



Abanico Veterinario. Janeiro-Dezembro 2022; 12:1-10. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2022.12>  
Comunicação curta. Recebido:15/02/2021. Aceito:02/04/2022. Publicado:20/08/2022. Chave: e2021-13.  
<https://www.youtube.com/watch?v=mK0pL43RPuM>

## Efeito do tempo de suplementação do cloridrato de Zilpaterol sobre os resíduos nos músculos, fígado e rim de cordeiros de pêlos de confinamento

Effect of the supplementation time of Zilpaterol hydrochloride on residues in muscle, liver, and kidney of feedlot hair lambs



Montaño-Gómez Martín<sup>\*1</sup> , Vega-Cazares Miguel<sup>1</sup> , Mellado-Bosque Miguel<sup>2</sup> ,  
Chirino-Romero Juan<sup>1</sup> , Villa-Angulo Rafael<sup>3</sup> , Márquez-Salazar Dolores<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias, Universidad Autónoma de Baja California. México. <sup>2</sup>Departamento de Nutrición Animal, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Saltillo, México. <sup>3</sup>Instituto de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California. México. \*Autot responsável e para correspondência: 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

### RESUMO

O suplemento de cloridrato de Zilpaterol (HZ) é comercializado apenas para o gado e seu uso não tem sido amplamente adotado como promotor de crescimento em outras espécies. O objetivo deste estudo era avaliar o HZ residual em vários tecidos de cordeiros com pêlos acabados em confinamento alimentados por este promotor de crescimento. Quarenta cordeiros machos intactos foram designados aleatoriamente para um dos quatro tratamentos seguintes: HZ por 0, 10, 20 e 30 dias antes do final do período de engorda. Todos os cordeiros foram alimentados com uma dieta basal e abatidos 48 h após a experiência de alimentação. Para muscular, foi observado um aumento linear ( $P \leq 0.05$ ) nas concentrações de HZ com aumento dos dias de administração (0,0, 0,19, 0,26 e 0,64 ng/g para 0, 10, 20 e 30 d de administração). Para o fígado, um aumento linear ( $P \leq 0.05$ ) nas concentrações de HZ também foi observado com aumento dos dias de administração (0,0, 0,18, 0,27 e 0,44 ng/g para 0, 10, 20 e 30 dias de administração). Foram encontrados valores mais altos de HZ no rim com 0,0, 0,49, 0,66 e 0,71 ng/g a 0, 10, 20 e 30 dias de administração). Concluiu-se que, independentemente do tecido, os resíduos de HZ aumentaram com o aumento dos dias de administração deste promotor de crescimento. Além disso, os níveis observados de HZ foram inferiores aos estabelecidos pelo SENASICA (México) para o gado bovino, e os valores apresentados no presente estudo poderiam ser a base para estabelecer limites máximos permitidos para este promotor de crescimento em vários tecidos ovinos.

**Palavras-chave:**  $\beta$ 2-adrenérgicos agonistas, cloridrato de zilpaterol, resíduos, 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.

## INTRODUÇÃO

A indústria da carne está continuamente buscando aditivos para rações para promover o crescimento rápido e eficiente do gado, bem como para melhorar o rendimento e a qualidade das carcaças dos animais de criação (Smith *et al.*, 2020). Um aditivo alimentar usado em ovelhas é o cloridrato de zilpaterol (HZ), um agonista adrenérgico ( $\beta$ -AA) usado como promotor de crescimento e improvisador das características de carcaça de cordeiros de confinamento (Brand *et al.*, 2013; Macías-Cruz *et al.*, 2013). da mesma forma HZ afetam o microbioma ruminal do carneiro castrado (Dufy *et al.*, 2018). A ativação do  $\beta$ -receptores em músculo e gordura resulta em diminuição da lipogênese, aumento da lipólise e aumento do acreção muscular ou da combinação desses efeitos (Abney *et al.*, 2007; Scramlin *et al.*, 2010; Miller *et al.*, 2012; Johnson *et al.*, 2014). Além disso,  $\beta$ -AA reduz a frequência e a intensidade das contrações ruminais (Leek, 2001), que são importantes para a digestão, e estes promotores de crescimento aumentam a absorção no trato digestivo (McIntyre & Thompson, 1992) e a quantidade de espécies de bactérias gram-negativas que são vitais para a fermentação (Walker & Drouillard, 2012). Estas mudanças na digestão de ruminantes atribuídas a  $\beta$ -AA podem levar a mudanças na produção de VFA. Além disso,  $\beta$ -AA pode influenciar diretamente a produção de AGV para aumentar a eficiência da digestão e fornecer mais energia ao animal.

