la fuerza de corte de Warner-Bratzler (WBSF).

Variable de respuesta	Testigo	AE	Valor de P	Dosis mg, d	Inclusión, d	Combinación AE	Modelo animal Especie	Dieta	Referencia
	13.6	13.4	>0.05	0.33	42	<i>Annona muricata</i> , <i>Citrus limon</i> y <i>Eucalyptus</i>	Aves (línea Cobb)	-	Valverde, 2022
WBSF, kg/cm <sup>2</sup>	6.3	6.7	>0.05	0.2	55	<i>Lippia berlandieri</i> <i>Schauer</i>	Codorniz	16% forraje y 84% concentrado	Barraza-Santos <i>et al.</i> , 2021
	9.05	10.9	>0.05	0.05	40	<i>Lippia berlandieri</i> <i>Schauer</i>	Aves Ross-308	100% concentrado	Sánchez-Zamora <i>et al.</i> , 2020

## 2.7 Beta-agonistas

### 2.7.1 Generalidades

Los  $\beta$ -AA o fetanolaminas, estimulan los receptores  $\beta$  presentes en la superficie de casi todos los tipos de células de mamíferos (López-Carlos *et al.*, 2010), son moléculas orgánicas anabolizantes (Castellano-Ruelas *et al.*, 2006), presentan estructura similar a las catecolaminas naturales y favorecen el crecimiento rápido de los animales que los consumen (Kyung, 2015; Valladares-Carranza *et al.*, 2015), son agentes químicos que estimulan el desarrollo de masa muscular mediante el aumento en la síntesis de proteína y reducción en la degradación de la proteína a nivel de músculo estriado, mientras que en tejido graso reduce la lipogénesis e incrementa la lipólisis (Domínguez-Vara *et al.*, 2009; Macías-Cruz *et al.*, 2013; Mersmann, 2015; Cayetano-De-Jesús *et al.*, 2020). Los compuestos  $\beta$ -AA difieren en potencia, ya que las células y tejidos varían en la expresión de los tipos de receptores  $\beta$ -AA y como consecuencia sus efectos están asociados a la dosis, tratamiento, y tipo de  $\beta$ -AA y especies tratadas. Estos compuestos reducen la deposición de tejido adiposo y el aumento de la masa muscular en especies como cerdos, ganado de carne y aves de corral (López-Carlos *et al.*, 2011). En teoría, las utilidades de estas sustancias presentan ventajas sobre los parámetros productivos como: GPD, CA, RCC (López *et al.*, 2014; Domínguez-Vara *et al.*, 2009) y aumento del área del MLD (Macías *et al.*, 2016; y Cayetano-De-Jesús *et al.*, 2020).

En el ámbito internacional el uso de estos compuestos del grupo de las fetanolaminas se está incrementando para mejorar el rendimiento en canal de varias especies (Sumano *et al.*, 2002). Pérez *et al.* (2020) mencionan que la efectividad del CZ como promotor de crecimiento en ovinos de finalización se ha demostrado ofreciendo dietas formuladas con grano y forraje para favorecer el correcto funcionamiento ruminal. Sin embargo, el uso de algunos de éstos no está actualmente aprobado para usarse en ganado bovino de finalización en los Estados Unidos. Un caso claro y muy documentado es el uso de clenbuterol (CLE), sustancia que tiene un polémico estado legal como medicamento en varios países (Sumano *et al.*, 2002; Llanes, 2017).

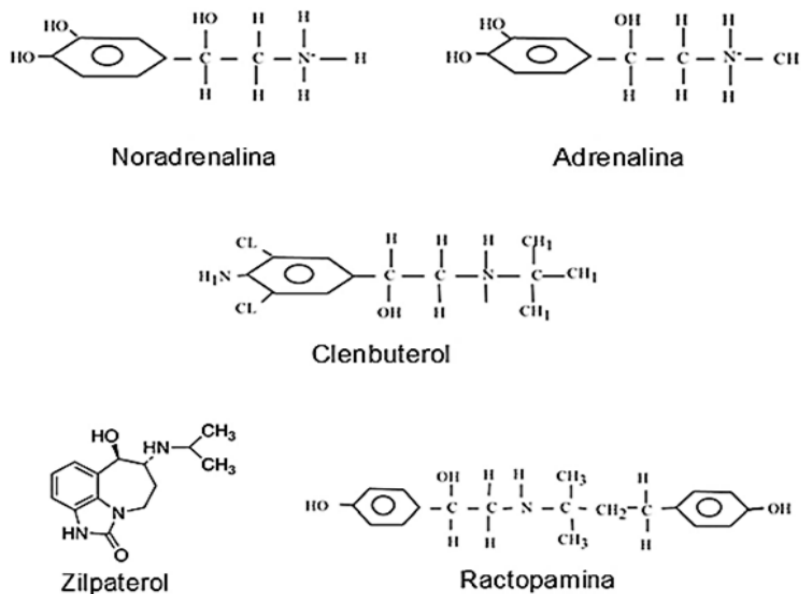
## **2.7.2 Estructura química $\beta$ -agonistas adrenérgicos**

Los receptores  $\beta$ -AA son proteínas conformadas por 450 a 600 aminoácidos y tienen un peso molecular de 40 a 50 KDa (kiloDalton) (Soria y Arias, 1997; Rodríguez, 2018). Las propiedades que hacen diferente la respuesta intrínseca de los  $\beta$ -AA radica en sus grupos constituyentes (Figura 2), que proporcionan una distinta farmacocinética, la cual determina la magnitud del efecto y la persistencia de residuos en los tejidos (Cayetano, 2019) (Figura 3). Se conocen tres subtipos de receptores  $\beta$ -AA, los cuales son  $\beta$ 1,  $\beta$ 2 y  $\beta$ 3 (López, 2017). Los receptores  $\beta$ 1 se localizan en el miocardio y los receptores  $\beta$ 2 en el sistema nervioso central y en el conducto bronquial, ambos subtipos de receptores  $\beta$  incrementan el adenosin monofosfato cíclico (AMPC) (Velasco *et al.*, 2002; Domínguez-Vara *et al.*, 2009),  $\beta$ 3 participan en funciones metabólicas de las catecolaminas endógenas, como la lipólisis, la termogénesis, procesos de motilidad en tracto gastrointestinal y dinámica miccional. De hecho, se han visto que estos  $\beta$ 3 están localizados en vejiga, próstata, colon, musculo esquelético, corazón y tejido adiposo (Pérez *et al.*, 2005); estos receptores consisten en una proteína que atraviesa la membrana celular siete veces, formando tres asas intracelulares y tres extracelulares a los que se unen la adrenalina y la noradrenalina. En la mayor parte de las células de los mamíferos se han encontrado receptores  $\beta$ -AA; sin embargo, su distribución y proporción varían de un tejido a otro en cada especie animal (Rodríguez, 2018) (Cuadro 13), en ovinos los receptores  $\beta$ 1 y  $\beta$ 2 coexisten en el bíceps posterior del animal y en el área del músculo LD (Domínguez-Vara *et al.*, 2009).

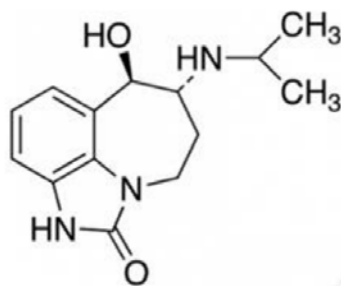
## **2.7.3 Mecanismo de acción**

### **2.7.3.1 Tejido adiposo**

El CZ es un  $\beta$ AA (Carrillo-Muro *et al.*, 2021), aumentan marcadamente el metabolismo degradativo de los lípidos en el adipocito, por lo tanto, impiden y reducen la deposición de grasa (Mersmann, 1998; Mersmann, 2002; Van Hoof *et al.*, 2005; Rivera, 2020). Los ácidos grasos son producidos y exportados del adiposito para ser usados como fuentes oxidativas por otros tejidos. La activación



**Figura 2.** Fórmulas de la Fórmulas de ariletanolamina de mediadores fisiológicos y algunos  $\beta$ AA (Rosas, 2018; Rodríguez, 2018; Escobedo, 2022).



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

Vida media biológica: 11.9-13.2 horas

Excreción: orina: 88.2-84.3%

Heces: 8.6-8.7%.

Formula:  $^{13}\text{C}_3\text{C}_{11}\text{H}_{19}\text{N}_3\text{O}_2 \cdot \text{HCl}$

Peso molecular: 261.157 g/mol.

**Figura 3.** Estructura química del Clorhidrato de zilpaterol (Cayetano, 2019).

**Cuadro 13.** Tipo de receptores, órgano blanco y mecanismo de acción de  $\beta$ -adrenérgicos.

<b>Receptor</b>	<b>Sitios Blancos</b>	<b>Acción</b>
$\beta_1$	Corazón, riñón y tubo gastrointestinal	Estimulan la frecuencia cardiaca, secreción de renina y relajación del músculo liso en tubo gastrointestinal
$\beta_2$	Músculo, bronquiolos, vasos sanguíneo y útero	Relajación del músculo liso de bronquiolos, vasos sanguíneos y útero.
$\beta_3$	Tejido adiposo blanco, pardo o café	Control de lipólisis y termogénesis

(López, 2017)

lipasa fosforilada es la forma activa que inicia la lipólisis (Mersmann, 2002; Sumano *et al.*, 2002). Los ácidos grasos son producidos y exportados del adipocito para ser usados como fuentes oxidativas por otros tejidos. La síntesis de ácidos grasos y la esterificación de ácidos grasos dentro del triacilglicerol, que es la primera molécula energética almacenada en el adipocito, son inhibidas por los  $\beta$ AA. Por lo tanto, un aumento en el catabolismo (lipólisis) y una reducción en el anabolismo (lipogénesis) de los lípidos en el adipocito, conducirá a una hipertrofia reducida del adipocito y en consecuencia a una reducción del depósito de grasa en la canal (Smith, 1998; Mersmann, 1998; Domínguez-Vara *et al.*, 2009).

#### **2.7.3.2 Tejido muscular.**

La activación de los receptores  $\beta$  en el músculo y la grasa resulta en la disminución de la lipogénesis, el aumento de la lipólisis y el incremento de la acumulación muscular o la combinación de estos efectos (Rebollar *et al.*, 2015; Montaña-Gómez *et al.*, 2013). Los  $\beta$ AA aumentan la perfusión sanguínea hacia el músculo, así como una mayor disponibilidad de energía y aminoácidos, en consecuencia, aumenta la síntesis y retención de proteína que favorece la hipertrofia muscular, principalmente de los músculos del cuarto trasero del animal (Castellanos *et al.*, 2006). En el músculo, además de la hipertrofia, ocurren cambios en el tipo de fibra muscular, hay cambios en la proporción de ARN de transcripción para proteínas musculares como la miosina y actina (Miller *et al.*, 1988; Domínguez-Vara *et al.*, 2009). En ovinos y bovinos se ha observado que aumenta el peso de los músculos en 40%, y que la magnitud de la respuesta varía dependiendo del  $\beta$ AA suministrado, así como de la influencia de factores como la especie, la raza, la edad, el sexo y la dieta (Domínguez-Vara *et al.*, 2009; Rodríguez, 2018).

#### **2.7.4 Efecto del clorhidrato de zilpaterol sobre las características de la canal**

##### **2.7.4.1 Consumo de materia seca**

En estudios realizados con ovinos alimentados con el  $\beta$ AA CZ (Estrada-Angulo *et al.*, 2008; Vicente-Pérez *et al.*, 2022) no hubo efecto sobre el consumo

**Cuadro 14.** Efecto de la inclusión de clorhidrato de zilpaterol (CZ) en dietas de finalización de ovinos sobre el consumo de materia seca y eficiencia alimenticia.

Variable de respuesta	Testigo	CZ	Valor de P	Dosis mg, día	Inclusión, días	Modelo animal		Dieta	Referencia
						Raza	Peso Inicial, kg		
Consumo de materia seca, kg/d	1.2	1.3	=0.05	0.20	27	Dorper x Katahdin	45.4 ± 0.92	12.5% forraje y 87.5% de concentrado	Leyva, 2015
	1.6	1.6	>0.05	0.10	32	Dorper x Pelibuey	36.9 ± 6.9	18.5% forraje y 81.5% de concentrado	Vicente-Pérez <i>et al.</i> , 2022
	1.7	1.5	<0.05	0.10	28	Katahdin	38.5±5.3	20% aserrín de pino y 80% concentrado	Vicente-Pérez <i>et al.</i> , 2020
	1.1	1.3	<0.04	0.18	35	Pelibuey x Katahdin	35.8±1.9	27.1% forraje y 72.9% concentrado	Ríos <i>et al.</i> , 2010
	0.99	0.90	<0.05	0.10	32	Pelibuey x Katahdin	34.5 ± 0.25	19% forraje y 81% concentrado	Robles-Estrada <i>et al.</i> , 2009
	1.1	1.1	>0.05	0.20	32	Pelibuey x Katahdin	38.8 ± 0.67	9.7% mazorca de maíz y 90.3% concentrado	Estrada-Angulo <i>et al.</i> , 2008
Eficiencia alimenticia	204.6	223.9	<0.01	0.10	30	Katahdin	35.8 ± 5.3	20% aserrín de pino y 80% concentrado	Vicente-Pérez <i>et al.</i> , 2020
	167.0	247.0	<0.01	0.20	27	Dorper x Katahdin	45.4 ± 0.92	12.5% forraje y 87.5% concentrado	Leyva, 2015
	188.0	249.0	<0.01	0.18	35	Pelibuey x Katahdin	35.8±1.9	27.1% forraje y 72.9% concentrado	Ríos <i>et al.</i> , 2010
	209.0	252.0	<0.01	0.10	32	Pelibuey x Katahdin	34.5 ± 0.25	19% forraje y 81% concentrado	Robles-Estrada <i>et al.</i> , 2009

mg/kg PV/d en bajo estrés calórico, señalan el aumento de 13% en el CMS ( $P<0.04$ ). Leyva (2015) al incluir en dieta de ovinos de finalización, 0.15 mg/kg PV/d de CZ reportó aumento en el CMS del 9.16% ( $P=0.04$ ). En contraste con esto, Vicente-Pérez *et al.* (2020), usando 0.10 mg/kg PV/d de CZ en ovinos demostraron que el CMS disminuyó 13% ( $P<0.05$ ).

#### **2.7.4.2 Eficiencia alimenticia**

Leyva (2015), menciona que en la prueba de comportamiento los ovinos alimentados con dieta basal de finalización, aumentaron 9.4% la EA ( $<0.01$ ), debido a la suplementación de 0.15mg/kg PV/d de CZ. De igual manera Ríos *et al.* (2010) al adicionar CZ en las siguientes proporciones, 0.12 y 0.18 mg/kg PV/d los ovinos aumentaron 28% ( $P<0.01$ ) la EA. Al usar 0.10 mg/kg PV/día de CZ en ovinos de finalización, obtuvieron un incremento de 26.5% ( $P<0.01$ ) la EA. Al usar 0.10 mg/kg PV/d de CZ en ovinos de finalización, aumento 26.5% ( $P<0.01$ ) (Robles-Estrada *et al.*, 2009) y 9.4% ( $P<0.01$ ) (Vicente-Pérez *et al.*, 2020) la EA. En desacuerdo con lo anterior Vicente-Pérez *et al.* (2022) no reportó diferencias entre sus tratamientos ( $P<0.05$ ).

#### **2.7.4.3 Ganancia diaria de peso y ganancia total**

Estrada-Angulo *et al.* (2008), probaron 0.10 mg/kg PV/d, en ovinos sometidos a estrés calórico, observaron que tendió aumentar 25% la GDP ( $P=0.08$ ) y 25.1% ( $P<0.04$ ) la GT (Ganancia total). Además, Robles-Estrada *et al.* (2009), con la misma inclusión de cantidad de CZ y en ovinos de igual manera bajo estrés calórico, demostraron que la GDP aumentó 26% ( $P<0.02$ ). Sin embargo, Vicente-Pérez *et al.* (2022) y Vicente-Pérez *et al.* (2020) no reportaron cambio significativo ( $P<0.05$ ). En dieta basal que contenía 0.12 y 0.18 mg/kg PV/d de CZ con la cual se alimentaron ovinos en finalización, hubo mayor GDP (40%) ( $P<0.03$ ) del tratamiento con CZ respecto al testigo (Ríos *et al.*, 2010). De acuerdo con los anterior Leyva (2015), concluyo que la adición de 0.20mg/kg PV/d, tendió aumentar 64.67% la GDP ( $P>0.05$ ) y 41.3% la GT ( $P<0.01$ ) entre los animales que consumían CZ (Cuadro 15).

#### **2.7.4.4 Peso al sacrificio**

Leyva (2015), en ovinos sin castrar en finalización, alimentados con dieta



**Cuadro 15.** Efecto de la inclusión de clorhidrato de zilpaterol (CZ) en dietas de finalización de ovinos sobre ganancia diaria de peso y ganancia total.

Variable de respuesta	Testigo	CZ	Valor de P	Dosis mg, d	Inclusión, d	Modelo animal		Dieta	Referencia
						Raza	Peso Inicial, kg		
Ganancia diaria de peso, g	300	301	>0.05	0.1	32	Dorper × Pelibuey	36.9 ± 6.9	18.5% forraje y 81.5% de concentrado	Vicente-Pérez <i>et al.</i> , 2022a
	201	331	<0.01	0.2	27	Dorper x katahdin	45.4 ± 0.92	12.5 % forraje y 87.5% de concentrado	Leyva, 2015
	343	354.3	>0.05	0.1	30	Katahdin	35.8 ± 5.3	20% aserrín de pino y 80% concentrado	Vicente-Pérez <i>et al.</i> , 2020
	210	294	<0.03	0.18	35	Pelibuey x Katahdin	35.8±1.9	27.1% forraje 72.9% concentrado	Ríos <i>et al.</i> , 2010
	218	275	<0.02	0.1	32	Pelibuey × Katahdin	34.5 ±0.25	19% forraje y 81% concentrado	Robles-Estrada <i>et al.</i> , 2009
	210	263	=0.08	0.2	32	Pelibuey × Katahdin	38.8 ± 0.67	9.7 % y 90.3% concentrado	Estrada-Angulo <i>et al.</i> , 2008
Ganancia total, kg	9.18	9.8	>0.05	0.1	32	Dorper × Pelibuey	36.9 ± 6.9	18.5% forraje, 81.5% concentrado	Vicente-Pérez <i>et al.</i> , 2022
	10.3	10.6	>0.05	0.1	30	Katahdin	35.8 ± 5.3	20% aserrín de pino, 80% concentrado	Vicente-Pérez <i>et al.</i> , 2020
	5.8	8.2	<0.01	0.2	27	Dorper x Katahdin	45.4 ± 0.92	12.5 % forraje y 87.5% de concentrado	Leyva, 2015
	6.93	8.67	<0.04	0.2	32	Pelibuey × Katahdin	38.8 ± 0.67	9.7 % y 90.3% concentrado	Estrada-Angulo <i>et al.</i> , 2008

basal, la cual contenía 0.15mg/kg PV/d de CZ demostraron que el PS mejoró 6.67% ( $P<0.01$ ). Al mismo tiempo, Robles-Estrada *et al.* (2009), señaló que adicionar CZ (0.10mg/kg PV/d) en dieta basal de ovinos en estrés calórico con dieta de finalización, incrementó 4.8% el PS ( $P<0.01$ ) (Cuadro 16).

