



Abanico Veterinario. Enero-Diciembre 2022; 12:1-10. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2022.12>
Comunicación corta. Recibido:15/02/2021. Aceptado:02/04/2022. Publicado:20/08/2022. Código: e2021-13.
<https://www.youtube.com/watch?v=mK0pL43RPuM>

Efecto de tiempo de suplementación de Clorhidrato de Zilpaterol sobre residuos en músculo, hígado y riñón de corderos de pelo en finalización

Supplementation time effect of Zilpaterol hydrochloride on residues in muscle, liver, and kidney of feedlot hair lambs



Montaño-Gómez Martín^{*1} , Vega-Cazares Miguel¹ , Mellado-Bosque Miguel² , Chirino-Romero Juan¹ , Villa-Angulo Rafael³ , Márquez-Salazar Dolores¹ 

¹Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias, Universidad Autónoma de Baja California. México. ²Departamento de Nutrición Animal, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Saltillo, México. ³Instituto de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California. México. *Autor responsable y para correspondencia: Montaño-Gómez Martín. Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias de la Universidad Autónoma de Baja California. Fraccionamiento Laguna Campestre, Mexicali, Baja California, México. CP 21386. E-mail: mmontano5@yahoo.com, miguevega@yahoo.com.mx, melladomiguel07@gmail.com, octavio.chirino@uabc.edu.mx, rafael.villa@uabc.edu.mx, marquezd@uabc.edu.mx

RESUMEN

La suplementación con clorhidrato de zilpaterol (HZ) se comercializa solo para el ganado y su uso no ha sido ampliamente adoptado como promotor del crecimiento en otras especies. El objetivo de este estudio fue evaluar el HZ residual en varios tejidos de corderos de pelo finalizados en corral de engorde a los que se administró este promotor de crecimiento. Cuarenta corderos machos intactos se asignaron aleatoriamente a uno de los siguientes cuatro tratamientos: HZ durante 0, 10, 20 y 30 días antes del final del período de engorde. Todos los corderos fueron alimentados con una dieta basal y sacrificados 48 h después de la prueba de alimentación. En cuanto al músculo, se observó un aumento lineal ($P \leq 0.05$) en las concentraciones de HZ con el aumento de los días de administración (0.0, 0.19, 0.26 y 0.64 ng/g para 0, 10, 20 y 30 d de administración). Para el hígado, también se observó un aumento lineal ($P \leq 0.05$) en las concentraciones de HZ con el aumento de los días de administración (0.0, 0.18, 0.27 y 0.44 ng / g durante 0, 10, 20 y 30 días de administración). Se encontraron valores más altos de HZ en el riñón con 0.0, 0.49, 0.66 y 0.71 ng / g a los 0, 10, 20 y 30 días de administración). Se concluyó que, independientemente del tejido, los residuos de HZ aumentaron con el aumento de los días de administración de este promotor de crecimiento. Asimismo, los niveles observados de HZ fueron inferiores a los establecidos por el SENASICA (México) para bovinos, y los valores presentados en el presente estudio podrían ser la base para establecer los límites máximos permisibles de este potenciador del crecimiento en diversos tejidos de ovinos.

Palabras clave: agonistas adrenérgicos β_2 , clorhidrato de zilpaterol, residuos, carne.

ABSTRACT

Zilpaterol hydrochloride (ZH) supplementation is marketed for cattle only, and its use has not been widely adopted as growth promoter in other species. The objective of this study was to assess the residual ZH in various tissues of feedlot hair lambs administered with this growth promoter. Forty Intact male lambs were



