

“Uso de Ractopamina en la producción de cerdos: una revisión de la literatura (2008-2018)”

*Autor : Johanna Carolina Veloza Guio
Universidad Cooperativa de Colombia
Tutor: Dra. María del Rocío Pérez Rubio*

Resumen: Este artículo de revisión presenta un estado del arte actualizado al año 2018 de los estudios científicos sobre el uso de la ractopamina en cerdos durante la última década. A través de la búsqueda y clasificación de documentos indexados en las bases de datos EBSCO y Google Académico se logra determinar los enfoques que han tenido las investigaciones sobre el tema, las posturas existentes y el prominente avance de la academia brasileña en la región como forma de soportar las exportaciones nacionales de carne porcina en comparación a otros países de la región.

Palabras clave: cerdos, finalización, grasa, musculo, producción, ractopamina

Introducción

Una de las discusiones más frecuentes sobre la optimización de las características de producción de los cerdos ha radicado en la búsqueda de métodos confiables y éticos que permitan a la industria elevar su rendimiento, velar por el bienestar de los animales y brindar la mayor satisfacción posible a los consumidores; siendo la utilización de la ractopamina uno de los más mencionados.

Sin embargo, aun a pesar de la notoriedad de este método, un número limitado de estudios ha sido publicado al respecto, reduciendo la posibilidad de su aplicación a mayor escala así como de la evolución y perfeccionamiento de sus procedimientos. Así mismo, pocos estados del arte se han realizado, disminuyendo la oportunidad de adelantar nuevos estudios que confirmen u objeten los beneficios y perjuicios que tradicionalmente se han atribuido al uso de la ractopamina en cerdos.

Este artículo presenta un estado del arte actualizado sobre el tema, ofreciendo una base teórica a investigadores y productores que permita establecer nuevos procesos en la mejora de la producción de cerdos y en la mitigación de posibles efectos adversos en los seres humanos por su consumo.

This work is licensed under a

[Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)



Marco teórico

El incremento de los requerimientos de calidad para cerdos por parte de los consumidores ha generado que los productores busquen prontamente nuevos métodos para satisfacer el mercado. De esta forma, no solo se ha logrado un avance en la genética de algunas razas sino la obtención de carne más magra en las canales a través de la utilización de aditivos o suplementos alimenticios como la ractopamina.

La ractopamina es un “compuesto agonista β -adrenérgico relacionado con la familia de las fenoletolaminas, que actúa sobre los receptores β -adrenérgicos de las células adiposas y del músculo esquelético, promoviendo la lipólisis, con el consecuente incremento del magro en la canal” (Pérez, Obispo, Palma y Chicco, 2005, p.429). En efecto, está dirigida a animales de producción que no logran obtener nutrientes suficientes de alimentos regulares o que se quiere mejorar su condición física, estimulando su crecimiento.

Una importante cantidad de estudios se han realizado respecto al uso de la ractopamina en cerdos, en especial, sobre las dosis utilizadas, la variación de peso y el resultado final en cuanto a calidad, textura y sabor de las canales. Por ejemplo, trabajos como los de Aalhus, J., Jones, J., Schaefer, A., Tong, A., Robertson, W., Murray, A. Y Merrill, J. (1990); Crome, McKeith, Carr, Jones, Mowrey, Cannon (1996); Carr, S., Rincker, P., Killefer, J., Baker, D., Ellis, H & McKeith, F. (2005) y Rikard-Bell, Curtis, van Barneveld, Mullan, Edwards, Gannon, Henman, Hughes y Dunshea (2009) analizan la variación de las dosis suministradas en grupos homogéneos de cerdos con diferentes tipos de alimentación y su correspondiente impacto en la producción.

En el estudio de Aalhus et al. ciento veintiocho cerdos de raza Lacombe de 64 kg se asignaron a uno de cuatro grupos y se alimentaron con una dieta comercial para cultivadores y aditivos a la que se incorporó la ractopamina (0, 10, 15 o 20 ppm). Cuando los cerdos alcanzaron 100kg de peso fueron sacrificados y se determinó que la ractopamina no tuvo un efecto significativo en la tasa de crecimiento, la ingesta de alimento, la eficiencia del alimento o en los días de alimentación. El contenido magro pronosticado obtenido respecto a la cantidad de grasa y profundidad muscular aumentó en un 0,3%, 0,7% y 0,9%, respectivamente a medida que se incorporó ractopamina a la dieta en dosis de 10, 15 y 20 mg por kg. El contenido magro de la carne se midió por la separación de cuatro cortes primarios en depósitos magros, de huesos y de grasa, encontrando un aumento de 1.9%, 2.3% y 3.2%, respectivamente para los mismos niveles de ractopamina.