En una dieta basal que contenía 0.20 mg/kg PV/d, con la que alimentaron corderos en etapa de finalización, mostraron incremento lineal del 4.1% de PS ( $P<0.08$ ) (Estrada-Angulo *et al.*, 2008). De igual manera Ríos *et al.* (2010), al adicionar 0.18 mg/kg PV/d de CZ mostraron aumento del 6.5% en PS ( $P<0.01$ ).

#### **2.7.4.5 Espesor de grasa**

Usando 0.18 mg CZ/kg de PV/d en dieta basal de ovinos en finalización encontraron una disminución del 3.7% de EG ( $P<0.03$ ) (Ríos *et al.*, 2010). Sin embargo, Vicente-Pérez *et al.* (2022), Leyva, (2015), López, (2015), Partida *et al.* (2015) y Estrada-Angulo *et al.* (2008), no observaron cambio alguno entre tratamientos ( $P>0.05$ ) (Cuadro 17).

#### **2.7.4.6 Área del músculo *Longissimus***

Al administrar 0.15 mg kg/animal/d de CZ durante 30 días en ovinos de finalización, aumenta 18.9% ( $P<0.001$ ) (Partida *et al.* 2015) y 13.63% ( $P<0.01$ ) (Leyva, 2015) el área del músculo LD.

El adicionar CZ en la dieta de ovinos en finalización sin castrar a una dosis de 0.10 mg kg/anima/d de CZ aumenta 19.01% el área del músculo LD ( $P<0.05$ ) (Vicente-Pérez *et al.*, 2022) y 10.2% ( $P<0.02$ ) (Vicente-Pérez *et al.*, 2020). Al mismo tiempo López (2015), incorporó 0.20 mg/kg PV/d de CZ en dieta basal de ovinos de finalización aumenta 23.38% el área del MLD ( $P<0.03$ ). En este mismo sentido la adición de CZ (125 g/kg PV/d) patentado (CZ Zilmax) en bovinos *Bos indicus*, tuvo un aumento del 11.16% en el músculo LD ( $P<0.05$ ) (Alvarado *et al.*, 2021). Por el contrario Ríos *et al.* (2010), y Estrada-Angulo *et al.* (2008), no reportaron efecto en animales que consumieron el CZ ( $P<0.05$ ) (Cuadro 18).

#### **2.7.4.7 Peso de canal caliente**

El PCC mostro un aumento del 11.5% ( $P<0.02$ ) al incluir CZ a una dosis de 0.20 mg/kg PV/d en dieta de ovinos en finalización alimentados durante 30 d (López, 2015). Igualmente, Leyva, (2015), con la adición de CZ 0. mg/kg PV/d de

**Cuadro 16.** Efecto de la inclusión de clorhidrato de zilpaterol (CZ) en dietas de finalización de ovinos sobre peso final y al sacrificio.

Variable de respuesta	Testigo	CZ	Valor de <i>P</i>	Dosis mg, d	Inclusión, días	Modelo animal		Dieta	Referencia
						Raza	Peso Inicial, kg		
Peso final, kg	46.1	46.6	>0.05	0.1	32	Dorper x Pelibuey	36.9 ± 6.9	18.5% forraje y 81.5% concentrado	Vicente-Pérez <i>et al.</i> , 2022 <sup>a</sup>
	46	46.4	>0.05	0.1	30	Katahdin	35.8 ± 5.3	20% aserrín de pino y 80% concentrado	Vicente-Pérez <i>et al.</i> , 2020
Peso al sacrificio, kg	47.9	48	>0.05	0.15	30	Pelibuey x Blackbelly	47.9 ± 0.6	19% forraje y 81% concentrado	Partida <i>et al.</i> , 2015
	50.9	54.3	<0.01	0.2	27	Dorper x Katahdin	45.4 ± 0.92	12.5 % forraje y 87.5% concentrado	Leyva, 2015
	43.27	46.1	<0.01	0.18	35	Pelibuey x Katahdin	35.8±1.9	27.1% forraje y 72.9% concentrado	Ríos <i>et al.</i> , 2010
	el 41.17	43.2	<0.01	0.1	32	Pelibuey x Katahdin	34.5 ±0.25	19% forraje y 81% concentrado	Robles-Estrada <i>et al.</i> , 2009
	45.67	47.6	<0.08	0.2	32	Pelibuey x Katahdin	38.8 ± 0.67	9.7% forraje y 90.3% concentrado	Estrada-Angulo <i>et al.</i> , 2008

**Cuadro 17.** Efecto de la inclusión de clorhidrato de zilpaterol (CZ) en dietas de finalización de ovinos sobre el espesor de la grasa dorsal.

Variable de respuesta	Testigo	CZ	Valor de P	Dosis mg, d	Inclusión, d	Modelo animal		Dieta	Referencia
						Raza	Peso Inicial, kg		
Espesor de la grasa dorsal, mm	1.15	1.2	>0.05	0.1	32	Dorper x Pelibuey	36.9 ± 6.9	18.5% forraje y 81.5% concentrado	Vicente-Pérez <i>et al.</i> , 2022
	0.3	0.2	>0.05	0.1	30	Katahdin	35.8 ± 5.3	20% aserrín de pino y 80% concentrado	Vicente-Pérez <i>et al.</i> , 2020
	3.4	3.3	>0.05	0.15	30	Pelibuey x Blackbelly	47.9 ± 0.6	19% forraje y 81% concentrado	Partida <i>et al.</i> , 2015
	3.23	3.9	>0.05	0.2	27	Dorper x Katahdin	45.4 ± 0.92	12.5 % forraje y 87.5 concentrado	Leyva, 2015
	0.28	0.2	>0.05	0.2	30	Dorper x Pelibuey	35.1 ± 0.6	10% forraje y 90% concentrado	López, 2015
	0.27	0.3	<0.03	0.18	35	Pelibuey x Katahdin	35.8±1.9	27.1% forraje y 72.9% concentrado	Ríos <i>et al.</i> , 2010
	0.38	0.3	>0.05	0.2	32	Pelibuey x Katahdin	38.8 ± 0.67	9.7 % mazorca de maíz y 90.3% concentrado	Estrada-Angulo <i>et al.</i> , 2008

**Cuadro 18.** Efecto de la inclusión de clorhidrato de zilpaterol (CZ) en dietas de finalización de ovinos sobre el área de *Longissimus*.

Variable de respuesta	Testigo	CZ	Valor de P	Dosis mg, d	Inclusión, d	Modelo animal		Dieta	Referencia
						Raza	Peso Inicial, kg		
Área de <i>longissimus</i> , cm <sup>2</sup>	13.41	15.7	<0.05	0.1	32	Dorper × Pelibuey	36.9 ± 6.9	18.5% forraje y 81.5% concentrado	Vicente-Pérez <i>et al.</i> , 2022
	17.6	19.4	<0.02	0.1	30	Katahdin	35.8 ± 5.3	20% forraje y 80% concentrado	Vicente-Pérez <i>et al.</i> , 2020
	16.9	19.8	<0.001	0.15	30	Pelibuey × Blackbelly	47.9 ± 0.6	19% forraje y 81% concentrado	Partida <i>et al.</i> , 2015
	22	25	<0.01	0.2	27	Dorper × Katahdin	45.4 ± 0.92	12.5 % forraje 87.5% concentrado	Leyva, 2015
	15.48	19.1	<0.03	0.2	30	Dorper × Pelibuey	35.1 ± 0.6	10% forraje y 90% concentrado	López, 2015
	12.51	12.9	>0.05	0.18	35	Pelibuey × Katahdin	35.8±1.9	27.1% forraje y 72.9% concentrado	Ríos <i>et al.</i> , 2010
	16.9	16.5	>0.05	0.2	32	Pelibuey × Katahdin	38.8 ± 0.67	9.7 % forraje y 90.3% concentrado	Estrada-Angulo <i>et al.</i> , 2008

CZ en ovinos de finalización aumenta 6.5% PCC ( $P<0.01$ ). Por el contrario, la influencia del nivel de suplementación con CZ (0.18 mg/kg PV/d) en ovinos de finalización disminuye 7.1% el PPC ( $P<0.01$ ) (Ríos *et al.*, 2010). Sin embargo, algunos autores mencionan que no se observaron cambios en dicha variable al adicionar CZ en ovinos de finalización (Estrada-Angulo *et al.*, 2008; Partida *et al.*, 2015; Vicente-Pérez *et al.*, 2022) ( $P>0.05$ ) (Cuadro 19).

#### **2.7.4.9 Rendimiento y peso de canal fría**

Vicente-Pérez *et al.* (2022), usaron 0.10 mg/kg PV/d de CZ, mencionan que el RCF aumento 4% ( $P<0.05$ ). Asimismo, Vicente-Pérez *et al.* (2020) reportaron un aumento del 7.3% el PCF ( $P<0.01$ ) y 5.7% el RCF en ovinos de finalización. Asimismo, Ríos *et al.* (2010), mencionan que la influencia del nivel de suplementación con CZ (0.18 mg/kg PV/d) en ovinos con dieta de finalización bajo estrés calórico, aumento 7.6% el PCF ( $P<0.01$ ) y 2.7% RCF ( $P<0.05$ ). Partida *et al.* (2015) reporta que obtuvieron un incremento del 3.01% del RCF ( $P<0.001$ ) al adicionar 0.15 mg/kg PV/d. Coincidiendo con López (2015), demostró que adicionar 0.20mg/kg PV/d de CZ en ovinos en etapa de finalización aumenta 13.83% el PCF ( $P<0.202$ ) (Cuadro 20).

#### **2.7.4.10 Medidas zoométricas**

Partida *et al.* (2015), mencionan que adicionar 0.15 mg/kg PV/d de CZ en dieta basal de ovinos de finalización, redujo 3.2% la longitud de la pierna (LP) ( $P<0.001$ ) y aumentó 15.06 el perímetro de la pierna ( $P<0.002$ ). Asimismo, Estrada-Angulo *et al.* (2008), mencionan que adicionar CZ 0.20mg/kg PV/d) en ovinos en etapa de finalización, durante 32 d, disminuye 1.32% la LP ( $P<0.03$ ). Al contrario (Vicente-Pérez *et al.*, 2022 y Vicente-Pérez *et al.*, 2020) no encontraron diferencias significativas entre tratamiento testigo y con CZ (Cuadro 21).

#### **2.7.4.11 Cortes primarios**

Vicente-Pérez *et al.* (2022) menciona que adicionar CZ (0.15mg/kg PV/d) en dieta basal de ovinos en finalización reduce 2.92% el tren anterior ( $P<0.01$ ) y aumenta 3.52% tren posterior ( $P<0.01$ ) (Cuadro 22).

**Cuadro 19.** Efecto de la inclusión de clorhidrato de zilpaterol (CZ) en dietas de finalización de ovinos sobre el peso de la canal caliente.

Variable de respuesta	Testigo	CZ	Valor de P	Dosis mg, d	Inclusión, d	Modelo animal		Dieta	Referencia
						Raza	Peso Inicial, kg		
Peso de la canal caliente, kg	22	22.6	>0.05	0.1	32	Dorper × Pelibuey	36.9 ± 6.9	18.5% forraje y 81.5% concentrado	Vicente-Pérez <i>et al.</i> , 2022
	22.7	24.4	<0.01	0.1	30	Katahdin	35.8 ± 5.3	20% forraje y 80% concentrado	Vicente-Pérez <i>et al.</i> , 2020
	25	25.7	>0.05	0.15	30	Pelibuey × Blackbelly	47.9 ± 0.6	19% forraje y 81% concentrado	Partida <i>et al.</i> , 2015
	30.7	32.7	<0.01	0.2	27	Dorper × katahdin	45.4 ± 0.92	12.5 % forraje y 87.5% concentrado	Leyva, 2015
	20.34	23	<0.02	0.2	30	Dorper × Pelibuey	35.1 ± 0.6	10% forraje y 90% concentrado	López, 2015
	24.76	26.5	<0.01	0.18	35	Pelibuey × Katahdin	35.8±1.9	27.1% forraje y 72.9% concentrado	Ríos <i>et al.</i> , 2010
	27.05	28.3	>0.05	0.2	32	Pelibuey × Katahdin	38.8 ± 0.67	9.7 % mazorca de maíz y 90.3% concentrado	Estrada-Angulo <i>et al.</i> , 2008

**Cuadro 20.** Efecto de la inclusión de clorhidrato de zilpaterol (CZ) en dietas de finalización de ovinos sobre rendimiento y peso de canal fría.

Variable de respuesta	Testigo	CZ	Valor de P	Dosis mg, d	Inclusión, d	Modelo animal		Dieta	Referencia
						Raza	Peso Inicial, kg		
Peso de canal fría, kg	21.8	22.42	>0.05	0.1	32	Dorper × Pelibuey	36.9 ± 6.9	18.5% forraje y 81.5% concentrado	Vicente-Pérez <i>et al.</i> , 2022
	21.9	23.5	<0.01	0.1	30	Katahdin	35.8 ± 5.3	20% aserrín de pino y 80% concentrado	Vicente-Pérez <i>et al.</i> , 2020
	19.8	22.54	<0.02	0.2	30	Dorper × Pelibuey	35.1 ± 0.6	10% forraje y 90% concentrado	López, 2015
	24.23	26.54	<0.01	0.18	35	Pelibuey x Katahdin	35.8±1.9	27.1% forraje y 72.9% concentrado	Ríos <i>et al.</i> , 2010
Rendimiento de la canal fría, %	53.67	55.87	<0.01	0.1	32	Dorper × Pelibuey	36.9 ± 6.9	18.5% forraje 81.5% concentrado	Vicente-Pérez <i>et al.</i> , 2022
	49.1	51.9	<0.01	0.1	30	Katahdin	35.8 ± 5.3	20% aserrín de pino y 80% concentrado	Vicente-Pérez <i>et al.</i> , 2020
	52.1	53.7	<0.001	0.15	30	Dorper × Pelibuey	47.9 ± 0.6	19% forraje y 81% concentrado	Partida <i>et al.</i> , 2015
	56.39	57.96	<0.05	0.18	35	Pelibuey x Katahdin	35.8±1.9	27.1% forraje y 72.9% concentrado	Ríos <i>et al.</i> , 2010



**Cuadro 21.** Efecto de la inclusión de clorhidrato de zilpaterol (CZ) en dietas de finalización de ovinos sobre las medidas zoométricas.

Variable de respuesta	Testigo	CZ	Valor de P	Dosis mg, d	Inclusión, d	Modelo animal		Dieta	Referencia
						Raza	Peso Inicial, kg		
Perímetro de la grupa, cm	68.6	67.2	>0.05	0.15	30	Pelibuey x Blackbelly	47.9 ± 0.6	19% forraje y 81% concentrado	Partida <i>et al.</i> , 2015
Profundidad del tórax, cm	15.85	15.4	>0.05	0.1	32	Dorper x Pelibuey	36.9 ± 6.9	18.5% forraje y 81.5% concentrado	Vicente-Pérez <i>et al.</i> , 2022
	26.5	26.2	>0.05	0.15	30	Pelibuey x Blackbelly	47.9 ± 0.6	19% forraje y 81% concentrado	Partida <i>et al.</i> , 2015
Longitud de la canal, cm	55.15	54.82	>0.05	0.1	32	Dorper x Pelibuey	36.9 ± 6.9	18.5% forraje y 81.5% concentrado	Vicente-Pérez <i>et al.</i> , 2022
	63.2	63.3	>0.05	0.1	30	Katahdin	35.8 ± 5.3	20% aserrín de pino y 80% concentrado	Vicente-Pérez <i>et al.</i> , 2020
	65.1	65.7	>0.05	0.15	30	Pelibuey x Blackbelly	47.9 ± 0.6	19% forraje y 81% concentrado	Partida <i>et al.</i> , 2015
	60.57	59.78	<0.01	0.2	32	Pelibuey x Katahdin	38.8 ± 0.67	9.7 % mazorca de maíz y 90.3% concentrado	Estrada-Angulo <i>et al.</i> , 2008
Longitud de la pierna, cm	36.2	34.9	>0.05	0.1	32	Dorper x Pelibuey	36.9 ± 6.9	18.5% forraje y 81.5% concentrado	Vicente-Pérez <i>et al.</i> , 2022
	52	52.3	>0.05	0.1	30	Katahdin	35.8 ± 5.3	20% forraje y 80% concentrado	Vicente-Pérez <i>et al.</i> , 2020
	37.7	36.5	<0.001	0.15	30	Pelibuey x Blackbelly	47.9 ± 0.6	19% forraje y 81% concentrado	Partida <i>et al.</i> , 2015
	38.92	38.35	>0.05	0.2	32	Pelibuey x Katahdin	38.8 ± 0.67	9.7 % forraje y 90.3% concentrado	Estrada-Angulo <i>et al.</i> , 2008
Perímetro de la pierna, cm	43.5	45.7	>0.05	0.1	30	Katahdin	35.8 ± 5.3	20% forraje y 80% concentrado	Vicente-Pérez <i>et al.</i> , 2020
	44.01	50.64	<0.002	0.15	30	Pelibuey x Blackbelly	47.9 ± 0.6	19% forraje y 21% concentrado	Partida <i>et al.</i> , 2015

**Cuadro 22.** Efecto de la inclusión de clorhidrato de zilpaterol (CZ) en dietas de finalización de ovinos sobre cortes primarios y composición tisular.