randomly assigned to one of the following four treatments: ZH for 0, 10, 20, and 30 d before the end of the fattening period. All lambs were fed a basal diet and slaughtered 48 h after the feeding trial. Regarding muscle, a linear increase ($P \leq 0.05$) in ZH concentrations with increasing days of administration was observed (0.0, 0.19, 0.26, and 0.64 ng/g for 0, 10, 20, and 30 d of administration). For the liver, a linear increase ($P \leq 0.05$) in ZH concentrations with increasing days of administration was also observed (0.0, 0.18, 0.27, and 0.44 ng/g for 0, 10, 20, and 30 days of administration). Higher values of ZH were found in the kidney with 0.0, 0.49, 0.66, and 0.71 ng/g for 0, 10, 20, and 30 days of administration). It was concluded that, regardless of tissue, residues of ZH increased with increasing days of administration of this growth promoter. Also, the observed levels of ZH were lower than those established by SENASICA (Mexico) for cattle, and the values presented in the present study could be the basis for establishing the maximum permissible limits of this growth enhancer in various tissues of sheep.

Keywords: $\beta 2$ adrenergic agonists, zilpaterol hydrochloride, residues, meat.

INTRODUCCIÓN

La industria cárnica busca continuamente aditivos para piensos que promuevan un crecimiento rápido y eficiente del ganado, así como para mejorar el rendimiento y la calidad de las canales de los animales de granja (Smith *et al.*, 2020). Uno de los aditivos alimentarios utilizados en el ganado ovino es el clorhidrato de zilpaterol (HZ), un agonista β -adrenérgico (β -AA) utilizado como promotor del crecimiento y mejorador de las características de la canal de los corderos de engorde (Brand *et al.*, 2013; Macías-Cruz *et al.*, 2013). Del mismo modo, el HZ afecta al microbioma ruminal de los corderos castrados (Dufy *et al.*, 2018). La activación de los receptores β 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 (Abney *et al.*, 2007; Scramlin *et al.*, 2010; Miller *et al.*, 2012; Johnson *et al.*, 2014). Además, los β -AA reducen la frecuencia e intensidad de las contracciones ruminales (Leek, 2001), que son importantes para la digestión, y estos promotores del crecimiento aumentan la absorción en el tracto digestivo (McIntyre & Thompson, 1992) y la cantidad de especies de bacterias gramnegativas que son vitales para la fermentación (Walker & Drouillard, 2012). Estos cambios en la digestión de los rumiantes atribuidos al β -AA pueden conducir a cambios en la producción de AGV. Además, el β -AA puede influir en la producción de AGV directamente para aumentar la eficiencia de la digestión y proporcionar más energía al animal.

Actualmente, los únicos β -AA aprobados para el ganado en Estados Unidos son el HCl de ractopamina (RHCl), un agonista $\beta 1$, y el HZ, un agonista $\beta 2$, (Delmore *et al.*, 2010; Boler *et al.*, 2012). Los β -AA han sido aprobados para su uso como promotores del crecimiento en la producción de animales de consumo en varios países, incluido México (Johnson *et al.*, 2013).



Debido a que los β -AA pueden promover el crecimiento del músculo esquelético sin aumentar la concentración de hormonas en suero, tanto los productores de cerdos como los de ganado vacuno han adoptado ampliamente esta tecnología para aumentar la producción de carne (Centner *et al.*, 2014). Sin embargo, existe preocupación por el daño potencial de la β -AA para los humanos que consumen carne de animales tratados con estos promotores del crecimiento (Centner *et al.*, 2014). Por esta razón, China, la Unión Europea y Rusia han restringido y prohibido el uso de β -AA, así como la importación de carne con concentraciones detectables de ractopamina (Bories *et al.*, 2009).

En los análisis de la FDA para detectar residuos de beta-agonistas en la carne porcina y bovina, rara vez se encuentran resultados positivos, pero incluso en esos casos, los niveles encontrados están por debajo de los límites máximos de residuos establecidos por la propia FDA y la Comisión del Código Alimentario Internacional para el consumo humano seguro. Al mismo tiempo, no se han reportado enfermedades transmitidas por alimentos o efectos secundarios en humanos que sean atribuibles al uso de beta-agonista aprobado en la producción de productos cárnicos.