Atualmente, o único  $\beta$ -AA aprovado para gado nos Estados Unidos é ractopamina HCl (RHCl), um agonista  $\beta 1$ , e HZ, um agonista  $\beta 2$ , (Delmore *et al.*, 2010; Boler *et al.*, 2012).  $\beta$ -AA foram aprovados para uso como promotores de crescimento na produção de alimentos e animais em vários países, incluindo o México (Johnson *et al.*, 2013).

Como  $\beta$ -AA pode promover o crescimento do músculo esquelético sem aumentar a concentração sérica de hormônio, tanto os produtores de suínos como de bovinos adotaram amplamente esta tecnologia para aumentar a produção de carne (Centner *et al.*, 2014). Entretanto, existe a preocupação com os danos potenciais do  $\beta$ -AA para a carne de animais tratados com estes promotores de crescimento (Centner *et al.*, 2014). Por esta razão, a China, a União Européia e a Rússia restringiram e proibiram o uso do



$\beta$ -AA, e a importação de carne com concentrações detectáveis de ractopamina (Bories *et al.*, 2009).

Nas análises da FDA para resíduos beta-agonistas em carne suína e bovina, raramente são encontrados resultados positivos, mas mesmo nesses casos, os níveis encontrados estão abaixo dos limites máximos de resíduos estabelecidos pela própria FDA e pela Comissão do Código Alimentar Internacional para consumo humano seguro. Ao mesmo tempo, nenhuma doença de origem alimentar ou efeitos colaterais humanos foram relatados que sejam atribuíveis ao uso de beta-agonistas aprovados na produção de produtos de carne.

No México, o uso de  $\beta$ -AA como aditivo alimentar para gado é permitido e os limites máximos de resíduos foram estabelecidos exclusivamente para gado, contemplando 10 ng/g em tecido muscular, 12 ng/g em rim, e 15 ng/g em fígado. Portanto, foi considerado pertinente verificar os resíduos de  $\beta$ -AA em cordeiros de confinamento. O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito do tempo de suplementação de HZ nos resíduos deste promotor de crescimento em músculo, fígado e rim de cordeiros de confinamento.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A experiência foi realizada na área experimental para pequenos ruminantes da Escola Veterinária da Universidade Autônoma da Baja California, em Mexicali, México. O clima nesta região é árido e seco, com temperaturas extremas, tanto no inverno como no verão (0 °C a 50 °C), e a precipitação média anual é de 80 mm (INEGI, 2018).

### Tratamento de cordeiros experimentais

Os procedimentos e manuseio de cordeiros foram realizados com base nas seguintes normas mexicanas para o cuidado e manuseio de animais: NOM-051-ZOO-1995 (atenção humana aos animais durante a mobilização), NOM-024-ZOO-1995 (disposições sobre saúde animal e características durante o transporte de animais), NOM-033-ZOO-1995 (abate humano de animais domésticos e selvagens) e NOM-EM-015-ZOO-2002 (disposições técnicas para o controle do uso de beta-agonistas em animais).

### Animais e manejo pré-experimental

Foram utilizados cordeiros Dorper x Katahdin de quarenta e quatro meses de idade, que tinham um peso vivo de  $34,6 \pm 2,4$  kg no início da experiência. O estudo durou 52 dias, dos quais 20 dias foram para adaptação e 32 dias para o período experimental. Durante o período de adaptação, todos os cordeiros foram desparasitados (Ivermectin; Sanfer



Laboratorio, Cidade do México; 0,5 ml/animal), receberam vitaminas (Vigantol ADE Fuerte; Bayer, Cidade do México, México; 1 ml/animal), e foram alojados em currais individuais (1,2 x 2,0 m) equipados com um cocho, alimentador e sombra. Os cordeiros foram adaptados à dieta básica (Tabela 1).

### **Procedimento experimental**

Os cordeiros foram pesados individualmente no primeiro dia do período experimental e foram designados para quatro grupos de 10 animais cada. Os tratamentos consistiram em suplementar os cordeiros com 10 mg/d de HZ (Zilmax, Intervet/Schering-Plow, México) durante os últimos 0 (T0, controle), 10 (T10), 20 (T20) e 30 (T30) dias do período de acabamento. Os cordeiros eram alimentados diariamente pela manhã (700 h) e pela tarde (1500 h). A água era oferecida ad libitum e o estado de saúde era verificado visualmente todos os dias. Amostras de ração eram coletadas e secas em um forno. A composição química destas amostras foi determinada. Dois dias após o final da experiência de alimentação, todos os cordeiros foram pesados e abatidos pelo método de regurgitação.