Variable de respuesta	Testigo	CZ	Valor de P	Dosis mg, d	Inclusión, d	Modelo animal		Dieta	Referencia
						Raza	Peso Inicial, kg		
Cuarto anterior, %	54.59	53	<0.01	0.1	32	Dorper x Pelibuey	36.9 ± 6.9	18.5% forraje y 81.5% concentrado	Vicente-Pérez <i>et al.</i> , 2022
Cuarto posterior, %	45.4	47	<0.01						
Músculo, %	58.87	65.7	<0.01	0.2	27	Dorper x Katahdin	45.4 ± 0.92	12.5 % forraje y 87.5% concentrado	Leyva, 2015
	61.2	65.8	<0.05	0.15	30	Pelibuey x Blackbelly	47.9 ± 0.6	19% forraje y 81% concentrado	Partida <i>et al.</i> , 2015
Grasa, %	21.2	15.4	<0.01	0.2	27	Dorper x Katahdin	45.4 ± 0.92	12.5 % forraje y 87.5% concentrado	Leyva, 2015
	12.5	9.7	<0.001	0.15	30	Pelibuey x Blackbelly	47.9 ± 0.6	19% forraje y 81% concentrado	Partida <i>et al.</i> , 2015
Hueso, %	24.6	23.2	<0.04	0.15	30	Pelibuey x Blackbelly	47.9 ± 0.6	19% forraje y 81% concentrado	Partida <i>et al.</i> , 2015

#### **2.7.4.12 Composición tisular**

Partida *et al.* (2015), demuestran que la adición de 0.15mg/kg PV/d de CZ en dietas de ovinos, incrementó 4.6% músculo ( $P<0.05$ ), pero disminuyó 1.4% hueso ( $P<0.04$ ) y 28.86% grasa ( $P<0.001$ ). De igual manera, Leyva (2015), reporta que la adición de CZ (0.15mg/kg PV/d) en ovinos aumenta 11.61% el músculo ( $P<0.01$ ) y disminuye 37% la grasa.

#### **2.7.5 Efecto del clorhidrato de zilpaterol sobre la calidad de la carne.**

##### **2.7.5.1 pH**

Alvarado *et al.* (2021), reportó que la adición de 1.25 mg/kg PV/d de CZ en dieta basal de bovinos, aumentó 1.90% el pH ( $P<0.05$ ). Coincidiendo con Vicente-Pérez *et al.* (2022), concluyen que adicionar 0.10mg/kg PV/d de CZ en ovinos de finalización aumento 1.7% el pH ( $P<0.05$ ). Igualmente, López (2015), demostró que adicionar 0.20 mg/kg PV/d de CZ en dieta basal de ovinos de engorda aumenta 4.9% el pH ( $P<0.04$ ) (Cuadro 23). De igual manera la adición de CZ (0.15 mg/kg PV/d) en ovinos con dieta basal de finalización aumenta 1.74% el pH ( $P<0.05$ ) (López-Baca *et al.*, 2021) y 1.75% ( $P<0.05$ ) (Leyva, 2015). No obstante Peña *et al.* (2015) no reportaron diferencias.

##### **2.7.5.2 Pérdida por cocción**

Diversos autores concluyen que la adición de CZ en rumiantes no tiene efecto sobre la variable de calidad de la carne, PPC (Alvarado *et al.*, 2021), (Carrillo-Muro *et al.*, 2021), (López-Baca *et al.*, 2021).

##### **2.7.5.3 Pérdida por goteo (24 y 48 h)**

La adición de 0.16mg/kg PV/d de CZ en dieta basal de ovinos durante un periodo de 30 d, no afecta la pérdida por goteo PPG a las 24 y 48 h (Carrillo-Muro *et al.*, 2021) (Cuadro 24).

##### **2.7.5.4 Color de la carne**

La adición e CZ en dieta basal en ovinos de finalización (0.10 mg/kg PV/d) disminuye 17.91% el valor de  $a^*$  ( $P<0.01$ ) (Vicente-Pérez *et al.*, 2022). Asimismo, Leyva (2015) reportó que la adición de CZ (0.10 mg/kg PV/d) disminuyó el índice de color rojo ( $a^*$ ) un 17.02% ( $P<0.04$ ), el índice del color amarillo ( $b^*$ ) un 17.6% ( $P<0.03$ ).

**Cuadro 23.** Efecto de la inclusión de clorhidrato de zilpaterol (CZ) en dietas de finalización de rumiantes sobre el pH a las 24 h y pérdida por cocción.

Variable de respuesta	Testigo	CZ	Valor de P	Dosis mg, d	Inclusión, d	Modelo animal		Dieta	Referencia
						Raza	Peso Inicial, kg		
pH	5.83	5.9	<0.05	0.1	32	Ovinos Dorper x Pelibuey	36.9 ± 6.9	18.5% forraje y 81.5% concentrado	Vicente-Pérez <i>et al.</i> , 2022
	5.72	5.8	<0.05	0.15	63	Ovinos Dorper x Pelibuey	35 ± 0.2	30% forraje y 70% concentrado	López-Baca <i>et al.</i> , 2021
	5.7	5.7	>0.05	0.15	30	Ovinos Pelibuey x Blackbelly	47.9 ± 0.6	19% forraje y 81% concentrado	Partida <i>et al.</i> , 2015
	5.7	5.8	<0.05	0.2	27	Ovinos Dorper x Katahdin	45.4 ± 0.92	12.5 % forraje y 87.5% concentrado	Leyva, 2015
	5.48	5.8	<0.04	0.2	30	Ovinos Dorper x Pelibuey	35.1 ± 0.6	10% forraje y 90% concentrado	López, 2015
Pérdida por cocción, %	25.1	25	>0.05	1.25	30	Bovinos	430 kg	8% forraje y 82% concentrado	Alvarado <i>et al.</i> , 2021
	23.72	22	>0.05	0.16	33	Ovinos Pelibuey x Katahdin	46.7±2.4 kg	12% forraje y 88% concentrado	Carrillo-Muro <i>et al.</i> , 2021
	23.27	23	>0.05	0.15	63	Ovinos Dorper x Pelibuey	35 ± 0.2 kg	30% forraje y 70% concentrado	López-Baca <i>et al.</i> , 2021

. **Cuadro 24.** Efecto de la inclusión de clorhidrato de zilpaterol (CZ) sobre la pérdida por goteo.

Variable de respuesta	Horas	Testigo	AE	Valor de <i>P</i>	Dosis, mg/d	Inclusión/d	Modelo animal		Dieta	Referencia
							Raza	Peso Inicial, kg		
Pérdida por goteo, %	24 h	5.24	5.16	>0.05	0.16	33	Pelibuey x Katahdin	46.7±2.4	12% forraje y 88% concentrado	Carrillo-Muro <i>et al.</i> , 2021
	48 h	6.53	5.65	>0.05						

López-Baca *et al.* (2021), observaron que la inclusión de 0.15 mg/kg PV/d de CZ en ovinos de finalización disminuyó en los parámetros de color L\* 3.06% ( $P<0.01$ ), a\* 23.25% ( $P<0.01$ ) y b\* 11.8% ( $P<0.01$ ). Coincidiendo con Partida *et al.* (2015), adicionaron la misma dosis de CZ en ovinos de finalización, concluyeron que disminuye 18.1% el índice del color L ( $P<0.001$ ), 20.15% el color rojo (a\*) ( $P<0.001$ ) y b\* 21.48% ( $P<0.04$ ). Coincidiendo con lo anterior, Alvarado *et al.*, (2021) demostraron que la adición de 1.25 mg/kg PV/d de CZ en dieta basal de bovinos, disminuyó 3.13% el valor de a\* ( $P<0.009$ ) y 4.9% el valor de b\* ( $P<0.0003$ ). Asimismo, suplementar 8.3 mg/kg PV/d en bovinos disminuyó los parámetros de a\* 11.19% ( $P<0.006$ ) y b\* 8.61% ( $P<0.04$ ) (Hilton *et al.*, 2014). Sin embargo, Carrillo- Muro *et al.* (2021), con la adición de 0.16 mg/kg PV/d en ovinos de finalización, mencionan que no afecta la variable del color de la carne (Cuadro 25).

#### **2.7.5.5 Capacidad de retención de agua**

Carrillo-Muro *et al.* (2021) y López-Baca *et al.* (2021), concluyen que en ovinos alimentados con dieta basal en etapa de finalización, no afecta la variable de CRA al adicionar CZ ( $P>0.05$ ) (Cuadro 26).

#### **2.7.5.6 Fuerza de corte de Warner-Bratzler**

Carrillo-Muro *et al.* (2021), reportan que suplementar CZ (0.16 mg/kg PV/d) en ovinos en finalización bajo estrés calórico, aumenta 45% WBSF. En relación con Leyva (2015) demostró que adicionar 0.15mg/kg PV/d de CZ en ovinos de finalización tiende a aumentar 18% ( $P=0.08$ ) el WBSF. En cambio, López-Baca *et al.* (2021) no reportaron diferencias ( $P>0.05$ ).

La suplementación de 1.25 mg/kg PV/d de CZ (durante 30 d) más 6 Millones de UI de vitamina D3 (durante los últimos 6 d previos al sacrificio), aumentó el 77.8% ( $P<0.05$ ) la WBSF en carne de bovinos (Morón-Fuenmayor *et al.*, 2002). Sin embargo, Alvarado *et al.* (2021), reportaron que la adición de CZ en dieta basal de bovinos, no mostró diferencias.

**Cuadro 25.** Efecto de la inclusión de clorhidrato de zilpaterol (CZ) sobre el color de *Longissimus dorsi*.

Variable de respuesta	Testigo	CZ	Valor de P	Dosis mg, d	Inclusión, d	Especie	Dieta	Referencia
L*	41.2	42.5	>0.05	0.1	32	Ovinos Dorper × Pelibuey	18.5% forraje y 81.5% concentrado	Vicente-Pérez <i>et al.</i> , 2022
	38.99	37.83	<0.01	0.15	63	Ovinos Dorper × Pelibuey	30% forraje y 70% concentrado	López-Baca <i>et al.</i> , 2021
	41.1	40.66	>0.05	0.16	33	Ovinos Pelibuey x Katahdin	12 % forraje y 88% concentrado	Carrillo-Muro <i>et al.</i> , 2021
	37.7	31.9	<0.001	0.15	30	Ovinos Pelibuey x Blackbelly	19% forraje y 81% concentrado	Partida <i>et al.</i> , 2015
	34.57	34.74	>0.05	8.3	30	Bovinos	-	Hilton <i>et al.</i> , 2014
a*	9.15	7.76	<0.01	0.1	32	Ovinos Dorper × Pelibuey	18.5% forraje y 81.5% concentrado	Vicente-Pérez <i>et al.</i> , 2022
	21.23	21.07	>0.05	0.16	33	Ovinos Pelibuey x Katahdin	12 % forraje y 88% concentrado	Carrillo-Muro <i>et al.</i> , 2021
	16.21	13.12	<0.01	0.15	63	Ovinos Dorper × Pelibuey	30% forraje y 70% concentrado	López-Baca <i>et al.</i> , 2021
	28.91	28.03	<0.009	125	30	Bovinos	8% forraje y 92% concentrado	Alvarado <i>et al.</i> , 2021
	16.5	14.1	<0.04	0.2	27	Ovinos Dorper x Katahdin	12.5 % forraje y 87.5 % concentrado	Leyva, 2015
	15.5	12.9	<0.001	0.15	30	Ovinos Pelibuey x Blackbelly	19% forraje y 81% concentrado	Partida <i>et al.</i> , 2015
	15.5	13.94	<0.006	8.3	30	Bovinos	-	Hilton <i>et al.</i> , 2014
b*	10.26	9.74	>0.05	0.1	32	Ovinos Dorper × Pelibuey	18.5% forraje y 81.5% concentrado	Vicente-Pérez <i>et al.</i> , 2022
	20.65	19.68	<0.0003	125	30	Bovinos	8% forraje y 92% concentrado	Alvarado <i>et al.</i> , 2021
	6.01	5.86	>0.05	0.16	33	Ovinos Pelibuey x Katahdin	12 % forraje y 88% concentrado	Carrillo-Muro <i>et al.</i> , 2021
	7.39	6.61	<0.01	0.15	63	Ovinos Dorper × Pelibuey	30% forraje y 70% concentrado	López-Baca <i>et al.</i> , 2021
	16.4	13.5	<0.03	0.2	27	Ovinos Dorper × Pelibuey	12.5 % forraje y 87.5 % concentrado	Leyva, 2015
	13.87	12.77	<0.04	8.3	30	Bovinos	-	Hilton <i>et al.</i> , 2014

**Cuadro 26.** Efecto de la inclusión de clorhidrato de zilpaterol (CZ) sobre la capacidad de retención de agua y fuerza de corte de Warner-Bratzler (WBSF).

Variable de respuesta	Testigo	CZ	Valor de P	Dosis mg, d	Inclusión, d	Modelo animal		Dieta	Referencia
						Raza	Peso Inicial, kg		
Capacidad de retención de agua, %	24.84	23.14	>0.05	0.16	33	Pelibuey x Katahdin	46.7±2.4	12% forraje, y 88% concentrado	Carrillo-Muro <i>et al.</i> , 2021
	84.34	84.83	>0.05	0.15	63	Dorper x Pelibuey	35 ± 0.2	30% forraje y 70% concentrado	López-Baca <i>et al.</i> , 2021
	59.7	64.16	>0.05	125	30	Bovinos	430	8% forraje y 82% concentrado	Alvarado <i>et al.</i> , 2021
	2.63	3.82	<0.01	0.16	33	Ovinos Pelibuey x Katahdin	46.7±2.4	12% forraje y 88% concentrado	Carrillo-Muro <i>et al.</i> , 2021
WBSF, kg/cm <sup>2</sup>	68.45	74.62	>0.05	0.15	63	Ovinos Dorper x Pelibuey	35 ± 0.2	30% forraje y 70% concentrado	López-Baca <i>et al.</i> , 2021
	3.21	3.79	=0.08	0.2	27	Ovinos Dorper x Katahdin	45.4 ± 0.92	12.5 % forraje y 87.5% concentrado	Leyva, 2015
	8.79	15.63	>0.05	125	30	Bovinos <i>Bos taurus</i>	450 ± 20	-	Morón-Fuenmayor <i>et al.</i> , 2002



## 2.8 Vitaminas

Las vitaminas son compuestos orgánicos requeridos para el mantenimiento y crecimiento de los animales, las cuales no son sintetizadas por ellos, por lo que tienen que aportarse en la dieta o por alguna otra vía (Ramírez *et al.*, 2017; Cravero *et al.*, 2018). Las vitaminas tampoco son fuente de energía ni forman parte de las estructuras del cuerpo, pero son indispensables para el metabolismo y algunas funciones específicas en el organismo (Lehninger *et al.*, 1995). De acuerdo con su solubilidad se clasifican en 1) Liposolubles: A, D, E y K, están formadas de C, H y O<sub>2</sub>; y 2) Hidrosolubles: poseen N, S o Co, exceptuando la vitamina C e inositol (Bauer *et al.*, 2009) (Cuadro 27).

Como resultado de la síntesis microbiana, los rumiantes adultos aparentemente no requieren de suplementación de este grupo de vitaminas; sin embargo, debido a la intensificación de los sistemas de producción (dietas altas en concentrados, uso de aditivos que aceleran la tasa de crecimiento, estrés crónico) es posible, que bajo ciertas condiciones, la síntesis microbiana de vitaminas se deprima y/o se incrementen los requerimientos de ciertas vitaminas del complejo B en el animal por lo que pudiera considerarse la utilización de suplementos vitamínicos (Ramírez *et al.*, 2017).

### 2.8.1 Vitaminas liposolubles

Las vitaminas liposolubles se disuelven en grasas como las vitaminas A, D, E, K. Se encuentran en insumos como el maíz (porción germinal, donde se concentra la mayoría de los lípidos) y la soya. Pueden estar presente bajo la forma de provitamina (caroteno, colesterol, tocoferol, etc.), transformándose en vitamina en el tubo digestivo o en los tejidos, luego de ser absorbida por el animal estas se almacenan en los tejidos adiposos y en el hígado (Chazi, 2006).

Estudios han demostrado que los micronutrientes como el zinc, el selenio, el hierro, el cobre, el beta caroteno, las vitaminas A, C y E y el ácido fólico pueden influir en el sistema inmune, está establecido, que, unas deficiencias de estas afectan la resistencia a las enfermedades mediante dos mecanismos: 1) La

**Cuadro 27.** Clasificación de vitaminas (Reyes, 2000).

<b>Vitaminas liposolubles</b>	<b>Vitaminas hidrosolubles</b>
A	Biotina
D	Colina
E	Folacina (ácido fólico)
K	Niacina (ácido nicotínico)
	Ácido pantoténico (Vitamina B1)
	Ácido para amino benzoico (APAB)
	Riboflavina (Vitamina B2)
	Vitamina B6 (Piridoxina, Piridoxal)
	Vitamina B12(Cobalamina)
	Vitamina C (Ácido ascórbico)

Reducción de la capacidad de fagocitosis de las células para matar a los patógenos invasores; y 2) La disminución de la respuesta inmune humoral al desafío del antígeno. Por lo tanto, se necesitan micronutrientes adecuados para prevenir el daño de las células que participan en la inmunidad innata. Las deficiencias de zinc y vitaminas A y D pueden reducir la función de las células asesinas naturales, mientras que el zinc o la vitamina C suplementarios pueden potenciar su actividad (Erickson *et al.*, 2000; McDowell, 2002).

Nockels (1996) menciona que las influencias de las vitaminas en la inmunocompetencia se han centrado en su papel como antioxidantes. Los oxidantes, incluidos los radicales libres, son productos de muchas actividades metabólicas y pueden dañar los tejidos animales. Los oxidantes se producen en niveles mayores durante la desintoxicación de muchos productos químicos y con el ejercicio, el estrés, las lesiones tisulares y la infección. En estas condiciones, la proporción entre los antioxidantes y estos metabolitos reactivos del O<sub>2</sub> puede desequilibrarse, y la integridad estructural y funcional de las células se vería comprometida. La peroxidación de ácidos grasos en las membranas celulares reduce la fluidez de las membranas celulares. Esta disminución de la fluidez parece disminuir la capacidad de los linfocitos para responder a los desafíos inmunes (Sordillo y Aitken, 2009).

### **2.8.2 Vitamina A**

De acuerdo con el NRC (2000) la vitamina A es la más importante en la alimentación y salud del ganado ya que posee mayor importancia práctica en la alimentación del ganado bovino de finalización debido al limitado uso de forrajes frescos en las dietas de crecimiento-finalización, es esencial para el crecimiento normal, reproductivo, mantenimiento del tejido epitelial (piel, ojo, revestimiento del gastrointestinal, respiratorio, urinario y tractos reproductivos), desarrollo de huesos y la visión normal (Bauer *et al.*, 2009).

El  $\beta$ -caroteno es un precursor de la vitamina A, en ganado bovino son suministrados mediante pastos, heno o ensilaje. Los animales en pastoreo no reciben vitamina A, sino el pigmento caroteno que luego es transformado en

vitamina A en las paredes del intestino delgado (NRC, 1996), las bacterias intestinales tienen la capacidad de sintetizar provitamina A, es por eso que los animales adultos producen más cantidad de vitaminas en el tubo digestivo, ya que poseen una flora variada y establecida, en contraste con los pollos (Rivera y Llaque, 2014). El caroteno es formado solamente en las plantas y está ampliamente difundido en la naturaleza (Rosales, 2003), por lo cual la capacidad del ganado bovino de engorda para convertir los carotenos en retinol (que es la forma activa de la vitamina A en los animales) es limitada (NRC, 1996).