En México está permitido el uso de β -AA como aditivo para la alimentación del ganado y los límites máximos de residuos se han establecido exclusivamente para el ganado vacuno, contemplando 10 ng/g en tejido muscular, 12 ng/g en riñón y 15 ng/g en hígado. Por ello se consideró pertinente conocer los residuos de β -AA en corderos de engorde. El objetivo del presente ensayo fue evaluar el efecto del tiempo de suplementación de HZ sobre los residuos de este promotor del crecimiento en músculo, hígado y riñón de corderos de pelo de engorde.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el área experimental de pequeños rumiantes de la escuela de Veterinaria de la Universidad Autónoma de Baja California, en Mexicali, México. El clima en esta región es árido seco con temperaturas extremas, tanto en invierno como en verano (0 °C a 50 °C), y la precipitación media anual es de 80 mm (INEGI, 2018).

Tratamiento de los corderos para el experimento

Los procedimientos y el manejo de los corderos se realizaron con base en las siguientes Normas Mexicanas para el cuidado y manejo de los animales: NOM-051-ZOO-1995 (atención humanitaria a los animales durante la movilización), NOM-024-ZOO-1995 (disposiciones sobre sanidad animal y características durante el transporte de animales), NOM-033-ZOO-1995 (sacrificio humanitario de animales domésticos y silvestres) y NOM-



EM-015-ZOO-2002 (disposiciones técnicas para el control del uso de beta-agonistas en animales).

Animales y gestión pre-experimental

Se utilizaron 40 corderos machos Dorper x Katahdin de cuatro meses de edad, que tenían un peso vivo de $34,6 \pm 2,4$ kg al inicio del experimento. El estudio duró 52 días, de los cuales 20 fueron de adaptación y 32 de periodo experimental. Durante el periodo de adaptación, todos los corderos fueron desparasitados (Ivermectina; Sanfer Laboratorio, Ciudad de México; 0,5 ml/animal), recibieron vitaminas (Vigantol ADE Fuerte; Bayer, Ciudad de México, México; 1 ml/animal), y fueron alojados en corrales individuales (1,2 x 2,0 m) equipados con comedero, alimentador y sombra. Los corderos fueron adaptados a la dieta básica (Tabla 1).

Procedimiento experimental

Los corderos se pesaron individualmente el primer día del periodo experimental y se asignaron a cuatro grupos de 10 animales cada uno. Los tratamientos consistieron en suplementar a los corderos con 10 mg/día de HZ (Zilmax, Intervet / Schering-Plow, México) durante los últimos 0 (T0, control), 10 (T10), 20 (T20) y 30 (T30) días del periodo de acabado. Los corderos fueron alimentados diariamente por la mañana (700 h) y por la tarde (1500 h). Se ofreció agua ad libitum y se verificó visualmente el estado de salud cada día. Se recogieron muestras de pienso y se secaron en un horno. Se determinó la composición química de estas muestras. Dos días después del final del ensayo de alimentación se pesaron todos los corderos y se sacrificaron por el método del degüello.



Tabla 1. Ingredientes y composición química de las dietas ofrecidas a los corderos de pelo

	Tratamientos ¹			
	T0	T10	T20	T30
Ingredientes, %				
Maíz amarillo, hojuelas	46.00	46.00	46.00	46.00
Alfalfa, heno	26.50	26.50	26.50	26.50
GSMs ²	20.00	20.00	20.00	20.00
Melaza	6.00	6.00	6.00	6.00
HZ, mg/animal/d ³	0.00	10.00	10.00	10.00
Minerales	1.50	1.50	1.50	1.50
Contenido de nutrientes, % base de materia seca				
Materia seca	88.96	88.96	88.96	88.96
Energía metabolizable (Mcal/kg)	2.98	2.98	2.98	2.98
Extracto de éter	4.89	4.89	4.89	4.89
Proteína cruda	15.78	15.78	15.78	15.78
Fibra detergente neutra	12.48	12.48	12.48	12.48
Fibra detergente ácida	4.84	4.84	4.84	4.84
Calcio	0.85	0.85	0.85	0.85
Fósforo	0.68	0.68	0.68	0.68