**Tabela 1. Ingredients and chemical composition of diets offered to hair lambs**

	Tratamentos <sup>1</sup>			
	T0	T10	T20	T30
Ingredientes, %				
Milho Amarelo, em flocos	46.00	46.00	46.00	46.00
Alfalfa, feno	26.50	26.50	26.50	26.50
GMDs <sup>2</sup>	20.00	20.00	20.00	20.00
Melaço	6.00	6.00	6.00	6.00
HZ, mg/animal/d <sup>3</sup>	0.00	10.00	10.00	10.00
Minerais	1.50	1.50	1.50	1.50
Teor de nutrientes, % base de matéria seca				
Matéria seca	88.96	88.96	88.96	88.96
Energia Metabolizável (Mcal/kg)	2.98	2.98	2.98	2.98
Extrato de éter	4.89	4.89	4.89	4.89
Proteína bruta	15.78	15.78	15.78	15.78
Fibra detergente neutra	12.48	12.48	12.48	12.48
Fibra ácida detergente	4.84	4.84	4.84	4.84
Cálcio	0.85	0.85	0.85	0.85
Fósforo	0.68	0.68	0.68	0.68

<sup>1</sup>Tratamentos foram: T0 = Controlo, sem cloridrato de zilpaterol (Z0); T10 = suplementação de cloridrato de zilpaterol nos últimos 10 dias de acabamento; T20 = suplementação de cloridrato de zilpaterol nos últimos 20 dias de acabamento; T30 = suplementação de cloridrato de zilpaterol nos últimos 30 dias de acabamento.

<sup>2</sup>GMDs = Grãos de milho secos de destilador com solúveis.

<sup>3</sup>HZ = cloridrato de zilpaterol (Zilmax, Intervet/Schering-Plough, México)

### Coleta e preparação de amostras

As amostras de rim de fígado e carne (músculo masseter) foram coletadas no momento do abate e foram congeladas a -30 °C até sua preparação e análise. As amostras de músculo foram coletadas após a dissecação das cabeças dos animais, evitando áreas altas em gordura ou tecido conjuntivo. Para a determinação dos resíduos de HZ, cinco animais foram amostrados aleatoriamente por grupo. As amostras foram homogeneizadas por trituração. O tecido adiposo ou conjuntivo foi removido antes da trituração. Elas foram mantidas congeladas até o momento da extração. Isto foi realizado de acordo com o protocolo descrito pelo fornecedor para os diferentes tecidos (Bio Scientific Corp., 2011), utilizando o homogeneizador PowerGen 700™ (Fisher Scientific), no início da extração em conjunto com o primeiro tampão utilizado, para otimizar o processo.



### **Análise de amostras**

Os resíduos de HZ foram quantificados pela análise ELISA usando o kit "MaxSignal® Zilpaterol ELISA Test", que é um imunoenensaio enzimático competitivo. Para a determinação da concentração, foi utilizado um leitor de placas ELISA, Eon™ (BioTek Instruments, Inc.), com leitura das placas a 450 nm, conforme indicado pelo fornecedor. As determinações foram feitas em microplacas de 96 poços em duplicata, bem como os padrões da curva de calibração, para os quais foram necessárias duas placas. A absorção dos poços da placa foi registrada a 450 nm. A curva de calibração tinha um coeficiente de correlação ( $R^2$ ) de 0,99 e foi realizada utilizando as concentrações 0,00, 0,015, 0,20, e 0,50 ng/g. Como a curva de calibração é inversamente proporcional à concentração e tem um comportamento logarítmico, o fornecedor recomenda ajustar os valores absolutos da absorvância à absorvância relativa usando o valor padrão zero (0,0 ng/g) como 100 absorvância. Da mesma forma, para se ajustar a uma equação linear, os dados foram transformados em logaritmo natural. Usando o software Gen5™ (BioTek Instruments, Inc.), a absorvância de cada uma das amostras foi calculada como média, e estes dados foram usados para análise estatística. O limite de detecção foi estabelecido como 3 vezes o desvio padrão do sinal em branco e o limite de quantificação (LOQ) como 10 vezes o valor do desvio padrão do sinal ou absorvância do padrão zero (em branco) (Skoog, 2001).

### **Análise estatística**

Os dados foram submetidos a uma análise de variância usando um projeto completamente aleatório (GLM Procedure of the SAS; SAS Institute Inc., Cary NC., EUA). Os meios foram analisados usando polinômios ortogonais, e o Teste Tuckey, declarando significância em  $P \leq 0,05$ . Os dados foram analisados com o programa estatístico (2002). Animal foi a unidade experimental e o modelo incluiu efeitos fixos da suplementação de HZ e o erro experimental como um termo aleatório.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O efeito do tratamento sobre os resíduos de HZ é mostrado na Tabela 2. Com relação ao músculo, foi observado um aumento linear ( $P \leq 0,05$ ) nas concentrações de HZ à medida que aumentavam os dias de suplementação. Houve uma diferença significativa nas concentrações de HZ entre o controle e todos os outros tratamentos.