### **2.8.3 Vitamina K**

Denomina también filoquinona, constituyen el grupo de las vitaminas K1 (filoquinonas), familia K2 (menaquinonas), familia K3 (menadionas) y familia K4. Esta última se ha obtenido sintéticamente y es la más activa del grupo, su principal función es la coagulación sanguínea, mediante la formación de la protrombina (enzima necesaria para la producción de fibrina en la coagulación), tiene un efecto protector de los osteoclastos y en reproducción participa en la embriogénesis. La vitamina K se metaboliza en el hígado y desde ahí es distribuida a los tejidos corporales. El hígado, glándulas suprarrenales, ganglios linfáticos, pulmones, riñones y médula ósea son tejidos ricos en vitamina K. Las fuentes más ricas en vitamina K son la alfalfa y el hígado de pescado (Pardo, 2004; Castillas, 2018).

Duarte *et al.* (2014), trabajaron con niveles de vitamina K<sub>3</sub> (0, 1.6 mg/kg, 11.6 mg/kg, 21.6 mg/kg, 41.6 mg/kg, 61.6 mg/kg y 81.6 mg/kg) en pollos de engorda (línea comercial Cobb Vantress). El grupo alimentado con la dieta que contenía 61.6 mg/kg de vitamina K<sub>3</sub> presentó mayor CMS ( $P=0.048$ ). Los grupos con dietas de 61.6 y 81.6 mg/kg de vitamina K<sub>3</sub> presentaron mayor peso ( $P=0.022$ ). Los grupos alimentados con 21.6, 61.6 y 81.6 mg/kg de vitamina K<sub>3</sub> mostraron mayor GDP ( $P=0.008$ ).

### **2.8.4 Vitamina E**

La Vitamina E está asociada con el selenio (Se), sus funciones son: 1) reproductivo; 2) protección de las membranas celulares, ayuda a mantener la

estructura y la función de todos los músculos, es esencial para el sistema inmunológico (Lehninger *et al.*, 1995); y 3) metabólico, protege las membranas biológicas, evitando la oxidación de sus componentes celulares esenciales (Latshaw, 1991) y evitando la formación de productos tóxicos de oxidación como los peróxidos de ácidos grasos no saturados, actuando, así como estabilizador de la estructura lipídica de los tejidos; una carencia de esta vitamina provoca alteraciones en el sistema muscular y cardiovascular especialmente en animales (Bravo *et al.*, 1976). En animales de laboratorio, una deficiencia de vitamina E afecta la actividad de los macrófagos y las células asesinas naturales (Erickson *et al.*, 2000).

González-Maldonado *et al.* (2019), reportaron que el efecto de la inyección de dosis aumentadas de vitaminas C y E (6000 mg y 6000 UI frente a 3000 mg y 3000 UI) en los parámetros reproductivos del ganado lechero Holstein no aumenta los parámetros reproductivos (diámetro del folículo preovulatorio, el tiempo al celo, el área del cuerpo lúteo, la tasa de preñez 35 y 45 días después de la IA y las concentraciones plasmáticas de estradiol y progesterona).

### **2.8.5 Vitamina D**

La vitamina D es fundamental para mantener la homeostasis del Ca y el metabolismo óseo, mineral de gran importancia debido a que está involucrado en una gran variedad de procesos fisiológicos, modulación del sistema inmunológico y menor incidencia de patologías del bovino (Tiraboschi *et al.*, 2023). Tiene un papel importante en la modulación de la respuesta inflamatoria en no rumiantes (Barreda *et al.*, 2014), siendo un regulador de la expresión génica, y niveles séricos bajos de  $\text{HyD}_3$  se asoció con una capacidad de destrucción reducida de los macrófagos. 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 (Vásquez *et al.*, 2017).

### **2.8.6 Vitaminas hidrosolubles.**

Las vitaminas hidrosolubles deben su nombre a su alta solubilidad en agua y la mayoría de éstas son co-enzimas que tienen un funcionamiento activo en el organismo, al aumentar la velocidad de las reacciones fisiológicas (catálisis), incluyen: 1) Tiamina (B<sub>1</sub>); 2) Riboflavina (B<sub>2</sub>); 3) Niacina (B<sub>3</sub>); 4) Ácido pantoténico (B<sub>5</sub>); 5) Piridoxina (B<sub>6</sub>); 6) Biotina (B<sub>8</sub>); 7) Ácido fólico (B<sub>9</sub>); y 8) Cianocobalamina (B<sub>12</sub>). Si estas vitaminas no están dentro del organismo se afecta el sistema nervioso, sistema inmune y por consiguiente, los componentes que permiten el correcto funcionamiento de ambos sistemas (Zago *et al.*, 2010; Campos-Granados, 2015).

El uso de suplementos de vitaminas del complejo B en los rumiantes prácticamente es inexistente debido a que los requerimientos son satisfechos por su propia capacidad de síntesis a nivel ruminal, por lo que son suficientes para cubrir sus requerimientos (Duff y Galyean, 2007). Beita-Carvajal y Elizondo-Salazar (2021) evaluaron el efecto del uso de complejo de vitaminas B durante dos periodos sobre la producción láctea y el metabolismo de vacas Jersey lecheras en pastoreo, cada periodo duro 30 días y concluyeron que suplementar vacas Jersey con un complejo de vitaminas B de sobrepaso no mostró ventaja alguna con respecto a las variables productivas.

Aunque las vitaminas del complejo B sean sintetizadas en el rumen, existen factores que pueden influir en el grado de síntesis y variación de una vitamina con respecto a otra (el ambiente ruminal, la composición y cambio de la ración) (Zinn *et al.*, 1987). Por lo tanto, la mayoría de las vitaminas del complejo B necesitan ser inyectadas o protegidas de la degradación ruminal, de manera que sobrepasen el rumen evitando así su destrucción (Leclerc *et al.*, 2016). No obstante, la práctica de proporcionar inyecciones de vitaminas B es común en los corrales de engorda (31.4% de todos los corrales de engorda la administran) (USDA-APHIS, 2001) como parte de los regímenes de tratamiento de CRB, presumiblemente porque se cree que estimula la inmunidad o tal vez el CMS.

### **III. HIPÓTESIS**

La combinación de aceites esenciales, 25-hidroxi-vit-D<sub>3</sub> y el clorhidrato de zilpaterol en dietas de finalización de ovinos, mejoran las características de calidad de la carne, en lo que respecta: pérdida por descongelamiento, pérdida por goteo, capacidad de retención de agua, pérdida por cocción, color y fuerza al corte.

## **IV. OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar las características de calidad de la carne de ovinos de finalización suplementados con aceites esenciales, 25-hidroxi-Vit-D<sub>3</sub> y clorhidrato de zilpaterol.

### **OBJETIVOS PARTICULARES**

1. Evaluar la carne de ovinos en finalización suplementados con aceites esenciales, 25-hidroxi-Vit-D<sub>3</sub> y clorhidrato de zilpaterol sobre: pérdida por descongelación, pérdida por goteo y capacidad de retención de agua.
2. Evaluar la carne de ovinos en finalización suplementados con aceites esenciales, 25-hidroxi-Vit-D<sub>3</sub> y clorhidrato de zilpaterol sobre: la pérdida de peso por cocción, color y fuerza al corte.



## **V. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **5.1 Ubicación**

Las muestras de carne procedían de una prueba de comportamiento productivo, que se llevó a cabo en la “Unidad Experimental para Engorda de Pequeños Rumiantes” y en el “Laboratorio de Análisis de Alimentos”, ubicados en las instalaciones de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Sinaloa, localizados en el Boulevard San Ángel 3800 oriente, Colonia San Benito, en Culiacán, Sinaloa. Los ovinos fueron procesados en las instalaciones del rastro municipal de Costa Rica, Sinaloa. Geográficamente la ciudad de Culiacán se localiza a 20° 48' latitud Norte y 107° 23' longitud Oeste, a una altura de 60 msnm, una temperatura media anual de 24.8 °C, con 33.3 y 16.3 °C como temperaturas máximas y mínimas promedio, y 44.5 y 1.5°C de temperatura máximas y mínimas extremas; con 144, 159 y 92 días despejados, medio nublados y nublados al año respectivamente, con una precipitación pluvial promedio anual de 675 mm, con lluvias en verano (julio a septiembre), el clima de la región se clasifica como cálido semiseco (CIAPAN, 2002).

El análisis de calidad de la carne fue se llevó a cabo en el Laboratorio de Calidad de la Carne de la Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Zacatecas (UAMVZ-UAZ) (22° 59' N y 102° 44'O), perteneciente al municipio de General Enrique Estrada, Zacatecas. El predio se ubica a una altura de 2,149 msnm y tiene una temperatura media anual de 14 - 1 °C, como temperaturas máximas y mínimas promedio; se caracteriza por un periodo de lluvias de cuatro meses desde principios de junio y todo el verano, y seco el resto del año, aunque en ocasiones suele llover en invierno, su precipitación pluvial oscila entre los 400 y los 500 mm anuales. El clima de la región se clasifica como semiseco templado.

### **5.2 Material biológico**

Las 48 muestras de carne provenían de 48 ovinos cruza Pelibuey x Katahdin (una muestra por animal x cuatro tratamientos), que estuvieron en una prueba de comportamiento productivo con duración de 70 d, con los siguientes

tratamientos: **Testigo**: Sin aditivos; **AE+HyD<sub>3</sub>**: 150 mg/kg MS de mezcla de AE + 0.09 mg/kg MS de 25-hydroxy-Vit-D<sub>3</sub> (DSM Nutritional Products, Basilea, Suiza); **CZ**: 5.6 mg/kg MS de CZ (MSD Salud Animal México, Santiago Tianguistenco, México), suministrado durante los últimos 32 días y 3 días de periodo de retiro; **AE+HyD<sub>3</sub>+CZ**: 150 mg/kg MS de mezcla de AE + 0.09 mg/kg MS de 25-hydroxy-Vit-D<sub>3</sub> + 5.6 mg/kg MS de CZ, el AE se incluyó durante 70 d y se combinó los últimos 32 días más 3 días de periodo de retiro con CZ. Recibieron una dieta basal, a base de maíz quebrado (14.20% PC y 2.10 Mcal EN<sub>m</sub>/kg). La composición y aporte nutrimental de las dietas experimentales se describe en el cuadro 28.

### 5.3 Obtención de muestras

Las muestras se obtuvieron durante la disección de la canal ovina en cortes primarios, para ellos se seleccionó el lomo izquierdo desde la sexta hasta la doceava costilla. Para la determinación de las variables de calidad de la carne se obtuvo una muestra del músculo *Longissimus dorsi* (LD), entre la 12<sup>a</sup> costilla y la 2<sup>a</sup> vértebra lumbar, de 2 pulgadas de grosor, se colocaron individualmente en bolsas de plástico selladas al vacío, se refrigeraron a 4 ° C durante un día, luego se congelaron y almacenaron a -20 ° C hasta las mediciones posteriores en el Laboratorio de Calidad de la Carne de la UAMVZ-UAZ.

### 5.4 Variables de calidad de la canal

#### 5.4.1 Pérdida por descongelamiento

Para la determinación de esta variable, se utilizaron las muestras de carne obtenidos en la planta y congeladas durante 14 días, una vez pasado este periodo, las muestras se descongelaron de 24 a 48 h a una temperatura de refrigeración de 2° C, el peso de las muestras se registró antes y después del procedimiento de descongelación. El resultado se expresó como el porcentaje de pérdida relacionado con el peso inicial y se calculó de la siguiente manera [(peso inicial - peso final) / peso inicial] × 100.

**Cuadro 28.** Composición de la dieta basal y los tratamientos.

Concepto	Tratamientos <sup>1</sup>			
	Testigo	AE+HyD <sub>3</sub>	CZ	AE+HyD <sub>3</sub> +CZ
<b>Composición de ingredientes (%)</b>				
Heno de Sudán	10.0	10.0	10.0	10.0
Maíz quebrado	68.0	68.0	68.0	68.0
Pasta de soya	10.0	10.0	10.0	10.0
Aceite esencial	0.0	+++	0.0	+++
Clorhidrato de zilpaterol	0.0	0.0	+++	+++
Melaza	6.0	6.0	6.0	6.0
Grasa amarilla	2.5	2.5	2.5	2.5
Zeolita	1.0	1.0	1.0	1.0
Premezcla de sal proteico/mineral <sup>2</sup>	2.5	2.5	2.5	2.5
<b>Composición química (% base MS)<sup>3</sup></b>				
Proteína Cruda	14.2	14.2	14.2	14.2
Fibra detergente neutral	15.43	15.43	15.43	15.43
Ca	0.83	0.83	0.83	0.83
P	0.33	0.33	0.33	0.33
<b>Energía neta calculada (Mcal/kg)</b>				
Mantenimiento	2.1	2.1	2.1	2.1
Ganancia	1.44	1.44	1.44	1.44

<sup>1</sup> Testigo: Sin aditivos; AE+HyD<sub>3</sub>: 150 mg/kg MS de mezcla de AE + 0.09 mg/kg MS de 25-hydroxy-Vit-D<sub>3</sub> (DSM Nutritional Products, Basilea, Suiza); CZ: 5.6 mg/kg MS de CZ (MSD Salud Animal México, Santiago Tianguistenco, México), durante los últimos 32 d y 3 d de periodo de retiro; AE+HyD<sub>3</sub>+CZ: 150 mg/kg MS de mezcla de AE + 0.09 mg/kg MS de 25-hydroxy-Vit-D<sub>3</sub> + 5.6 mg/kg MS de CZ, el AE se incluyó durante 70 d y se combinó los últimos 32 d más 3 d de periodo de retiro con CZ.

<sup>2</sup> Premezcla mineral: 72.8% de proteína cruda, 20% de calcio; 0.010% CoSO<sub>4</sub>; CuSO<sub>4</sub>, 0.15%; FeSO<sub>4</sub>, 0.528%; ZnO, 0.111%; MnSO<sub>4</sub>, 0.160%; KI, 0.007%; y 13.7% NaCl.

<sup>3</sup> Basado en valores tabulares de energía neta (EN) y composición de nutrientes para ingredientes individuales del alimento (NRC, 2007).

#### **5.4.2 Pérdida de peso por cocción**

Se determinó mediante la pérdida de peso después de cocinar muestras de carne de aproximadamente 2 pulgadas y entre 15 y 20 g. Las muestras se colocaron individualmente en bolsas de plástico selladas y se calentaron en un baño maría a 75 ° C hasta alcanzar una temperatura interna de 70 °C. La temperatura se controló con un termómetro introducido en el centro de la muestra. Después de la cocción, las muestras se enfriaron durante 15 minutos con agua corriente del grifo, se retiraron del embalaje, se secaron para eliminar el exceso de humedad de la superficie y se pesaron. El resultado se expresó como el porcentaje de pérdida relacionado con el peso inicial  $[(\text{peso inicial} - \text{peso final}) / \text{peso inicial}] \times 100$ .

#### **5.4.3 Pérdida por goteo**

Después de 24 h de descongelación de los músculos LD se tomaron tres porciones de 0.5 cm de ancho x 0.5 cm de alto x 3.0 cm de largo, longitudinalmente a la fibra muscular. Las muestras se pesaron en una balanza analítica y se colocaron en bolsas de plásticos ziploc<sup>MR</sup> suspendidas con ganchos, evitando que la porción de carne tocara las paredes de la bolsa. Este procedimiento se realizó en una cámara a 4 °C y se almacenó a 0 °C para su próximo pesaje a las 24 h. El porcentaje de pérdida se calculó en función a la diferencia de peso inicial menos el peso final por 100 entre el peso inicial (Braña *et al.*, 2011).

#### **5.4.4 Capacidad de retención de agua**

Se determinó mediante la técnica modificada de Grau y Hamm propuesta por Tsai y Ockerman (1981). Se tomaron 0.3 g de carne, colocándolo entre dos papeles filtro (Whatman # 1) y posteriormente se sometió a presión entre dos placas de vidrio (dos cajas Petri) a presión de 2.250 kg durante 5 minutos. Posteriormente, se retiraron las placas y los papeles filtro, con atención que no quedarán restos de carne adheridos a los mismos, y se volvió a pesar la muestra;

el resultado se expresó como el porcentaje de pérdida relacionado con el peso inicial  $[(\text{peso inicial} - \text{peso final}) / \text{peso inicial}] \times 100$ .

#### **4.4.5 Color de la carne**

Para la evaluación del color de la carne, mediante el sistema CIE L\*a\*b\* (L\*, luminosidad; a\*, tendencia al rojo y b\*, tendencia al amarillo), se realizó la medición por triplicado por medio de un espectro-colorímetro CR-410 (Konica Minolta, New Jersey, USA), previa calibración con los estándares. Para hacer la medición en las canales se esperaron que estén expuestas por 24 h, después de la matanza, a refrigeración a 4 °C. Para la medición del color del músculo se realizó en el músculo *Longissimus dorsi*. Todo ello se realizó evitándose la formación de burbujas y zonas con acumulación de sangre (CIE, 2004).

#### **5.4.6 Fuerza de corte de Warner-Bratzler**

Por sus siglas en inglés WBSF (Warner-Bratzler Shear Force). Se determinó de acuerdo a AMSA (2016). Las muestras se cocinaron en grupos de dos en parrillas eléctricas (modelo GR2120B, George Foreman Electronics, EUA) hasta alcanzar una temperatura interna de 70 ° C (monitoreada con termómetros introducidos en la muestra). Después de cocinar, se permitió que las muestras se equilibraran a temperatura ambiente (20 a 25 ° C). Se extrajeron tres trozos de carne de 1.27 cm de diámetro de cada muestra (paralelos a la fibra muscular) con un sacabocado. Cada muestra se cortó perpendicularmente a la fibra muscular con una máquina de corte Warner-Bratzler utilizando una cuchilla de fuerza de corte (G-R Manufacturing, Manhattan, KS, EUA). Se registraron y promediaron las mediciones de la fuerza de cizallamiento máxima para obtener un único valor de WBSF para cada muestra.

#### **5.5 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 y los animales estaban apareados. El tratamiento se

consideró como efecto fijo y el cordero como efecto aleatorio. Para las muestras de carne se utilizó cada cordero como unidad experimental con procedimiento de submuestreo. Los efectos de los tratamientos se calcularon con contrastes ortogonales los cuales fueron:

1) Testigo vs AE+HyD<sub>3</sub>, 2) Testigo vs CZ, 3) AE+HyD<sub>3</sub> vs CZ.

Y se analizó la interacción de AE+HyD<sub>3</sub> x CZ.