¹Los tratamientos fueron: T0 = Control, sin clorhidrato de zilpaterol (Z0); T10 = suplementación de clorhidrato de zilpaterol los últimos 10 días de acabado; T20 = suplementación de clorhidrato de zilpaterol los últimos 20 días de acabado; T30 = suplementación de clorhidrato de zilpaterol los últimos 30 días de acabado.

²GSMs = granos secos de maíz de destilería con solubles.

³HZ = clorhidrato de zilpaterol (Zilmax, Intervet/Schering-Plough, México).

Recogida y preparación de muestras

Las muestras de hígado, riñón y carne (músculo masetero) se recogieron en el momento del sacrificio y se congelaron a -30 °C hasta su preparación y análisis. Las muestras de músculo se recogieron tras diseccionar las cabezas de los animales, evitando las zonas con alto contenido en grasa o tejido conjuntivo. Para la determinación de los residuos de HZ, se tomaron muestras al azar de cinco animales por grupo. Las muestras se homogeneizaron por trituración. Se eliminó el tejido graso o conectivo antes de la trituración. Se mantuvieron congelados hasta el momento de la extracción. Ésta se realizó según el protocolo descrito por el proveedor para los diferentes tejidos (Bioo Scientific Corp., 2011), utilizando el homogeneizador PowerGen 700™ (Fisher Scientific), al inicio de la extracción junto con el primer tampón utilizado, para optimizar el proceso.



Análisis de muestras

Los residuos de HZ se cuantificaron mediante análisis ELISA utilizando el kit "MaxSignal® Zilpaterol ELISA Test", que es un inmunoensayo enzimático competitivo. Para la determinación de la concentración, se utilizó un lector de placas ELISA Eon™ (BioTek Instruments, Inc.), con lectura de las placas a 450 nm, como indica el proveedor. Las determinaciones se realizaron en microplacas de 96 pocillos por duplicado, así como los estándares de la curva de calibración, para lo cual fueron necesarias dos placas. La absorbancia de los pocillos de la placa se registró a 450 nm. La curva de calibración tuvo un coeficiente de correlación (R^2) de 0,99 y se realizó utilizando las concentraciones 0,00, 0,015, 0,20 y 0,50 ng/g. Dado que la curva de calibración es inversamente proporcional a la concentración y tiene un comportamiento logarítmico, el proveedor recomienda ajustar los valores de absorbancia absoluta a absorbancia relativa utilizando el valor estándar cero (0,0 ng/g) como absorbancia 100. Asimismo, para ajustar una ecuación lineal, los datos se transformaron a logaritmo natural. Utilizando el software Gen5™ (BioTek Instruments, Inc.), se promedió la absorbancia de cada una de las muestras, y estos datos se utilizaron para el análisis estadístico. El límite de detección se estableció como 3 veces la desviación estándar de la señal del blanco y el límite de cuantificación (LOQ) como 10 veces el valor de la desviación estándar de la señal o absorbancia del estándar cero (blanco) (Skoog, 2001).

Análisis estadísticos

Los datos se sometieron a un análisis de la varianza utilizando un diseño completamente aleatorio (Procedimiento GLM del SAS; SAS Institute Inc., Cary NC., USA). Las medias se analizaron mediante polinomios ortogonales y la prueba de Tuckey, declarando la significación a $P \leq 0,05$. Los datos se analizaron con el programa estadístico (2002). El animal fue la unidad experimental y el modelo incluyó efectos fijos de la suplementación con HZ y el error experimental como término aleatorio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El efecto del tratamiento sobre los residuos de HZ se muestra en la Tabla 2. En cuanto al músculo, se observó un incremento lineal ($P \leq 0,05$) en las concentraciones de HZ a medida que aumentaban los días de suplementación. Hubo una diferencia significativa en las concentraciones de HZ entre el control y todos los demás tratamientos.