Los mayores incrementos musculares se encontraron en la pierna (10.7%). Adicionalmente se encontró una reducción de grasa subcutánea (brazo: 13,4%, cabeza de lomo: 13,5%, lomo: 10,7% y pierna: 8,2%) e intramuscular (brazo: 16,2%, cabeza de lomo: 13,7%, lomo: 8,8% y pierna: 5,3%). Finalmente se determinó que la ractopamina, aumentó el contenido de grasa intramuscular, el jugo expresable y disminuyó la dureza de la grasa. Según los resultados de este estudio, se esperaba que RAC tuviera efectos menores en el rendimiento de crecimiento de los cerdos y la calidad de la carne, pero aumentaría el contenido magro de la carcasa, es decir, con gran cantidad de carne magra y baja deposición de tejido graso.

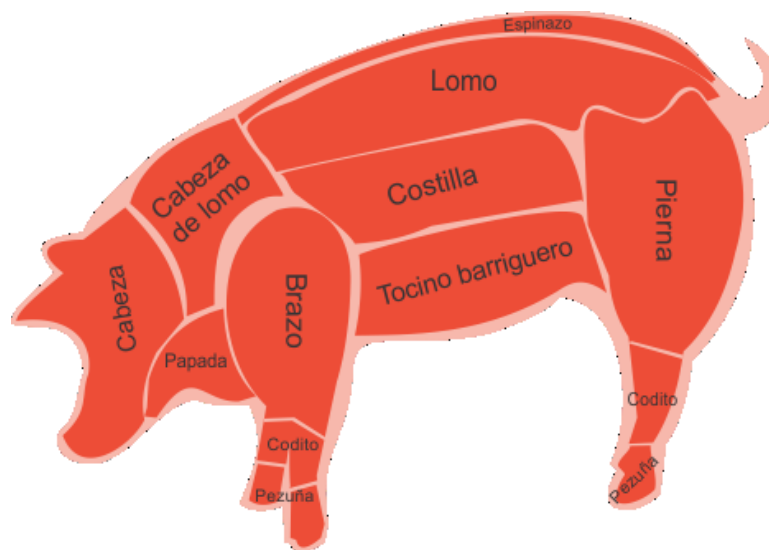


Figura 1. Cortes del cerdo*

En el estudio de Crome et al. (1996) se analizó un grupo de 144 cerdos conformado por machos castrados y hembras jóvenes, los cuales fueron separados en dos grupos mezclados hasta alcanzar dos pesos finales: un grupo 107 kg y otro 125 kg. Los cerdos de cada grupo de peso se trataron con ractopamina en concentraciones de 0, 10 o 20 ppm durante los últimos 40 kg de ganancia. Los cerdos se sacrificaron y las canales se separaron en músculo, grasa y hueso. La ractopamina mejoró las características de crecimiento, encontrándose que los cerdos alimentados con RAC habían aumentado mucho más peso en relación con otros ejemplares de sus grupos. Las canales de los cerdos tratados con ractopamina tenían una mayor área del músculo longísimo y una reducción de la grasa en la décima costilla. Los cortes de cerdos de 125 kg fueron generalmente

* Tomado de <https://disticarneslaespecial.com/cerdo.php>

más pesados que los de cerdos de 107 kg encontrándose que la ractopamina aumento los pesos de corte sin hueso de ambos grupos de peso. El porcentaje de carne magra en los jamones de cerdos tratados con ractopamina fue más alto que en otros ejemplares, observándose pocas diferencias entre los cerdos tratados con concentraciones de 10 y 20 mg. Los resultados de este estudio indican que la ractopamina tuvo efectos positivos en las características de crecimiento, las características de la carcasa y los rendimientos de los cerdos representativos del amplio espectro de pesos del mercado.

Por otra parte, la investigación de Carr et al. (2005) examino 48 cerdas jóvenes y 48 machos castrados para determinar los efectos de la alimentación con ractopamina y diferentes granos de cereales en las canales y la cantidad de grasa en cerdos con terminación tardía. El estudio se realizó utilizando cuatro réplicas con 24 animales en cada réplica (cuatro cerdos por corral, seis corrales por réplica, dos réplicas por fecha de sacrificio, 12 corrales por fecha de sacrificio). Los tratamientos para el experimento incluyeron maíz, trigo y cebada (período de finalización temprana); y maíz, maíz + ractopamina, trigo, trigo + ractopamina cebada y cebada + ractopamina para el final del período de finalización. La ractopamina se administró al nivel de 10 mg / kg en la alimentación. Los cerdos se asignaron a los tratamientos del período de finalización temprana con 45 kg de peso corporal aproximadamente. Luego, los cerdos recibieron tratamientos de finalización tardía a los 80 kg de peso aproximadamente y se alimentaron durante 28 días. El nivel de lisina digestible en la dieta para todas las dietas se mantuvo a 2,7 g / Mcal.