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

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 Pérdida por descongelamiento

No existe evidencia del efecto de CZ y AE+HyD<sub>3</sub> sobre la PPD, sin embargo, Morón-Fuenmayor (2010) señala que la alimentación animal tiene efecto en las características de canal, porque los aditivos utilizados en las dietas de finalización mejoran la eficiencia energética en la fermentación ruminal, que se traduce en aumentó del rendimiento de la canal. Los AE tienen propiedades similares a los ionóforos y contienen compuestos que se ha demostrado modulan la fermentación ruminal mediante la selección de microorganismos en el rumen, mejorando así la utilización de nutrientes en los rumiantes (Silva *et al.*, 2023), y las propiedades sensoriales de la carne como son color, textura y firmeza, están relacionadas con la cantidad de agua que está contenida o retenida en la carne (Braña *et al.*, 2011). En acuerdo con esto, en el presente estudio, se observó que con la inclusión de solo CZ en la dieta de ovinos en finalización se redujo ( $P<0.01$ ) la PPD en un 94.6% a 72.3% cuando se agregó además AE+HyD<sub>3</sub> al CZ, y 23.5% con solo AE+HyD<sub>3</sub>, comparado con los testigos.

### 6.2 Pérdida por goteo

Como era de esperarse la PPG fue mayor a las 24 h, siendo superior ( $P<0.01$ ) 22.7% con la combinación de AE+HyD<sub>3</sub>+CZ, 19.2% con solo AE+HyD<sub>3</sub> y 10.9% con CZ, comparado con los testigos. A las 48 h, se redujo ( $P<0.01$ ) la PPG, sin embargo, ahora fue menor con solo CZ 8.2%, 8.9% AE+HyD<sub>3</sub>+CZ y 23.8% AE+HyD<sub>3</sub>. En contraste, Estupiñá *et al.* (2022), con la inclusión de AE en aves observó reducciones en esta variable 1.5% a las 8 h y 20.7% a las 16 h, y Carrillo-Muro *et al.* (2023), con 7.2 mg/kg PV/d de CZ observó aumentos hasta del 61.3%. Sin embargo, Carrillo-Muro *et al.* (2021) con la adición de 0.16 mg/kg PV/d de CZ no observaron diferencias.

### 6.3 Pérdida por cocción

En el presente estudio no se observaron diferencias de PPC entre la adición de AE+HyD<sub>3</sub> y CZ ( $P>0.05$ ), coincidiendo con Toseti *et al.* (2020), y Soares *et al.*

(2023), quienes refieren que en bovinos Nellore la adición de monensina sódica (MON), no afectó la variable en comparación con grupo suplementado con AE+ $\alpha$ -amilasa exógena; de igual manera Alvarado *et al.* (2021), Carrillo-Muro *et al.* (2021) y López-Baca *et al.* (2021), no refieren efecto con la adición de CZ. Sin embargo, Silva *et al.* (2023), señalaron aumento de 2.68% con AE vs MON en bovinos; al igual que Wang *et al.* (2020), trabajaron con diferentes dosis de HyD<sub>3</sub> (200, 800 y 3200 UI/kg/ dieta basal) en cerdas, reportaron que con la adición de 200 UI aumentó la PPC un 30.0% a las 0 h, a las 24h 28.93% y a las 48 h 35.5% comparado con el grupo suplementado con 3200 UI/kg/dieta basal. Huerta y Rosas (1998) mencionan que a medida que los animales avanzan en madurez, la organización de las fibras de colágeno se hace más compleja y por lo tanto menos soluble al calor durante la cocción, haciendo que las carnes cocidas sean más duras al corte, esto explica que la carne de los animales adultos sea más dura que la de los jóvenes, debido a la menor solubilidad del colágeno (Garriza, 2001).

#### **6.4 Capacidad de retención de agua**

Los resultados del presente estudio no mostraron efecto sobre la CRA con la suplementación de AE+HyD<sub>3</sub>+CZ. ( $P>0.05$ ). Al adicionar AE en el alimento de conejos (Méndez-Zamora *et al.*, 2016) y en bovinos (Meschiatti *et al.*, 2018) no se encontró efecto, mientras que en aves disminuyó 7.2 a 20% (Angus *et al.*, 2019; Sánchez-Zamora *et al.*, 2020; Barraza-santos *et al.*, 2021) y en conejo aumentó 6% (Aquino-López *et al.*, 2020). Carrillo-Muro *et al.* (2021) y López-Baca *et al.* (2021), no reportaron efecto al adicionaron CZ en ovinos.

#### **6.5 Fuerza de corte Warner-Bratzler**

En lo que respecta, a la inclusión de AE+HyD<sub>3</sub>+CZ se observó que no tuvo efecto en la variable WBSF ( $P>0.05$ ), coincidiendo con Sánchez-Zamora *et al.* (2020), Barraza-santo *et al.* (2021) y Valverde, (2022), quienes no mencionan efecto debido a la adición de AE en aves. Sin embargo, Garcia-Galicia *et al.* (2020), trabajaron con dosis de EA (0.2, 0.3 y 0.4 mg/kg PV/d) en ovinos de finalización y reportaron que adicionar de 0.3 mg/kg PV/d tuvo efecto disminuyendo 4.3% la WBSF vs testigo adicionado con MON (33 mg/kg PV/d).



Asimismo, Toseti *et al.* (2020), concluyen que la adición de MON (26 mg/kg PV/d) aumentó 1.21% la WBSF vs suplementado con  $\alpha$ -amilasa exógena. Sin embargo, Soares *et al.* (2023), no reportaron efectos sobre la adición de MON en bovinos en etapa de finalización.

Estudios reportan que, en ovinos bajo estrés calórico, la adición de CZ en dieta basal de finalización aumenta 18% (Carrillo-Muro *et al.*, 2021) y 45% (López-Baca *et al.*, 2015) WBSF. Sin embargo, Morón-Fuenmayor *et al.* (2002) y Alvarado *et al.* (2021) en bovinos y López-Baca *et al.* (2021) en ovinos, no reportan efectos con la inclusión de CZ. Algunas investigaciones indican que en especies como los ovinos, el efecto del sexo sobre las características de la canal está mayormente relacionado con la cantidad de grasa que a la cantidad de musculo (Horcada *et al.*, 1998; Díaz *et al.*, 2003; Casas, 2021).

## 6.6 Color

Está demostrado que el color de la carne es el principal atributo que atrae el consumidor al momento de adquirirla (Desdémona, 2023; Soares *et al.*, 2023), el color depende de la edad y alimento que haya consumido el animal (Fábregas, 2002); es este presente estudio la adición de AE+HyD<sub>3</sub> y CZ no afectó la luminosidad de la carne. Por el contrario, Smeti *et al.* (2013) y Barraza-Santos *et al.* (2021), reportaron que el valor de L\* aumentó 5.6 a 11.65% con adición de AE y de 3.0 a 18.1% con adición de CZ (Partida *et al.*, 2015; López-Baca *et al.*, 2021), mientras que Smeti *et al.* (2014), Kirkpinar *et al.* (2014) y Aquino-López *et al.* (2020), mencionan que el valor de L\* disminuyó de 7 a 1.4% con la suplementación de AE. Wang *et al.* (2020), al incluir diferentes dosis de HyD<sub>3</sub>, refieren que dosis de 200UI de HyD<sub>3</sub> en cerdas, aumentó el valor de L\* 5.72% 0 h, 3.62% 24 h y 2.98% 48 h en comparación con 3200 UI de HyD<sub>3</sub>. En el presente estudio se observó que la combinación de AE+HyD<sub>3</sub>+CZ aumentó el valor de a\* 17.2%, 16.7% con CZ y 7.9% con AE+HyD<sub>3</sub>, comparado con el grupo testigos; estos resultados coinciden con los valores registrados por Kirkpinar *et al.* (2014), y Barraza-Santos *et al.* (2021) quienes mencionan que en aves disminuyó 7.8 a 7.5% el valor de a\*, mientras Smeti *et al.* (2013) y Smeti *et al.* (2014) reportaron aumentó 10.32 a 11.5% en ovinos suplementación de AE.

La adición de CZ en bovinos disminuyó la variable  $a^*$  11.1% (Hilton *et al.*, 2014) y 3.13% (Alvarado *et al.*, 2021)., mientras que autores como: Vicente-Pérez *et al.* (2022) menciona que la adición de CZ disminuyó el valor de  $a^*$  17.9%, Leyva (2015) 17.02%, Partida *et al.* (2015) 20.1% y López-Baca *et al.* (2021) 23.5%. Al mismo tiempo Wang *et al.* (2020), reportaron que la adición de 3200 UI de  $\text{HyD}_3$  aumentó la variable  $a^*$  8.90% a las 0 h, 29.08% a las 24h y 26.31% a las 48h en comparación con 200 UI  $\text{HyD}_3$ . En el presente estudio, la adición de AE+ $\text{HyD}_3$ +CZ aumentó el valor de  $b^*$  2.6%, disminuyó 15.1% con CZ y 2.6% con AE+ $\text{HyD}_3$ , comparados con el grupo testigo. Wang *et al.* (2020) mencionaron que la variable  $b^*$  aumentó con la adición de 200UI  $\text{HyD}_3$  16.25% 0 h, 15.64% 24h y 22.96 48h. La suplementación de AE, en conejos disminuye 18.4% (Aquino-López *et al.*, 2020), en ovinos 4.29% (Smeti *et al.*, 2013; Smeti *et al.*, 2014), en bovinos y ovinos la adición de CZ disminuyó  $b^*$  11.8-2.4% (Hilton *et al.*, 2014; Leyva, 2015; Partida *et al.*, 2015; Alvarado *et al.*, 2021; López-Baca *et al.*, 2021). Hernández *et al.* (2013), reportan que en rumiantes la adición de CZ se reduce el valor de  $b^*$  debido a que varios pigmentos están presentes en el músculo, la oxidación de la mioglobina a oximioglobina es el principal contribuyente en el color rojo brillante que indica que la descomposición fue muy limitada (Medina *et al.*, 2002). Diversos estudios reportan que la suplementación de AE (Méndez-Zamora *et al.*, 2016; Sánchez-Zamora *et al.*, 2020; Wang *et al.*, 2020) y CZ (Carillo-Muro *et al.*, 2021; Vicente-Pérez *et al.*, 2022) no afectó la variable  $b^*$

**Cuadro 29.** Efecto de la suplementación de aceites esenciales (AE) mas 25-Hidroxi-Vit-D<sub>3</sub> y Clorhidrato de Zilpaterol, en la calidad de la carne.

Concepto	Testigo <sup>1</sup>	AE+ HyD <sub>3</sub> <sup>2</sup>	CZ <sup>3</sup>	AE+HyD <sub>3</sub> +CZ <sup>4</sup>	Valor P	SEM
mg/kg	0	151 + 0.09	5.6	151 + 0.09 + 5.6		
PPD <sup>5</sup> , %	5.1	4.13	2.62	2.96	<0.01	0.134
PPG <sup>6</sup> , %						
24-h	12.88	15.35	14.28	15.8	<0.01	0.174
48-h	1.72	2.13	1.59	1.58	0.04	0.609
PPC <sup>7</sup> , %	15.69	16.29	15.44	14.97	0.66	0.703
CRA <sup>8</sup> , %	0.64	0.66	0.57	0.72	0.31	0.237
WBSF <sup>9</sup> , kg/cm <sup>2</sup>	2.44	2.59	2.48	2.58	0.29	
Color						
L	46.82	44.9	43.54	44.36	0.91	0.916
a*	12.9	13.92	15.06	15.12	0.02	0.637
b*	9.06	8.83	7.87	9.3	<0.01	0.38

<sup>1</sup>Testigo=basal, sin aditivos; <sup>2</sup>CRINA+HyD<sup>3</sup>= 150 mg/kg DM de aceite esencial plus y 0.9 mg/kg dieta MS de suplementación de 25-hydroxy-Vit-D3 (DSM Nutritional Products, Basel, Switzerland); CZ<sup>3</sup>= clorhidrato de zilpaterol, suplementar 5.6 mg/kg de la dieta durante 35 días final al experimento (con un retiro de 3 días al momento del sacrificio; MSD Salud Animal México, Santiago Tlanguistenco, México)

<sup>5</sup>Pérdida por descongelamiento; <sup>6</sup>Pérdida por goteo; <sup>7</sup>Pérdida por cocción; <sup>8</sup>Capacidad de retención de agua; <sup>9</sup>Warner-Bratzler shear force.

## VII. CONCLUSIONES

La combinación de 150 mg/kg MS de aceites esenciales más 0.09 mg/kg MS de 25-hydroxy-Vit-D3, en asociación con 5.6 mg/kg MS de clorhidrato de zilpaterol adicionada a dietas de corderos en finalización reduce la pérdida de peso por descongelación, la pérdida de peso por goteo a las 48 h, e incrementa el valor de a\* y b\*, sin efecto negativo en los valores de pérdida de peso por cocción, capacidad de retención de agua, esfuerzo de corte Warner Bratzler y luminosidad de la carne ovina.

## VIII. LITERATURA CITADA

- Alciva, C. G. A. y S. M. R. Ostaiza. 2017. Relación entre tiempo de descongelamiento y pérdida de peso de las muestras de carne de res y cerdo previamente congeladas. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Chone. Ecuador. Accesado: julio 2023. Disponible: <https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/1729/1/ULEAM-IAL-0034.pdf>.
- Al-Obaidi A. S. A., Al-doori Z. T., Mahmood A. B. 2020. Characteristics of Awassi Lambs Carcass and Meat with Drenching of Sage, Clove and Laurel Oils. Indian Journal of Ecology. 49 Special Issue (20): 409-414.
- Alvarado G. P. A., Rubio S. M., Sumano L. H. S., Ocampo C. L., Tapia P. G. G., delgado S E. J y Aguilar A. J. 2021. Evaluación de dos fuentes suplementarias de clorhidrato de zilpaterol sobre la calidad de la carne y los rasgos de la canal de toros Bos indicus cruzados en los trópicos. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v12i1.5408>.
- Álvarez, M. I. y W. L. Moreira do Santos. 2005. Evaluación de la terneza del bife angosto (músculo *Longissimus dorsi*) de novillos tipo Nelore de diferentes edades. Revista veterinaria. Cátedra Tecnología de la Carne y Derivados. Facultad de Ciencias Veterinarias UNNE. Argentina. Disponible:<https://revistas.unne.edu.ar/index.php/vet/article/view/1975>. Accesado: 3 de mayo del 2023.
- Amanzougarene Z., Yuste S., Vega A., Fondevila M. 2017. Efecto de la inclusión de aceites esenciales en dietas para el cebo de terneros sobre la fermentación in vitro de cebada. XVII Jornada sobre producción animal. Pp 258-260. [https://www.aida-itea.org/aida-itea/files/jornadas/2017/comunicaciones/2017\\_NyA\\_58.pdf](https://www.aida-itea.org/aida-itea/files/jornadas/2017/comunicaciones/2017_NyA_58.pdf).
- Amatrial, S. M. L. 2012. Tixtor, un producto tradicional de Navarra. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Pública de Navarra. España. Accesado: julio 2023.
- Angus A., Anass M. A., Luthfiana R y Hiagayat A. A. 2019. Effect of blend of natural essential oils addition in the drinkingwater on productivity, carcass yield and meat quality of broiler. Earth and Environmental Science 387 012078. doi:10.1088/1755-1315/387/1/012078.
- Aquino-López J. L., Chávez-Martínez A., García-Macías J. A., Méndez-Zamora G., Rentería-Monterrubio A. L., Dalle-Zotte A y García-Flores L. R. 2020. El aceite esencial y bagazo de orégano (*Lippia berlandieri* Schauer) afectan el comportamiento productivo y la calidad de la carne de conejo. Revista mexicana de ciencias pecuarias, 11(3), 701-717. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i3.5420>.

- Avendaño R. L., Torres R. V., Meraz M. F. J., Perez L. C., Figueroa S. F y Robinson PH. 2006. Effects of two adrenergic agonists on finishing performance, carcass characteristics, and meat quality of feedlot steers. *Journal of Animal Science*, 84:3259-3265.
- Bahramkhani-Zaringoli L., Mirzaei-Alamouti H., Aschenbach J. R., Vazirigohar M., Kumar P. A., Jafari-Anarkool I., Ganjkhanlou M., Ganjkhanlou D., Mansouryar M. 2022. *Animals*, 12(19), 2566; <https://doi.org/10.3390/ani12192566> Effects of Oil Supplements on Growth Performance, Eating Behavior, Ruminal Fermentation, and Ruminal Morphology in Lambs during Transition from a Low- to a High-Grain.
- Bakkali P., Averbeck S., Averbeck D y Idaomar M. 2008. Biological effects of essential oils. *Food and Chemical Toxicology*. Volume 46, Issue 2. Pp 446-475. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.09.106>.
- Balderas F. H. 2015. Protección natural: uso de aceites esenciales en bovinos. *Entorno Ganadero* 73, BM Editores Puebla, México. Sitio Argentino de Producción animal. [https://www.produccionanimal.com.ar/informacion\\_tecnica/manejo\\_del\\_alimento/156Proteccion\\_Natural.pdf](https://www.produccionanimal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/156Proteccion_Natural.pdf).
- Baroto A. J. 2022. Extracción verde de aceites esenciales. Recopilación – Química - Investigación Joven 8 (2). Cátedra de Industrias de Transformación Química. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata.
- Barragán-Hernández W. A., Mahecha-Ledesma L., Olivera A. M., Angulo-Arizala J. 2021. Compositional and sensory quality of beef and its determination by near infrared. *Costa Rica*. <https://doi.org/10.15517/am.v32i3.40607>.
- Barraza-Santos G. C., Hernández-Martínez C. A., Sinagawa-García S. R., Luna-Maldonado A. I., Flores-Girón E., Kawas-Garza J. R., López-Puga J. C y Méndez-Zamora G., 2021. Effect of oregano essential oils on meat quality of quail. *Ecosist. Recur. Agropec.* 8(2): e2709, 2021 <https://doi.org/10.19136/era.a8n2.2709>.
- Barreda D. R., Konowalchuk J. D., Riege, A. M., Wong M. E y Havixbeck J. J. 2014. TRIENNIAL GROWTH SYMPOSIUM—Novel roles for vitamin D in animal immunity and health. *Journal of Animal Science*, 92(3), 930-938.
- Bauer D., Rush I y Rasby R. 2009. MINERALS AND VITAMINS IN BEEF CATTLE. Sitio Argentino de Producción Animal. Página 1 de 18. Univ. de Nebraska, EE.UU. \*Extension Educ. Univ. de Nebraska. \*\*Beef Specialist Univ. de Nebraska.
- Bautista, Y, C. Narciso, A. Pro, A. S. Hernández, C. M. Becerril, E. Sosa y J. Velasco. 2016. Efecto del estrés por calor y tiempo de espera ante mortem en las características fisicoquímicas y la calidad de la carne de pollo. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, México. Colegio de

- Postgraduados, Campus Córdoba. México. Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, México. Accesado: julio 2023.
- Beita-Carvajal K. G y Elizondo-Salazar J. A. 2021. Suplementación de vacas lecheras en producción con un complejo de vitaminas. *Agronomía Mesoamericana*, vol. 32, núm. 1, 2021 Universidad de Costa Rica, Costa Rica. DOI: <https://doi.org/10.15517/am.v32i1.39701>.
- Belanche A., Newbold Ch. J., Morgavi D. P., Bach A., Zweifel B y Yáñez-Ruiz D. R. 2020. A Meta-analysis Describing the Effects of the Essential oils Blend Agolin Ruminant on Performance, Rumen Fermentation and Methane Emissions in Dairy Cows. *Animals* 2020, 10(4), 620. <https://doi.org/10.3390/ani10040620>.
- Benchaar A., Chaves A., Fraser G. R., Wang Y., Beauchemin K. A., and McAllister T. A. 2007. Effects of essential oils and their components on in vitro rumen microbial fermentation C. Agriculture and Agri-Food Canada, Dairy and Swine Research and Development Center.
- Benchaar C., Greathead H. 2011. Essential oils and opportunities to mitigate enteric methane emissions from ruminants. *Anim. Feed Sci. Technol.* 166, 338–355.
- Benchaar, C., Calsamiglia, S., Chaves, A. V., Fraser, G. R., Colombatto, D., McAllister, T. A., & Beauchemin, K. A. 2008. A review of plant-derived essential oils in ruminant nutrition and production. *Animal Feed Science and Technology*, 145(1-4), 209–228. doi:10.1016/j.anifeedsci.2007.04.014.
- Berk R. 1980. Carotenoides. In: *Introducción a la bioquímica de los alimentos*. Berk Editor. El Manual Moderno. México.
- Berry B. A., Gill D. R y Ball R. 2000. Effects of feeding vitamin D 3 on feedlot performance, carcass traits and meat tenderness of finishing steers. *Animal Science Research Report* . 98-103. 10.1093/tas/txad047.
- Betancourt L. L., Ariza. C. J., Afanador. G. 2012. Efeito da suplementação com Óleos essenciais de organo sobre a digestibilidade ileal, morfometria intestinal e desempenho produtivo de frangos de corte. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 25:240-251. [www.scielo.org.co/pdf/rccp/v25n2/v25n2a09.pdf](http://www.scielo.org.co/pdf/rccp/v25n2/v25n2a09.pdf).
- Bianchi, G, O. Bentancur y C. Sañudo. 2004. Efecto del tipo genético y del tiempo de maduración sobre la terneza de la carne de corderos pesados. *Revista Agrociencia*. Departamento de producción animal y ciencia de los alimentos. Facultad de Veterinaria de la Universidad de Zaragoza. España. Página 43-45. Disponible: [www.acuedi.org/ddata/5572.pdf](http://www.acuedi.org/ddata/5572.pdf). Accesado: mayo del 2023.
- Bodas R., Prieto N., García-González R., Andrés S., Giráldez F. J., López S. 2012. Manipulation of rumen fermentation and methane production with plant secondary metabolites. *Animal Feed Science and Technology*. Volume 176, Issues 1–4, 21. Pp 78-93.