Asimismo, se observó un incremento lineal ($P \leq 0,10$) en la concentración de HZ en el riñón a medida que aumentaban los días de tratamiento; el grupo control se diferenció en comparación con todos los demás tratamientos. En cuanto al hígado, se observó un aumento lineal ($P \leq 0,10$) de la concentración de residuos de HZ a medida que



aumentaban los días de tratamiento. No existió ninguna diferencia significativa ($p > 0,05$) entre el grupo de control en comparación con todos los demás tratamientos.

Tabla 2. Efecto del tiempo de suplementación con clorhidrato de zilpaterol sobre los valores de este promotor del crecimiento en el músculo, el riñón y el hígado

Tejido	Residuos de HZ (ng/g)				EEM	P-valor	
	T0	T10	T20	T30		T0 vs. Otros	Lineal
Músculo	0.0000	0.1908	0.2598	0.6414	0.0707	0.0065	0.0004
Riñón	0.0000	0.4962	0.6666	0.7152	0.1173	0.0438	0.0549
Hígado	0.0000	0.1862	0.2740	0.4484	0.0750	0.1270	0.0594

EEM= error estándar de la media; HZ= clorhidrato de zilpaterol (Zilmax, Intervet/Schering-Plough, México).

T0 = Control, sin clorhidrato de zilpaterol (Z0); T10 = suplementación de clorhidrato de zilpaterol los últimos 10 días de terminación; T20 = suplementación de clorhidrato de zilpaterol los últimos 20 días de terminación; T30 = suplementación de clorhidrato de zilpaterol los últimos 30 días de terminación

La HZ tiene un período de retiro mínimo de tres días antes del sacrificio para asegurar que los residuos en el tejido muscular sean eliminados antes del consumo (Merck, 2017). Los residuos de HZ y otros agonistas β -adrenérgicos en animales de granja producidos en engorde pueden tener altas implicaciones comerciales porque los mercados fuera de los países donde la HZ está legalmente permitida, deben cumplir con los residuos de HZ establecidos por el país importador. En Estados Unidos, donde el uso de la HZ está aprobado sólo para su administración al ganado vacuno, los niveles máximos de residuos de HZ en hígado y músculo de vacuno son de 12 y 10 ng/g, respectivamente. En el caso de México, los residuos máximos de este promotor del crecimiento son de 10 ng/g en tejido muscular, 12 ng/g en riñón y 15 ng/g en hígado (SENASICA, 2017). En el caso de la HZ, no se han establecido las concentraciones residuales en ovinos, pero existen reportes sobre la concentración de HZ en los tejidos de los corderos. Un estudio en ovejas ha mostrado que los niveles de HZ en músculo, hígado y riñón en corderos a diferentes tiempos de retiro fueron de 1,5 ng/g en músculo, 0,86 ng/g en hígado y 1,10 ng/g en riñón (Shelver & Smith, 2006), los cuales fueron más altos que los valores encontrados en el presente estudio. Es importante destacar que los niveles observados de HZ en corderos fueron inferiores a los establecidos por el SENASICA (2017) para bovinos. Asimismo, el tejido en el que se encontró la mayor cantidad de residuos de HZ fue el riñón, lo cual se debe a que la HZ es una sustancia altamente soluble en agua, por lo que su excreción es principalmente a través del sistema urinario. De hecho, un método rápido y amigable de detección de HZ es la determinación de este potenciador del crecimiento en la orina (Shelver & Smith, 2018).