Da mesma forma, um aumento linear ( $P \leq 0,10$ ) foi observado na concentração de HZ no rim à medida que os dias de tratamento aumentaram; o grupo controle diferiu em relação a todos os outros tratamentos. Com relação ao fígado, foi observado um aumento linear ( $P \leq 0,10$ ) da concentração de resíduos de HZ à medida que os dias de tratamento



aumentavam. Não houve diferença significativa ( $p>0,05$ ) entre o grupo de controle em comparação com todos os outros tratamentos.

**Tabela 2. Efeito do tempo da suplementação de cloridrato de zilpaterol sobre os resíduos deste promotor de crescimento no músculo, rim e fígado**

Tecido	Resíduos de HZ (ng/g)				EPM	P-value	
	T0	T10	T20	T30		T0 vs. Outros	Lineal
Músculos	0.0000	0.1908	0.2598	0.6414	0.0707	0.0065	0.0004
Rim	0.0000	0.4962	0.6666	0.7152	0.1173	0.0438	0.0549
Fígado	0.0000	0.1862	0.2740	0.4484	0.0750	0.1270	0.0594

EPM= Erro Padrão da média; HZ= cloridrato de zilpaterol (Zilmax, Intervet/Schering-Plough, México). T0 = Controlo, sem cloridrato de zilpaterol (Z0); T10 = suplementação de cloridrato de zilpaterol nos últimos 10 dias de acabamento; T20 = suplementação de cloridrato de zilpaterol nos últimos 20 dias de acabamento; T30 = suplementação de cloridrato de zilpaterol nos últimos 30 dias de acabamento

HZ tem um período mínimo de três dias de retirada antes do abate para garantir que os resíduos no tecido muscular sejam eliminados antes do consumo (Merck, 2017). A HZ e outros resíduos de agonistas adrenérgicos em animais de granja produzidos em confinamento podem ter altas implicações comerciais porque os mercados fora dos países onde a HZ é legalmente permitida, devem cumprir com os resíduos HZ estabelecidos pelo país importador. Nos Estados Unidos, onde o uso de HZ é aprovado para administração somente ao gado, os níveis máximos de resíduos de HZ no fígado e no músculo bovino são de 12 e 10 ng/g, respectivamente. No caso do México, os resíduos máximos deste promotor de crescimento são 10 ng/g no tecido muscular, 12 ng/g no rim e 15 ng/g no fígado (SENASICA, 2017). No caso do HZ, não foram estabelecidas concentrações residuais em ovelhas, mas há relatórios sobre a concentração de HZ nos tecidos da ovelha. Um estudo em ovelhas mostrou que os níveis de HZ em músculo, fígado e rim em cordeiros em diferentes momentos de retirada foram de 1,5 ng/g em músculo, 0,86 ng/g em fígado e 1,10 ng/g em rim (Shelver & Smith, 2006), que foram maiores que os valores encontrados no presente estudo. É importante notar que os níveis observados de HZ em cordeiros foram inferiores aos estabelecidos pelo SENASICA (2017) para gado bovino. Além disso, o tecido no qual a maior quantidade de resíduos de CZ foi encontrada foi o rim, que é porque o HZ é uma substância altamente solúvel em água, portanto sua excreção é feita principalmente através do sistema urinário. Na verdade, um método amigável de detecção rápida de HZ é a determinação deste intensificador de crescimento na urina (Shelver & Smith, 2018).



Para outros ruminantes que não sejam bovinos e outros animais, a [SENASICA \(2017\)](#) estabelece que os tecidos animais devem apresentar uma quantidade "não detectada" de HZ (limite de tolerância zero). Sob este critério, o HZ não poderia ser usado em ovelhas no México, o que é contraditório porque a carne bovina pode ter alguns resíduos de HZ. É importante mencionar que este limite foi estabelecido basicamente por causa da falta de estudos sobre resíduos de HZ na carne ovina. Portanto, mais estudos devem ser realizados para confirmar se essas quantidades são perigosas para os seres humanos e, se por o caso, estabelecer limites máximos permitidos que garantam a saúde do consumidor.

### CONCLUSÕES

As concentrações residuais observadas de cloridrato de zilpaterol em músculo, rim e fígado de cordeiros capilares aumentaram linearmente com os dias de administração deste intensificador de crescimento. Os resíduos de cloridrato de zilpaterol em vários tecidos de cordeiros capilares foram menores do que os estabelecidos pelo SENASICA (México) para gado bovino. Considerando que esta instituição não estabeleceu limites formais para o uso do cloridrato de zilpaterol em ovelhas, estes resultados são um bom ponto de referência para estabelecer limites máximos permitidos para cordeiros de confinamento de pêlos.

### 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 tender-ness 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, Rychen 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  $\beta$ -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  $\beta$ -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  $\beta$ -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  $\beta$ -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](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  $\beta$ -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>