- Braña, V. D, E. R. Rodríguez, M. S. R. Lozano, A. S. Escalante, G. T. Urrutia, M. L. A. Moreno, J. A. P. Peña, E. P. Alquicira y F. G. R. Rincón. 2011. Manual de Análisis de Calidad en Muestras de Carne. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. D.F. México. Accesado: mayo de 2023.
- Burt S. 2004. Essential oil: their antibacterial properties and potential applications in foods a review. *Int. J. Food. Microbiol.* 94: 223-253.
- Caicedo W., Chinque, D. M y Grefa V. J. 2022. Aditivos fitobióticos y su efecto en el desempeño productivo de cerdos. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 56(2). ISSN: 2079-3480 [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2079-34802022000200002&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2079-34802022000200002&lng=es&tlng=es).
- Campos e Silva R., S. da Costa J., O. de Figueiredo R., SEtzer W. N., S. Maia J. G y Figueiredo P. L. B. 2021. Monoterpenes and Sesquiterpenes of Essential Oils from *Psidium* Species and Their Biological Properties. *Molecules* 2021, 26(4), 965; <https://doi.org/10.3390/molecules26040965>.
- Campos-Granados. 2015. El impacto de los micronutrientes en la inmunidad de los animales. *Nutrición Animal Tropical* 9(1): 1-23. ISSN: 2215-3527/ 2015.
- Carrillo O., Vegas-Villasante F., Nolasco N., Gallardo N. 2000. Aditivos alimentarios como estimuladores del crecimiento de camarón. España. [https://www.uanl.mx/utilerias/nutricion\\_acuicola/V/archivos/nolasco.pdf](https://www.uanl.mx/utilerias/nutricion_acuicola/V/archivos/nolasco.pdf).
- Carrillo-Muro O., Rivera-Villegas A., Hernandez-Briano P., Lopez-Carlos M. A y Plascencia A. 2023. Effects of Duration of Calcium Propionate Supplementation in Lambs Finished with Supplemental Zilpaterol Hydrochloride: Productive Performance, Carcass Characteristics, and Meat Quality. *Animals* 2023, 13, x. <https://doi.org/10.3390/xxxxx>.
- Carrillo-Muro O., Rivera-Villega A., Castro-Pérez B. I., Urías-Estrada J. D., Angulo-Montoya C., Hernández-Briano P., Plascencia A., Barreras A y Estrada-Angulo A. 2021. Generic zilpaterol sources affect similarly the meat quality of hairy lambs when compared with patent zilpaterol. *Iranian journal of applied Animal Science*. [ijas.iaurasht.ac.ir/article\\_684983.html](https://ijas.iaurasht.ac.ir/article_684983.html).
- Carro M. D. J., Ranilla M. J., Tejido M. L. 2006. Utilización de aditivos en la alimentación del ganado ovino y caprino. Sitio Argentino de Producción animal. Departamento de Producción Animal. [https://www.produccionanimal.com.ar/informacion\\_tecnica/invernada\\_promotores\\_crecimiento/29aditivos\\_ovinos.pdf](https://www.produccionanimal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_promotores_crecimiento/29aditivos_ovinos.pdf).
- Casas, G. A. 2021. Efecto de la procedencia, sexo y edad de equinos cuarto de milla en la calidad de la carne. Unidad Académica de Medicina veterinaria y Zootecnia. Zacatecas, México.



- Casas, G. E. 2019. Validación de un equipo que utiliza la cizalla Warner-Bratzler en una determinación de la resistencia al corte de diferentes carnes y embutidos. Página 1-2. Unidad Académica de Medicina veterinaria y Zootecnia. Zacatecas, México. Accesado: febrero del 2023.
- Castellanos-Ruelas A. F., Rosado-Rubio J. G., Chel-Guerrero L. A., Betancur-Ancona D. A. 2006. Using zilpaterol in an intensive feeding system for steers in Yucatán, México. *Latinoam. Prod. Anim.* Vol. 14 (2): 56-59. Yucatán. México. [www.bioline.org.br/pdf?la06008](http://www.bioline.org.br/pdf?la06008).
- Castilla G. F. A. 2018. Efecto de la inclusión de un suplemento nutricional líquido sobre los parámetros productivos según la edad de pollos de engorde. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Medicina Veterinaria. Lima. Perú. Disponible: Microsoft Word - Tesis Completa (core.ac.uk).
- Cayetano J. J. A. 2019. Efecto del clorhidrato de zilpaterol sobre parámetros productivos, características de canal y calidad de la carne en ovinos. Tesis Doctoren en Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Disponible: Jorge Adalberto Cayetano de Jesus (1).pdf (uaslp.mx).
- Cayetano-De-Jesus J. A., Rojo-Rubio R., Grajales-Lagunes A., Avendaño-Reyes L., Macías-Cruz U., González-del-Prado V., Olmedo-Juárez A., Chay-Canul A., Roque-Jiménez J. A., Lee-Rangel H. A. 2020. Efecto del clorhidrato de zilpaterol en el rendimiento y la calidad de la carne en el acabado de cordero. *Agriculture*. 10(6), 241. <https://doi.org/10.3390/agriculture10060241>
- Chaves A. V., Stanford K., Dugan M. E. R., Gibson L. L., McAllister T. A., Van H. F., Benchaar C. 2008. Effects of cinnamaldehyde, garlic and juniper berry essential oils on rumen fermentation, blood metabolites, growth performance, and carcass characteristics of growing lambs. *Livest. Sci.* 117: 215-224. Doi 10.1016/j.livsci.2007.12.013.
- Chávez-Soto D. Y., Vázquez-Armijo J. F., Hernández-Meléndez J., Martínez-González J. C., Esparza-Jiménez S., López-Aguirre D. 2021. Essential oils in small ruminants and their effect on productivity. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 24. Review.
- Chazi C. 2006. LAS VITAMINAS LA GRANJA. *Revista de Ciencias de la Vida*. ISSN: 1390-3799. núm. 4, pp. 51-54. Universidad Politécnica Salesiana Cuenca, Ecuador. <https://www.redalyc.org/pdf/4760/476047388007.pdf>.
- Cipollone, E. 2012. Factibilidad productiva y económica de producción equina para carne. Universidad Católica de Argentina. Facultad de Ciencias Agrarias. Ingeniería en Producción Agropecuaria. Argentina. Accesado: julio 2023. Disponible: <https://repositorio.uca.edu.ar/bitstream/123456789/385/1/doc.pdf>.
- Cobellis G., Trabalza-Marinucci M., Yu Z. 2016. Critical evaluation of essential oils as rumen modifiers in ruminant nutrition: A review. *Science of the Total*

- Environmen. Dipartimento di Medicina Veterinaria, Università degli Studi di Perugia, Perugia, Italy.
- Coello-Cedeño D. 2020. Extracción enzimática de d-limoneno en cáscara de limón. Área Biológica y Biomédica de la Escuela de Biología. Universidad Técnica Particular de Loja. Ecuador.
- COM. 2009. Diario Oficial de la Unión Europea. Reglamento (CE) No 1831/2003 del parlamento europeo y del consejo: sobre los aditivos en la alimentación animal. <https://www.boe.es/doue/2003/268/L00029-00043.pdf>.
- Cravero E., Martino L., Pontarelli F., Ruiz M., Aguirre F., Russi N., Sanchez A., Machado S., Angeli E y Allassia M. 2018. Descripción de dos casos de carencia vitamínica con similar sinología nerviosa en bovinos. VI Jornade de difusión de la investigación y extensión. Salud Animal. Disponible: SA\_CRAVERO\_DESCRIPCION.pdf (unl.edu.ar).
- Depetris J. 2000. CALIDAD DE LA CARNE VACUNA. Producción animal. Córdoba, Argentina. Página: 17-21. Disponible: <https://www.produccion-animal.com.ar>.
- Desdémona M. E. 2023. Implications influencing the productive performance, characteristics of the carcass and meat of cattle in feedlot. Revista de investigaciones veterinarias de Perú. Vol.34 no.3 <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v34i3.24517>.
- Desdémona M.E 2021. Improvement the beef tenderness. Producción animal. Área ciencias de la carne. Facultad de Zootecnia. Universidad Autónoma de Chihuahua. Disponible: <https://docplayer.es/57218397-Mejorando-la-terneza-de-la-carne-de-bovino-improvement-the-beef-tenderness-esmeralda-desdemonamartinez-1.html>.
- Díaz, D. C. M. T. 2011. Características de la canal y de la carne de corderos lechales manchegos. Correlaciones y ecuaciones de predicción. Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Veterinaria. Departamento de Fisiología Animal. Madrid. Páginas 30-52. Accedido: mayo del 2023.
- Domínguez-Martínez P., Carmona-Gasca C., Macías-Coronel H., Escalera-Valente F y Mario-Mendoza J. 2015. EFFECT OF DIETARY OREGANO OIL ON THE QUANTITY OF AEROBIC MESOPHILIC DETECTED IN FRESH AND FROZEN BROILER BREAST. ABANICO VETERINARIO. ISSN 2448-6132.
- Domínguez-Vara I. A., Mondragon-Ancelmo J., González R M., Salazar-García F., Bórquez-Gastelum J. L., Aragón-Martínez A. 2009. Los B-agonistas adrenérgicos como modificadores metabólicos y su efecto en la producción, calidad e inocuidad de la carne de bovinos y ovinos: una revisión. Ciencia Ergo Sum, vol. 16, núm. 3. pp. 278-284. Universidad Autónoma del Estado de México Toluca, México. ISSN: 1405-0269.

- Dorantes-Iturbide, G.; Orzuna-Orzuna, J.F.; Lara-Bueno, A.; Mendoza-Martínez, G.D.; Miranda-Romero, L.A.; Lee-Rangel, H.A. 2022. Essential Oils as a Dietary Additive for Small Ruminants: A Meta-Analysis on Performance, Rumen Parameters, Serum Metabolites, and Product Quality. *Vet. Sci.* 9, 475. <https://doi.org/10.3390/vetsci9090475>.
- Duff G. C y Galyean M. L. 2007. Board-invited review: recent advances in management of highly stressed, newly received feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 85(3), 823-840.
- Erickson K. L., Medina E. A y Hubbard N. E. 2000. Micronutrients and innate immunity. *The Journal of infectious diseases*, 182(Supplement\_1), S5-S10.
- Escobedo G. L. G. 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. Universidad Autónoma de Baja California. Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias.
- Escobedo-Gallegos, L.d.G., Estrada-Angulo, A., Castro-Pérez, B.I., Urías-Estrada, J.D., Calderón-Garay, E., Ramírez-Santiago, L., Valdés-García, Y.S., Barreras, A., Zinn, R.A., Plascencia, A. 2023. Essential Oils Combined with Vitamin D3 or with Probiotic as an Alternative to the Ionophore Monensin Supplemented in High-Energy Diets for Lambs Long-Term Finished under Subtropical Climate. *Animals*. 13, 2430. <https://doi.org/10.3390/ani1315243>.
- Estrada-Angulo A., Arteaga-Wences Y. J., Castro-Pérez B. I., Urías-Estrada J. D., Gaxiola-Camacho S., Angulo-Montoya C., Ponce-Barraza E., Barreras A., Corona L., Zinn R. A. Blend of Essential Oils Supplemented Alone or Combined with Exogenous Amylase Compared with Virginiamycin Supplementation on Finishing Lambs: Performance, Dietary Energetics, Carcass Traits, and Nutrient Digestion. *Animals*. 11, 2390. (12).
- Estrada-Angulo A., Barreras-Serrano A., Contreras G., Obregon J.F., Robles-Estrada J. C., Plascencia- A y Zinn R. A. 2008. Influence of level of zilpaterol chlorhydrate supplementation on growth performance and carcass characteristics of feedlot lambs. *Small Ruminant Research* 80 (2008) 107–110. [www.elsevier.com/locate/smallrumres](http://www.elsevier.com/locate/smallrumres).
- Estrada-Angulo, A., Mendoza-Cortez, D.A., Ramos-Méndez, J.L., Arteaga-Wences Y. J., Urías-Estrada J. D., Castro-Pérez B. I., Ríos-Rincón F. G., Rodríguez-Gaxiola M. A., Barreras A y Zinn R. A. 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, 1715. <https://doi.org/10.3390/ani12131715>.
- Estupiñán C. A. L., Orduz D. Y., Niño L. A. L., Montoya G. A. L., parra L., Rodríguez K. L y Ángel-Isaza J. 2022. Effect of a phytobiotic additive on the

productive performance and quality of broiler meat in a tropical breeding environment. *Rev Inv Vet Perú*, 33(4): e21509  
<https://doi.org/10.15381/rivep.v33i4.21509>.

- Fábregas, X. 2002. Producción, calidad y consumo de carnes equinas en España. EUROCARNE. Madrid. España. Accesado: julio 2023. Disponible: <https://ddd.uab.cat/pub/artpub/2002/69386/11322675n110p1.pdf>.
- Falcone P., Speranza B., Del Nobile M. A., Corbo M. R., Sinigaglia M., A study on the antimicrobial activity of thymol intended as a natural preservative. 2005. *Journal of food protection*. 68(8):1664-1670.
- Fernández M. A. 2018. Calidad de la carne vacuna. Factores que afectan la terneza, jugosidad y flavor. Sitio argentino de producción animal. Córdoba Argentina. Disponible: [https://www.vetcomunicaciones.com.ar/uploadsarchivos/calidad\\_de\\_la\\_carne\\_vacuna\\_\\_factores\\_que\\_afectan\\_la\\_terneza\\_\\_art\\_culo\\_t\\_cnico\\_\\_4r.pdf](https://www.vetcomunicaciones.com.ar/uploadsarchivos/calidad_de_la_carne_vacuna__factores_que_afectan_la_terneza__art_culo_t_cnico__4r.pdf)
- Franco D. M. Fernández, E. Rodríguez, L. García y J. M. Lorenzo. 2011. Calidad de la carne de potro gallego de monte en diferentes explotaciones. Universidad de Córdoba. Córdoba. España. Página 398.392. Accesado: julio 2023. Disponible: <https://www.redalyc.org/pdf/495/49520788018.pdf>.
- García H. y García C. Y. 2015. Additives for animal feeding: The Institute of Animal Science on its 50 years. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, Vol. 49. Num. 2. La Habana. Cuba. ISSN: 0034-7485. <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193039698006.pdf>.
- García-Galicia I. A., Arras-Acosta J. A., Huerta-Jimenez M., Rentería-Monterrubio A. L., Loya-Olguin J. L., Carrillo-Lopez L. M., Tirado-Gallegos J. M., Alarcon-Rojo A. D. 2020. Natural Oregano Essential Oil May Replace Antibiotics in Lamb Diets: Effects on Meat Quality. *Antibiotics*, 9(5), 248–. doi:10.3390/antibiotics9050248.
- Garriz A. C. 1994. C OLGADO DE LA RES Y TERNEZA DE LA CARNE CIA. ITA. INTA. Castelar. CONVENIO INTA / CCDH. Publicación Rvta. CCDH enero 1994 - Bs.As. RA. Disponible: <https://www.produccion-animal.com.ar>.
- Garriz, A. C. 2001. Producción animal. Calidad organoléptica de la carne vacuna, influencia de factores biológicos y tecnológicos. Disertación jornada ganadería vacuna, fac. agr y vet. Unrc. Accesado: julio 202. Disponible: [produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/carne\\_y\\_subproductos/14calidad\\_organoleptica\\_de\\_la\\_carne\\_vacuna.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/carne_y_subproductos/14calidad_organoleptica_de_la_carne_vacuna.pdf).
- Gómez-Gurrola A., Del Sol-García G., Sanginés-García L., Loya-Olguín L., Benítez-Meza A., Hernández-Ballesteros A. 2017. Rendimiento en canal de corderos de pelo, alimentados con diferentes proporciones de *Tithonia*

- diversifolia y Pennisetum spp. Nayarit. México.  
<http://dx.doi.org/10.21929/abavet2017.72.3>.
- González E. R. 2002. Eugenol: propiedades farmacológicas y toxicológicas. Ventajas y desventajas de su uso. *Revista Cubana de Estomatología*, 39(2), 139-156.  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S00347507200200020005&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S00347507200200020005&lng=es&tlng=es).
- González-Maldonado J., Rangel-Santosa R., Rodríguez-de Lara R., Ramírez-Valverde G., Ramírez Bribiescas J. E., Vigil-Vigild J. M y García-Espinosa M. F. 2019. Efectos de la inyección de dosis aumentadas de vitaminas C y E en los parámetros reproductivos del ganado lechero Holstein.  
<https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i3.4481>.
- Griffin S., Wyllie S. G y Markham. 1999. Determination of octanol-water partition coefficient for terpenoids using reversed-phase high-performance liquid chromatography. *PMID: 10669289. 864(2):221-8. DOI: 10.1016/s0021-9673(99)01009-2*.
- Hernández B. J., Aquino J. L. L., Ríos F. G. R. 2013. Nacamemeh. Efecto del manejo pre-mortem en la calidad de la carne. Universidad Autónoma de Chihuahua. Facultad de Zootecnia. Chihuahua. México.  
<https://ddd.uab.cat/pub/trerecpro/1999/80170/aturdimientoysacrificio.pdf>.
- Hernández, B. P. 2018. Caracterización de los factores que influyen en el rendimiento en y características de la canal de équidos. Tesis. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de Nuevo León. México.
- Hernández-Coronado A. C., Silva-Vázquez R., Rangel-Nava Z. E., Hernández-Martínez C. A., Kawas-Garza J. R., Hume M. E., Méndez-Zamora G. 2019. Mexican oregano essential oils given in drinking water on performance, carcass traits, and meat quality of broilers. *Poultry Science* 98: 3050-3058.
- Hilton G. G., Montgomery L. J., Krehbiel R. C y Miller F. M. 2014. Effects of feeding zilpaterol hydrochloride with and without monensin and tylosin on carcass cutability and meat palatability of beef steers. *Journal of Animal Science* 87(4):1394-406. 10.2527/jas.2008-1170.
- Horcada, I. L A y O. P. Polvillo. 2010. IDUS. Conceptos básicos sobre la carne. Universidad de Sevilla. Departamento de Ciencias Agroforestales. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola. Universidad de Sevilla. España. Accesado: febrero del 2023. Disponible: <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/40940/horconcep113a140.pdf;jsessionid=1E0C24F9D6A1BC944AA7AE2CC31FC519?sequence=1>.
- Hutjens F. M. 2013. Digestive physiology and use of ruminal feed additives. *Animal Sciences*.  
[https://www.produccionanimal.com.ar/informacion\\_tecnica/invernada\\_promotores\\_crecimiento/61-13CAP\\_Iltrad.pdf](https://www.produccionanimal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_promotores_crecimiento/61-13CAP_Iltrad.pdf).