Para otros rumiantes que no sean bovinos y otros ganados, el SENASICA (2017) establece que los tejidos animales deben presentar una cantidad "no detectada" de HZ (límite de tolerancia cero). Bajo este criterio, el HZ no podría ser utilizado en ovinos en México, lo cual es contradictorio porque la carne de bovino puede tener algunos residuos de HZ. Es importante mencionar que este límite se estableció básicamente por la falta de estudios sobre los residuos de HZ en la carne de ovino. Por lo tanto, se deben realizar más estudios para confirmar si estas cantidades son peligrosas para el ser humano y, en su caso, establecer límites máximos permisibles que garanticen la salud del consumidor.

CONCLUSIONES

Las concentraciones residuales observadas de clorhidrato de zilpaterol en músculo, riñón e hígado de corderos de pelo aumentaron linealmente con los días de administración de este potenciador del crecimiento. Los residuos de clorhidrato de zilpaterol en diversos tejidos de los corderos de pelo fueron inferiores a los establecidos por el SENASICA (México) para los bovinos. Dado que esta institución no ha establecido límites formales para el uso del clorhidrato de zilpaterol en ovinos, estos resultados son un buen punto de referencia para establecer límites máximos permisibles para corderos de pelo de engorde.

LITERATURA CITADA

ABNEY CS, Vasconcelos JT, McMeniman JP, Keyser SA, Wilson KR, Vogel GJ, Galyean ML. 2007. Effects of Ractopamine Hydrochloride on Performance, Rate and Variation in Feed Intake, and Acid-Base Balance in Feedlot Cattle. *Journal of Animal Science*. 85(11): 3090-3098. ISSN: 0021-8812. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0263>

BOLER DD, Shreck AL, Faulkner DB, Killefer J, McKeith FK, Homm JW, Scanga JA. 2012. Effect of ractopamine hydrochloride (Optaflexx) dose on live animal performance, carcass characteristics and tenderness in early weaned beef steers. *Meat Science*. 92(4):458-463. ISSN 0309-1740. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.05.011>

BORIES G, Brantom P, Brufau de Barbera J, Chesson A, Cocconcelli PS, Debski B, Dierick N, Gropp J, Halle I, Hogstrand C, Knecht J, Leng L, Haldorse Lundebye AK, Lindgren S, Mantovani A, Mezes M, Nebbia C, Rambeck W, Rycken G, Wright A, Wester P. 2009. Safety evaluation of ractopamine. *The European Food Safety Authority Journal*. e1041. 10(4):1-52. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2009.1041>

BRAND TS, Genis MP, Hoffman LC, Van de Vyver WFJ, Swart R, Jordaan GF. 2013. The effect of dietary energy and the inclusion of a β -adrenergic agonist in the diet on the meat



quality of feedlot lambs. *South African Journal of Animal Science*. 43(5): S140–S145. ISSN 2221-4062. <https://doi.org/10.4314/sajas.v43i5.27>

CENTNER TJ, Alvey JC, Stelzleni AM. 2014. Beta agonists in livestock feed: status, health concerns, and international trade. *Journal of Animal Science*. 92(9): 4234-4240. ISSN: 0021-8812. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-7932>

DELMORE RJ, Hodgen JM, Johnson BJ. 2010. Perspectives on the application of zilpaterol hydro-chloride in the United States beef industry. *Journal of Animal Science*. 88(8):2825-2828. ISSN: 0021-8812. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2473>

DUFFY EM, Tietze SM, Knoell AL, Aluthge ND, Fernando SC, Schmidt TS, Yates DT, Petersen JL. 2018. Rumen bacterial composition in lambs is affected by β -adrenergic agonist supplementation and heat stress at the phylum level 1. *Translational Animal Science*. 27(2) Suppl 1):S145–S148. ISSN: 2573-2102. <https://doi.org/10.1093/tas/txy052>

INEGI. 2018. Información por territorio: Clima.
<http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/bc/territorio/clima.aspx?tema=me&e=02>

JOHNSON BJ, Ribeiro FRB, Beckett JL. 2013. Application of growth technologies in enhancing food security and sustainability. *Animal Frontiers*. 3(3): 8-13. ISSN: 2160-6064. <https://doi.org/10.2527/af.2013-0018>