- Janacua-Vidales H., Alarcón-Rojo A., Olgúin-Arredondo H., Quintero J., Cardona-Hernández M. 2018. Aceites esenciales de orégano en la dieta de cerdos para mejorar las características de la canal. CULCyT. No. 65. Instituto de Ciencias Biomédicas Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Facultad de Zootecnia y Ecología. Universidad Autónoma de Chihuahua.
- Juste V., Zomeño C., Moreno J. R., Peñalver P., Hernández P. 2009. Estudio del efecto de la adición de aceite esencial de clavo en el pienso de pollo sobre la calidad de la carne. XIII Jornadas sobre Producción Animal, Tomo II, 631-633. Valencia. [https://www.aida-itea.org/aida-itea/files/jornadas/2009/comunicaciones/2009\\_CdP\\_49.pdf](https://www.aida-itea.org/aida-itea/files/jornadas/2009/comunicaciones/2009_CdP_49.pdf).
- Karges K., OWENS F. N., GILL D. R y MORGAN J. B. 1999. Effects of supplemental vitamin D levels on feed intake and blood minerals of yearling steers. Animal Science Research Report. Department of Animal Science. Okla-homa State University. 1-9. 1999.
- Kirkpinar f., Ünlü H. B., Serdaroğlu M y Turp G. I. 2014. Effects of dietary oregano and garlic essential oils on carcass characteristics, meat composition, colour, pH and sensory quality of broiler meat. British Poultry Science, 55:2, 157-166, DOI:10.1080/00071668.2013.879980To.
- Lanz A. Y. 2016. Estudio del consumo de la carne de potro en Navarra. Universidad Pública de Navarra. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Colombia. Accesado: julio 2023.
- Latack B. C., Carvaalho H. V. P., Zinn R. 2022. The interaction of feeding an eubiotic blend of essential oils plus 25-hydroxy-vit-D3 on performance, carcass characteristics, and dietary energetics of calf-fed Holstein steers. Frontiers in Veterinary Science. Follow journal. 10.3389/fvets.2022.1032532.
- Latorre M. E., Iezzi S., Christensen S y Purslow. P. P. 2017. Bovinos machos jóvenes castrados versus enteros; calidad de carne y propiedades del tejido conectivo. Sitio argentino de producción animal. Disponible: <https://www.produccion-animal.com.ar>.
- Latshaw J. D. 1991. Nutrition-mechanisms of immunosuppression. *Veterinary immunology and immunopathology*, 30(1), 111-120.
- Leclerc H., Evans E., Zambrano-Gaytan R y Garza-Flores J. D. 2016. Las vitaminas b y sus ventajas en el desempeño del ganado de engorda. Disponible: Sitio argentino de producción animal. [https://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/invernada\\_o\\_engorde\\_en\\_general/161-vitaminas\\_B.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_en_general/161-vitaminas_B.pdf).
- Lehninger, A. L., Nelson, D. L., Cox, M. M., Simoes, A. A., & Lodi, W. R. N. (1995). Principios de bioquímica. In *Principios de bioquímica* (pp. 839-839).
- Leyva M. K. H. 2015. Método de suministro del Clorhidrato de Zilpaterol en ovinos: crecimiento, retención de energía, características de la canal y calidad de la carne. Culiacán Sinaloa, México. Disponible:

- <https://cca.uas.edu.mx/images/posgrado/Tesis/COHORTE%202013-2015/70.%20Karla%20Hideliza%20Leyva%20Medina.pdf>.
- Llanes G. M. 2017. Efecto de la adición de clorhidrato de zilpaterol genérico en la respuesta productiva, características de la canal de ovinos de pelo en finalización. Culiacán, Sinaloa, México. Disponible: 91. Mariano Llanes Gonzalez.pdf (uas.edu.mx).
- López C. C., Rojo R. R. 2015. Efectos del clorhidrato de zilpaterol en las características de la canal de ovinos de pelo finalizado en corral. Universidad Autónoma del Estado de México. Página 27-28. Disponible: [ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/65104](http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/65104).
- López C. D. G., Hernández B.C.A., Loredo O.J., Adame G.J.A., Guerrero G.S., 2014. Study of benefit-cost in a trial using two B-adrenergic agonists in fattening cattle in feedlot. *Revista Mexicana de Agronegocios*. Vol 34.
- López S., González J.S., Mantecón A. R., Giráldez F. J. 2003. Aditivos naturales alternativos en alimentación animal: plantas de medicinales, extractos y aceites esenciales. <https://digital.csic.es/handle/10261/20980>.
- López-Baca M. A., Avedaño-Reyes L., Macías-Cruz U., Muhlia-Almazan A., Valenzuela-Melendres M., Peña-Ramos E. A., Islava-Lagarda T. Y y González-Ríos H. 2021. Muscle fiber morphometry and physicochemical characteristics of the Longissimus thoracis muscle of hair male lambs fed zilpaterol hydrochloride and implanted with steroids. *Meat Science*. Volume 177. 108490. ISSN 0309-1740. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108490>.
- López-Carlos M. A., Ramírez R. G., Aguilera-Soto J. I., Aréchiga C. F., Méndez-Llorente F., Rodríguez H., Silva A J.M. 2010. Effect of ractopamine hydrochloride and zilpaterol hydrochloride on growth, diet digestibility, intake and carcass characteristics of feedlot lambs. *ELSEVIER. ScienceDirect*. Disponible: [www.elsevier.com/locate/livsci](http://www.elsevier.com/locate/livsci).
- Macías C. U., Avedaño R. L., Vicente P. R., Álvarez V. F. D., Correa C. A., González R. H., Soto N. S .A., Mellado M. 2016. Crecimiento y características de la canal de corderos finalizados con clorhidrato de zilpaterol en pastoreo de alfalfa. *Rev Mex Cienc Pec*.
- Macías-Cruz U., Avedaño-Reyes U., Álvarez-Valenzuela F. D., Torrentera-Olivera N. G., Meza-Herrera C., Mellado-Bosque M., Correa-Calderón A. 2013. Crecimiento y características de canal en corderas tratadas con clorhidrato de zilpaterol durante primavera y verano. *Rev Mex Cienc Pecu*.
- Madrid-Garcés T. A., López-Herrera A., Parra-Suescún J. E. 2018. Effect of inclusion of essential oil of oregano (*lippia organoides*) on lipid profile in broiler meat. *Vitae*, vol. 25, 2:75-82. Medellin, Colombia. DOI: <https://doi.org/10.17533/udea.vitae.v25n2a03>.

- Maldonado R. M. A., Barrera G. R. A., Guzmán J. R. M., Pantoja G. V. 2008. Eugenol: material de uso dental con riesgo de toxicidad local y sistémica. *Oral* Año 9. (28):446-449. <https://www.medigraphic.com/pdfs/oral/ora-2008/ora0828d.pdf>.
- Martínez G. J. A., Hernández G. P. A., Mendoza M. G. D. 2017. Aditivos alimenticios en corrales de engorda. Sitio Argentino de Producción animal. [https://www.produccionanimal.com.ar/informacion\\_tecnica/invernada\\_promotores\\_crecimiento/102-Aditivos\\_Alimenticios.pdf](https://www.produccionanimal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_promotores_crecimiento/102-Aditivos_Alimenticios.pdf).
- Martínez M. R., Ortega C. E., Herrera H. J. G., Kawas G. J. R., Zárate R. J., Soriano R. R. 2015. Uso de aceites esenciales en animales de granja. Sitio Argentino de Producción Animal. [http://www.produccionanimal.com.ar/informacion\\_tecnica/invernada\\_promotores\\_crecimiento/89-aceites\\_esenciales.pdf](http://www.produccionanimal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_promotores_crecimiento/89-aceites_esenciales.pdf).
- Martínez V. D. E., Sánchez L. E., Avendaño R. L., Meráz M. F. J., Rorres R. V. 2016. Evaluación económica del uso de dos agonistas b-adrenérgicos durante la finalización de novillos en engorda. *Interciencia*, vol. 41, núm. 2. Venezuela. ISSN: 0378-1844. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33944255004>.
- McDowell, L. R. 2000. *Vitamins in animal and human nutrition*. 2nd edition. Iowa State University Press. United States of America.
- Medina de D. R., Zimmermann M., Dupertuis L., Espejo C., Amadio C., Raimondo E., Gladys D. 2002. Thyme essential oil as antioxidant and preservative in functional beef patties. *Rev. FCA UNCuyo*. Tomo XXXV. N° 2. 13-23. Disponible: SINTITUL-3 ([uncu.edu.ar](http://uncu.edu.ar)).
- Melo A. C. B., Pereira M. C. S., Rigueiro A. L. N., Estevam D. D., Toledo A. F., Assumpção A. H. P. M., Dellaqua J. V. T, Lelis A. L. J, Millen DD. 2020. Impacts of adding functional oils or sodium monensin in high-concentrate diets on performance, feeding behaviour and rumen morphometrics of finishing Nelore cattle. *The Journal of Agricultural Science* 1–7. <https://doi.org/10.1017/S002185962000026X>.
- Méndez-Zamora G., Durán-Meléndez L. A., Aquino-López J. L., Santellano-Estrada E y Silva-Vázquez R. 2016. Effects of oregano oil (*Poliomintha longiflora* Gray) on the productivity and quality of rabbit meat. *Ecosistemas y recur. agropecuarios*. Volumen 3, No 8. ISSN 2007-9028 Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-90282016000200259&lng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-90282016000200259&lng=es).
- Mendoza M. G. D., Ricalde V. R. 2016. *Alimentación de ganado bovino con dietas altas en grano*. Segunda edición. Universidad Autónoma Metropolitana. México. ISBN: 978-607-28-1031. <https://www.casadelibrosabiertos.uam.mx/contenido/contenido/Libroelectronico/Bovinos.pdf>.



- Mendoza-Cortéz D. A., Ramos-Méndez J. L., Arteaga-Wences Y., Félix-Bernal A., Estrada-Angulo A., Castro-Pérez B. I, Urías-Estrada J. D., Barreras A., Zinn R. A y Plascencia A. 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*. 10.18805/IJAR.BF-1520.
- Mersmann H. J. 1998. “Beta-Adrenergic Receptor Modulation of Adipocyte Metabolism and Growth”, *Journal Animal Science*. 80: (E. Suppl. 1): E24-E29.
- Mersmann H. J. 2002. Overview of the Effects of  $\beta$ -Adrenergic Receptor Agonists on Animal Growth Including Mechanisms of Action. *Journal Animal Science*.76.
- Mersmann H. J. 2015. Beta-adrenergic receptor modulation of adipocyte metabolism and growth.No.80. *Journal Animal Science*.
- Meschiatti M. A. P., Gouvêa N. V., Pellarin L. A., Batalha C. D. A., Biehl M. V., Acedo T. S., Dórea J. R. R., Tamassia L. F. M., Owens F. N., Santos F. A. P. 2018. Feeding the combination of essential oils and exogenous  $\alpha$ -amylase increases performance and carcass production of finishing beef cattle. *Journal of Animal Science*, Volume 97, Issue 1, Pages 456-471, <https://doi.org/10.1093/jas/sky415>.
- Miller M. F., García D. K., Coleman M. E., Ekeren P. A., Lunt D. K., Wagner K. A., Procknor M., Welsh T.H y Smith S.B. 1988. “Adipose Tissue, Longissimus Muscle and Anterior Pituitary Growth and Function in Clembuterol/Fed Heifers”, *Journal Animal Science*. 66.
- Molina A. 2019. Probiotics and their mechanism of action in animal fee. Vol 30(2):601-611. ISSN 2215-3608. Costa Rica. doi:10.15517/am.v30i2.34432.
- Montaño-Gómez M., Vega-Cazares M., Mellado-Bosque M., Chirino-Romero J., Villa-Angulo R y Márquez-Salazar D. 2023. Efecto de tiempo de suplementación de Clorhidrato de Zilpaterol sobre residuos en músculo, hígado y riñón de corderos de pelo en finalización. *Abanico veterinario*. ISSN 2448-6132. Vol 12. <https://doi.org/10.21929/abavet2022.12> .
- Montero-Recalde M., Revelo I. J., Avilés-Esquivel D., Valle V. E., Guevara-Freire D. 2017. Efecto Antimicrobiano del Aceite Esencial de Canela (*Cinnamomum zeylanicum*) sobre Cepas de Salmonella. *RIVEP*. 28(4):987-993. Lima, Perú. <https://www.redalyc.org/pdf/3718/371854393024.pdf>.
- Morón-Fuenmayor E., Zamorano-García L., Ysunza F y González-Méndez N. F. 2002. Effects of Zilpaterol Hydrochloride and Vitamin D3 on Beef Quality in Commercial Heifers Oneida. *Revista Científica, FCV-LUZ / Vol. XII, N° 6, 725-729*.
- Nockels C. F., Odde K. G y Craig A. M. 1996. Vitamin E supplementation and stress affect tissue  $\alpha$ -tocopherol content of beef heifers. *Journal of Animal Science*, 74(3), 672-677.

- NRC. 1996. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 7th ed. National Academy Press, Washington, DC.
- 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.
- Núñez-Torrez T. 2017. Los costos de la alimentación para la producción pecuaria. *J Selva Andina Animal Science*. 4(2):93-94. ISSN: 2311-2581. Bolivia. Disponible: [www.scielo.org.bo/pdf/jsaas/v4n2/v4n2\\_a01.pdf](http://www.scielo.org.bo/pdf/jsaas/v4n2/v4n2_a01.pdf).
- Pardo A. V. P. 2004. THE IMPORTANCE OF VITAMINS IN THE FEEDING OF PEOPLE WHO DO PHYSICAL AND SPORTIVE ACTIVITY *Rev.int.med.cienc.act.fís.deporte* – vol. 4 - No 16. ISSN: 1577-0354 vol. 4 (16) pp. 233-242. <http://cdeporte.rediris.es/revista/revista16/artvitamina.htm>.
- Parta A. K. 2011. Effects of Essential Oils on Rumen Fermentation, Microbial Ecology and Ruminant Production. *Asian Journal of animal and veterinary advances*, 6: 416-428. 10.3923/ajava.2011.416.428.
- Partida P. J. A. Casaya R.T.A. Rubio L.M.S., Méndez M.D.R. 2015. Efecto del clorhidrato de zilpaterol sobre las características de la canal en cruza terminal de corderos Kathadin. México. *Revista Veterinaria México* Vol. 2. No. 2.
- Peña-Torres E. F., González-Ríos H., Avendaño-Reyes L., Valenzuela-Grijalva V., Pinelli-Saavedra A., Muhlia-Almazán A., Peña-ramos E. A. 2020. Hydroxycinnamic acids in animal production: pharmacokinetics, pharmacodynamics and growth promoting effects. Review. *Rev. mex. de cienc. pecuarias* vol.10 no.2. ISSN: 2448-6698. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i2.4526>.
- Peregrino-Peña I. Y., Pérez-Villarreal H. H., Mayett-Moreno Y., Arvizu-Barrón E. 2018. Factors influencing quality and beef consumption in Chiapas, México. *Ciencia y Tecnología de la carne. NACAMEH* Vol. 12, No. 1, pp. 1-14 ISSN: 2007-0373.
- Pérez M. F. C., Pérez M.J., Heras S.A.A., Vela N. R. 2005. Receptores  $\beta$ 3 adrenérgicos: su uso en la dinámica miccional. *Redalyc* Vol1, número 006. ISSN: 1698-9465. Madrid. España. <https://www.archivosdemedicina.com/medicina-de-familia/receptores-3adrenrgicos-su-papel-en-la-dinmica-miccional.pdf>.
- Pérez T. L. G., Meza-Hernández D. G., Lozano B. E. E., Gallardo-Rivera C. T., Báez-González J. G., García-Alanís G. K., García-Márquez E., Castillo H. S. L. 2019. Efecto de aceites esenciales utilizados como antimicrobianos en la calidad de productos de panificación. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*. Volumen 4. [www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume4/4/8/109.pdf](http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume4/4/8/109.pdf).

- Pérez, C. M. L y A. E. Ponce. 2013. Manual de prácticas de laboratorio Tecnología de Carnes. División de ciencias biológicas y de la salud. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. México. Accesado: mayo de 2023.
- Periago P. M y Moezelaar R. 2001. Combined effect of nisin and carvacrol at different pH and temperature levels on the viability of different strains of *Bacillus cereus*. , 68(1-2), 141–148. doi:10.1016/s0168-1605(01)00461-5
- Plaza, G. J. 2011. Evaluación de carne de vacuno por un panel de consumidores. Universidad Pública de Navarra. Escuela técnica superior de ingenieros agrónomos. España. Accesado: julio 20023. Disponible: [academicae.unavarra.es/bitstream/handle/2454/3853/577490.pdf;sequence=1](http://academicae.unavarra.es/bitstream/handle/2454/3853/577490.pdf;sequence=1).
- Pol I. E y Smid E. J. 1999. Combined action of nisin and carvacrol on *Bacillus cereus* and *Listeria monocytogenes*. Agrotechnological Research Institute (ATO-DLO), 6708 PD Wageningen, The Netherland. 29, 166–170.
- Polin R. L. A., Muro R. A. M. Díaz G. L. H. 2014. Ruminal fermentation modification and methanogenesis mitigation by essential oils from plants. *Rev Mex Cienc Pecu* 5(1):25-47. [www.scielo.org.mx/pdf/rmcp/v5n1/v5n1a3.pdf](http://www.scielo.org.mx/pdf/rmcp/v5n1/v5n1a3.pdf).
- Ramírez M. M., Mendoza M. G. D. y Plascencia J. 2017. VITAMINAS EN EL GANADO BOVINO DE ENGORDA. Engormix.com. Del libro "Alimentación de ganado bovino con dietas altas en grano" ISBN: 978-607-28-1031-0. Disponible: [187-Vitaminas.pdf](http://187-Vitaminas.pdf) ([produccion-animal.com.ar](http://produccion-animal.com.ar)).
- Rebollar R. S., Rojo R. R., Avendaño R. L., Macías C. U., Álvarez V. F. D., Correa C. A., Soto N. S. 2015. Análisis económico del uso de clorhidrato de zilpaterol en la alimentación de corderas. *Investigación y Ciencia. Aguascalientes*. Número 64:5-10.
- Reyes S. N. 2000. Las vitaminas en la alimentación. Universidad Nacional Agraria. Facultad de ciencia animal. Departamento sistemas integrales de producción animal. Disponible: [RENL02R457.pdf](http://RENL02R457.pdf) ([una.edu.ni](http://una.edu.ni)).
- Ríos R. F. G., Barrera-Serrano, A., Estrada-Angulo A., Obregón J.F., Plascencia-Jorquera A., Portillo-Loera J. J y Zinn, R. A. 2010. Effect of Level of Dietary Zilpaterol Hydrochloride ( $\beta$ 2-agonist) on Performance, Carcass Characteristics and Visceral Organ Mass in Hairy Lambs Fed All-concentrate Diets. *Journal of Applied Animal Research* .38(1):33-3. DOI: 10.1080/09712119.2010.9707150.
- Rivera U. J. A y Llaque M. 2014. Importancia de vitaminas en avicultura Parte I: Vitaminas Liposolubles. Universidad de Sao Paulo, campus de Pirassununga. Brasil. Programa de pollos. Disponible: [Vitaminas-y-minerales-cuadros.pdf](http://Vitaminas-y-minerales-cuadros.pdf) ([unr.edu.ar](http://unr.edu.ar)).
- Rivera V. A. 2020. Efecto de la sustitución de clorhidrato de zilpaterol de patente por clorhidrato de zilpaterol genérico en la respuesta productiva,

- características de la canal y calidad de la carne de ovinos de pelo en finalización. Universidad Autónoma de Sinaloa. Colegio de Ciencias Agropecuarias.
- Robles-Estrada J. C., Barreras-Serrano A., Contreras G., Estrada-Angulo A., Obregón J.F., Plascencia-Jorquera A y Rincón-Ríos F.G. 2009. Effect of Two  $\beta$ -Adrenergic Agonists on Finishing Performance and Carcass Characteristics in Lambs Fed All-Concentrate Diets. *Journal of Applied Animal Research*. 36: 33-36.
- Rodríguez C. D. 2018. Evaluación de dos fuentes de zilpaterol genérico sobre rendimiento productivo y energética de la dieta en borregos en finalización. Universidad Autónoma de Baja California. Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias.
- Rodríguez I., Martínez L. M., Hernández-Chávez G y Gosset G. 2021. Fusión transcripcional fluorescente en *Escherichia coli* para la detección de fenilpropanoides de plantas. Conference: 1er Simposio Nacional de Biosensores.
- Roofchaei A., Irani M., Ebrahimzadeh M. A y RezaAkbari M. 2011. Effect of dietary oregano (*Origanum vulgare* L.) essential oil on growth performance, cecal microflora and serum antioxidant activity of broiler chickens. *African Journal of Biotechnology* Vol. 10(32), pp. 6177-6183. DOI: 10.5897/AJB10.2596 ISSN 1684–5315.
- Rosales R. D. 2003. Utilización de las vitaminas hidrosolubles por rumiantes. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. División de Ciencia Animal. Disponible: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA (uaaan.mx).
- Rosas A. J. 2018. Respuesta productiva, costos de producción, calidad de la canal y de la carne en toretes suplementados con difosfato de tiamina y B-agonistas. Universidad Autónoma de Chapingo. Departamento de enseñanzas, investigación y servicio en zootecnia.
- Rueda C. J. A. 2019. Evaluación de la inclusión de aceites esenciales de ajo (*Allium sativum*) y orégano (*Origanum vulgare*) en dietas para rumiantes como aditivo sobre la digestibilidad. Universidad Cooperativa de Colombia. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Disponible: content (ucc.edu.co).
- SADER. 2012. Norma Oficial Mexicana NOM-061-ZOO-1999, Especificaciones zoonutricionales de los productos alimenticios para consumo animal. Disponible: <http://vlex.com.mx/vid/nom-zoonutricionales-alimenticios-animal-27938237>.
- Sánchez-Zamora N., Silva-Vázquez R., Rangel-Nava Z. E., Hernández-Martínez C. A., Kawas-Garza J. R., Hume M. E., Herrera-Balandrano D. D y Méndez-Zamora G. 2020. inulin and oregano oil improve broiler productivity. *Ecosist. Recur. Agropec.* 6(18):523-534.

- Santan, A., Ríos J. A., González M., Cerecetto H., Cajarville C y Repetto J. L. 2012. Use of Ethanol Extracts of *Schinus longifolius* (Molle) and *Eucalyptus grandis* (Eucalipto) to Modulate the in vitro Fermentation and Protein Degradation Estimated by the Concentration of Ammonia. *Veterinaria* (Montevideo) 48 (187) 15-19.
- SEGOB. 2018. Proyecto de Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-012-ZOO-1993, Especificaciones para la regulación de productos químicos, farmacéuticos, biológicos y alimenticios para uso en animales o consumo por éstos. Disponible: [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5529064&fecha=26/06/2018](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5529064&fecha=26/06/2018).
- Silva T. I. S., Souza J. M., Acedo T. S., Carvalho V. V., Perdigão A., Silva L. A. F., Silvestre A. M., Niehues M. B., Schleifer W. F., Casali D. M, Martins C. L., Arrigoni M. D. B y Millen D. D. 2023. Feedlot performance, rumen and cecum morphometrics of Nellore cattle fed increasing levels of diet starch containing a blend of essential oils and amylase or monensin. *Front. Vet. Sci.* 10:1090097.
- Smeti S., Atti N., Mahouachi M y Munoz F. 2013. Use of dietary rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) essential oils to increase the shelf life of Barbarine light lamb meat. *Small Ruminant Research.* 113 340–345.
- Smeti S., Mahouachi M y Atti N. 2014. Effects of finishing lambs in rich aromatic plant pasture or in feedlot on growth and meat quality. *Journal of Applied Animal Research*, 2014 <http://dx.doi.org/10.1080/09712119.2013.845102>.
- Smith D.J. 1998. The pharmacokinetics, metabolism, and tissue residues of beta-adrenergic agonists in livestock. *J. Anim. Sci.* 76:173-194.
- Smith G. C y Carpenter Z. L. 1974. Eating Quality of Meat Animal Products and Their Fat Content. *Fat Content and Composition of Animal Products: Proceedings of a Symposium* Washington, D.C. December 12-13. Disponible: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK216525/>.
- Soares M. S., Batista L. H. C., Oliveira I. M., Issa H. A. S., Cidrini I. A., Ferreira I. M., Costa e Silva L. F., Koontz A., Holder V y Siqueira G. R. 2023. Effects of a blend of Live yeast and Organic Minerals as an alternative to monensin on Intake, digestibility, performance and beef quality of Nellore Bulls Finished on pasture with high concentrate supplementation. *Agriculture* 13, 522. [10.3390/agriculture13030522](https://doi.org/10.3390/agriculture13030522).
- Sordillo L. M y Aitken S. L. 2009. Impact of oxidative stress on the health and immune function of dairy cattle. *Veterinary immunology and immunopathology*, 128(1-3), 104-109.
- Soria J. L. B y Arias M. J. A. 1997. Señalización celular por segundos mensajeros, en Curso Internacional Precongreso “Actualización en Fisiología”. xl

Congreso Nacional de Temas Fisiológicos. Ed. Sociedad Nacional de Temas Fisiológicos.

- Sumano L. H., Ocampo C. L., Gutiérrez O. L. 2002. Clenbuterol y otros  $\beta$ -agonistas, ¿Una opción para la producción pecuaria o un riesgo para la salud pública? Vet. Méx. 33:278-284. [www.agronomia.uaslp.mx/Documents/DCA/Tesis/Jorge%20Adalberto%20Cayetano%20de%20Jesus.pdf](http://www.agronomia.uaslp.mx/Documents/DCA/Tesis/Jorge%20Adalberto%20Cayetano%20de%20Jesus.pdf).
- Teira, G, P. Flavia, P. Bonato y R. Fabre. 2004. Estudio de mermas por descongelación en fillets de pollo. Universidad Nacional de Entre Ríos. Argentina. Accesado: julio 2023. Disponible: [www.redalyc.org/pdf/145/14502808.pdf](http://www.redalyc.org/pdf/145/14502808.pdf).
- Tiraboschi G., Porporatto C y Bohl L.P. 2023. Vitamin D in bovine health and pathologies: a non-classical approach. Rev Inv Vet Perú. 34(3): e23429 <https://doi.org/10.15381/rivep.v34i3.23429>.
- Toseti L. B., Goulart R. S., Gouvêa V. N., Acedo T. S., Vasconcellos G. S. F. M., Pires A. V., Leme P. R., Netto A. S. N., Silva L. 2020. Effects of a blend of essential oils and exogenous  $\alpha$ -amylase in diets containing different roughage sources for finishing beef cattle. Animal Feed Science and Technology 269 (2020) 114643. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114643>.
- Troncoso, A. H. 2015. El uso de aditivos en la alimentación de bovinos. Sitio argentino de producción animal. Entorno Ganadero N° 46, BM Editores. FMVZ, UNAM. [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar).
- USDA-APHIS2001. National Animal Health Monitoring System. Veterinary Services. Treatment of Respiratory Disease in U.S. Feedlots Disponible: <http://www.aphis.usda.gov/vs/ceah/ncahs/nahms/feedlot/feedlot99/FD99treatresp.pdf>.
- Valdés-García Y.S., Aguilera-Soto J., Barreras I. A., Estrada-Angulo A., Gómez-Vázquez A. A., Plascencia A., Ríos F. G., Reyes J. J., Stuart J., Torrentera G.N. 2011. Comportamiento del crecimiento y características de la canal de novillas en lote seco alimentadas con diferentes niveles de levadura viva enriquecida con cromo o con clorhidrato de zilpaterol. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 45:4. ISSN: 0034-7485. <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193022260004.pdf>.
- Valdivia L. A., Matos M. M., Rodríguez Z., Pérez Y., Rubio Y., Vega J. 2019. Enzymatic additives and their use on animal. Cuban Journal of Agricultural Science. Vol. 53:4. Cuba. ISSN:2079-3480. [scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S207934802019000400341&script=sci\\_arttext&tlng=es#B9](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S207934802019000400341&script=sci_arttext&tlng=es#B9).
- Valladares-Carranza B., Bañuelos-Valenzuela R., Peña-Betancourt S.D., Velázquez-Ordoñez V., Echavarría-Chaires F.G., Muro-Reyes A., Zaragoza-Bastida A., Ortega-Santana C., Zamora-Espinosa J. L., Gutiérrez-Castillo A.

2015. Implicaciones del uso de clorhidrato de clenbuterol en la producción pecuaria. REDVET. vol. 16, núm. 2. Málaga, España. ISSN 1695-7504. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63641398007.pdf>.
- Valverde T. J. G. 2022. Effect of nanoencapsulation of three essential oils on broiler meat quality and production parameters. Universidad nacional de Trujillo. Facultad de Ciencias Agrarias. Disponible: [dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/16206](https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/16206).
- Van Hoof N.; Schilt R., Van der Vlis. E., Boshuis P., Van Baak. M., Draaijer A., De Wasch A., Van de Wiele M., Van Hende J., Courtheyn D y De Brabander H. 2005. Detection of Zilpaterol (Zilmax ®) in Calf Urine and Faeces with Liquid Chromatography-tandem Mass Spectrometry. Analytical Chemical Acta. 529.
- Vanegas A. A. M., Gutiérrez L. F. 2016. Carne equina: producción, consumo y valor nutricional. Revista. CES Medicina Veterinaria y Zootecnia. Volumen 11: 86-88. Medellín, Colombia. <https://www.redalyc.org/pdf/3214/321449586009.pdf>.
- Varela, G. B. Beltrán, O. Moreiras, J. M. Ávila, A. I. Cerdeño y Á. R. Mantecón. 2001. La carne de vacuno en la alimentación humana. Fundación española de la nutrición. Departamento de Nutrición. Universidad Complutense de Madrid (UCM). Fundación Española de la Nutrición (FEN). Estación Agrícola Experimental. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). España. Accedido: julio 2023. Disponible: <https://www.fen.org.es/storage/app/media/imgPublicaciones/622007916.pdf>.
- 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.
- Vázquez S.E.T., Partida P.J.A., Rubio L.Ma.S., Méndez M.D. 2011. Comportamiento productivo y características de la canal en corderos provenientes de la cruce de ovejas Katahdin con machos de cuatro razas cárnicas especializadas. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias. Vol. 2 (3):247-258. ISSN 2448-6698. [www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-11242011000300001](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242011000300001).
- Vedovatto M., da Silva P.C., Marin B. J. A., Cortada N. I. M., de Lucca B. A. L., de Olivera D. M. G., da Graça M. M., Loriano F. G. 2020. Inclusion of concentrate and growth promoters' additives in sheep diets on intake, digestibility, degradability, ruminal variables and nitrogen balance. Revista mexicana de ciencias pecuarias, 11(1). Brasil. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i1.4981>.
- Velasco M., Romero B., Betancourt M., Suarez N., Contreras F. 2002. Uso de los Antagonistas Beta-Adrenérgicos en la Hipertensión Arterial. Archivos

- Venezolanos de Farmacología y Terapéutica, 21(2), 139-147. ISSN: 0798-0264.  
[http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S07980264200200020002&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S07980264200200020002&lng=es&tlng=es).
- Velasco V., Bravo P., Williams P., Campos J., Astudillo R., Melín P. 2017. Storage stability of poultry meat from broilers fed with dry oregano (*origanum vulgare* L.) in the diet. Chilean journal of agricultural & animal sciences, 33(1): 28-38. <https://dx.doi.org/10.4067/S0719-38902017005000104>.
- Vicente-Pérez A., Avendaño-Reyes L., Guerra-Liera J. E., Barajas-Cruz R., Vicente-Pérez R., Ángeles López-Baca M.A., Gastelum-Delgado M.A., Chay-Canul A. J y Macías-Cruz U. 2022. Efectividad del clorhidrato de zilpaterol en la finalización de corderos: Patente vs. Genérico. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias. ISSN: 2448-6698. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v13i3.5786>.
- Vicente-Pérez R., Macías-Cruz U., Andrade M. R., Vicente R., García O.E., Martínez R., Avendaño-Reyes L., Montañez D.O. 2020b. Supplementation with zilpaterol hydrochloride in lambs finished with a diet formulated without forage fiber. Rev. Mex. De cienc. Pec. 12(2):586-597. ISSN: 2448-6698. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i3.5149>.
- Vicente-Pérez. A., Avendaño R. L., Macías C. U., Aguilar Q. A., Vicente P. R., Mellado B. M., Gastelum D. M. A., Correa C. A., López-Rincón G., Eulogio G. L. J. 2020a. Efecto de la adición de clorhidrato de zilpaterol genérico en el perfil bioquímico y hematológico de ovinos de pelo engordados en corral. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i4.5192>.
- Wallace J. R. 2004. Antimicrobial properties of plant secondary metabolites. Symposium on 'Plants as animal foods: a case of catch 22". Proceedings of the Nutrition Society, 63, 621–629.
- Wang L. M., Mandell B. I., Bohrer B. M. 2020. Effects of feeding essential oils and benzoic acid to replace antibiotics on finishing beef cattle growth, carcass characteristics, and sensory attributes. Applied Animal Science 36:145–156 <https://doi.org/10.15232/aas.2019-01908>.
- Wang S., Liping G. U. O., Zhiguo M. I. A. O., Hanjun M. A y Melenychuk S. 2020. Effects of maternal vitamin D3 status on quality characteristics of pork batters in offspring pigs during cold storage. Food Science and Technology. ISSN 1678-45. DOI: <https://doi.org/10.1590/fst.102021>.
- Wendakoon C.N., Sakaguchi M. 1995. Inhibition of amino acid decarboxylase activity of *Enterobacter aerogenes* by active components in spices. Journal of Food Protection 58 (3), 280 – 283.



- Windisch W., Schedle K., Plitzner C y Kroismayr A. 2008. Use of phytogenic products as feed additives for swine and poultry1W. *J Anim Sci*. doi: 10.2527/jas.2007-0459.
- Zago, G. K. I., García F. M. Y., Di Bernardo M.I., Vit P., Luna J.R. y Gualtieri, M. 2010. Determinación del contenido de vitamina C en miel de abejas venezolanas por volumetría de óxido-reducción. *Rev. Inst. Nac. Hig.* 41(1): 25-30. ISSN 0798-0477.
- Zhao A., Zhang Y., Li F., Chen L y Huang X. 2023. Analysis of the Antibacterial Properties of Compound Essential Oil and the Main Antibacterial Components of Unilateral Essential Oils. *Molecules*, 28(17), 6304; <https://doi.org/10.3390/molecules28176304>.
- Zinn R. A., Owens F.N., Stuart R.L., Dunbar J. R y Norman B. B. 1987. B-vitamin supplementation of diets for feedlot calves. *Journal of Animal Science*, 65(1), 267-277.