JOHNSON BJ, Smith SB, Chung, KY. 2014. Historical overview of the effect of β -adrenergic agonists on beef cattle production. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 27(5):757-766. ISSN: 1011-2367. <https://doi.org/10.5713/ajas.2012.12524>

LEEK BF. 2001. Review: reticuloruminal motility-a pharmacological target with a difference? *Veterinary Quarterly*. 23(1):26-31. ISSN: 1875-5941. <https://doi.org/10.1080/01652176.2001.9695071>

MACÍAS-CRUZ, U, Álvarez-Valenzuela FD, Soto-Navarro SA, Águila-Tepato E, Avendaño-Reyes L. 2013. Effect of zilpaterol hydrochloride on feedlot performance, nutrient uptake, and digestibility in hair-bred sheep. *Journal of Animal Science*. 91:1844-1849. ISSN: 0021-8812. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4911>

MCINTYRE AS, Thompson DG. 1992. Review article: adrenergic control of motor and secretory function in the gastrointestinal tract. *Aliment Pharmacol Ther*. 6(2):125-142. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2036.1992.tb00257.x>



MERCK. 2017. ZILMAX®. <https://www.merck-animal-healthusa.com/product/cattle/Zilmax/1>

MILLER, EK, Chung KY, Hutcheson JP, Yates DA, Smith SB, Johnson BJ. 2012. Zilpaterol hydrochloride alters abundance of β -adrenergic receptors in bovine muscle cells but has little effect on de novo fatty acid biosynthesis in bovine subcutaneous adipose tissue explants. *Journal of Animal Science*. 90(4): 1317-1327. ISSN: 0021-8812.
<https://doi.org/10.2527/jas.2011-4589>

SCRAMLIN, SM, Platter WJ, Gomez RA, Choat WT, McKeith FK, Killefer J. 2010. Comparative Effects of Ractopamine Hydrochloride and Zilpaterol Hydrochloride on Growth Performance, Carcass Traits, and Longissimus Tenderness of Finishing Steers. *Journal of Animal Science*. 88(5): 1823-1829. ISSN: 0021-8812.
<https://doi.org/10.2527/jas.2009-2405>

SENASICA. 2017. Límites Máximos de Residuos Tóxicos y contaminantes. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/244765/Tabla_de_L_mites_M_ximos_2017.pdf

SHELVER WL, Smith DJ. 2006. Tissue residues and urinary excretion of zilpaterol in sheep treated for 10 days with dietary zilpaterol. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 54(12):4155-4161. ISSN: 0021-8561. <https://doi.org/10.1021/jf060552m>

SHELVER WL, Smith DJ. 2018. Development of an immunochromatographic assay for the β -adrenergic agonist feed additive zilpaterol. *Food Additives & Contaminants: Part A*. 35(8): 1519-1529. ISSN: 19440049. <https://doi.org/10.1080/19440049.2018.1463568>

SKOOG DA, Holler FJ, Nieman TA. 2001. Principios de análisis instrumental (No. 543.4/. 5). McGraw-Hill Interamericana de España. ISBN 9788448127756.

SMITH ZK, Anderson PT, Johnson BJ. 2020. Finishing cattle in all-natural and conventional production systems. *Journal of Animal Sciences*. 10(02):237-253. ISSN: 2161-7627. <https://doi.org/10.4236/ojas.2020.102013>

WALKER CE, Drouillard JS. 2012. Effects of Catecholamines on gut microflora and potential for beta- adrenergic agonists to impact ruminal fermentation. *The Open Agriculture Journal*. 6(1):57-66. ISSN: 1874-3315.
<https://doi.org/10.2174/1874331501206010057>

Errata Erratum

<https://abanicoacademico.mx/revistasabanico-version-nueva/index.php/abanico-veterinario/errata>