Los cerdos alimentados con las dietas de trigo y maíz durante el final del período de finalización tuvieron una mayor relación de engorde vs grasa que los alimentados con las dietas de cebada. Los cerdos alimentados con dietas con ractopamina tuvieron menor peso de la grasa general, grasa de la décima costilla, grasa de la última costilla y firmeza del vientre y mejores porcentajes en el área muscular del lomo en comparación con los que no recibieron ractopamina. Los cerdos alimentados con dietas que contenían ractopamina produjeron carne menos tierna en comparación con los cerdos que la recibieron y los valores porcentuales de ácido linoleico fueron más altos para cerdos alimentados con dietas con ractopamina.

Finalmente, el experimento de Rikard-Bell et al. (2009) busco evaluar dos aspectos diferentes. El primero fue determinar si el rendimiento en el crecimiento de todos los sexos en cerdos se podría mantener durante 31 días mediante el uso de un programa de alimentación de ractopamina en la dieta de 5 mg / kg durante los primeros 14 días, y luego aumentar la dosis a 10

mg / kg durante otros 17 días. El segundo fue determinar si la ractopamina en la dieta aumentaría la masa magra en todos los sexos y disminuiría la masa grasa en los cerdos con inmuno castración. El estudio incluyó 286 cerdos asignados al azar y distribuidos proporcionalmente por raza en 24 grupos de 11 o 12 cerdos a las 17 semanas de edad, con grupos iguales de ejemplares sin castrar, inmuno castrados y cerdas jóvenes.

La ganancia diaria de peso corporal no se vio alterada por la ractopamina en la dieta durante las primeras 2 semanas, pero se incrementó después del incremento en la ractopamina en la alimentación. La ractopamina en la dieta disminuyó la tasa de conversión alimenticia en todos los sexos, siendo una mayor respuesta después del aumento de ingesta de ractopamina. El peso de la canal aumentó con ractopamina en la alimentación en todos los sexos, mientras que la grasa lumbar se redujo en los ejemplares inmuno castrados. La ractopamina en la dieta aumentó la masa de tejido magro en 4.0, 4.8 y 6.5 kg en los ejemplares sin castrar, hembras jóvenes y machos inmuno castrados, respectivamente.

En los ejemplares sin castrar e inmunocastrados, el aumento del tejido magro estuvo acompañado de una disminución en la masa grasa. Hubo poco efecto de la alimentación con ractopamina sobre la masa grasa en cerdas jóvenes; sin embargo, el porcentaje de grasa en canal se redujo así como el porcentaje de aumento magro en todos los sexos. La inmuno castración causó una disminución en la masa magra del músculo y un aumento en la masa grasa en la última mitad del estudio. El estudio sugiere que la ractopamina en la dieta puede disminuir la masa grasa en los ejemplares sin castrar y en los inmuno castrados, ofreciendo una alternativa para maximizar los efectos de la inmuno castración y reducir el aumento de la masa grasa que a veces se observa en ese tipo de ejemplares.

Metodología

La metodología empleada fue de carácter cualitativo-descriptivo, realizando una búsqueda de documentos científicos, en los idiomas inglés y español, en las bases de datos EBSCO y Google Académico, utilizando las palabras clave “cerdos”, “finalización”, “grasa”, “músculo”, “producción” y “ractopamina”.

Resultados

Un primer resultado de la búsqueda es el número significativo de estudios sobre el impacto de la ractopamina en cerdos durante la década de los 90s, analizando el impacto de este medicamento en el metabolismo de los animales. Trabajos como los de Bergen, W. G., Johnson, S. E., Skjaerlund, D. M., Babiker, A. S., Ames, N. K., Merkel, R. A., & Anderson, D. B. (1989); Mitchell, A. D., Solomon, M. B., & Steele, N. C. (1990); Mills, S. E., Liu, C. Y., Gu, Y., & Schinckel, A. P. (1990); Mitchell, A. D., Solomon, M. B., & Steele, N. C. (1991); Bark, L. J., Stahly, T. S., Cromwell, G. L., & Miyat, J. (1992); Grant, A. L., Skjaerlund, D. M., Helferich, W. G., Bergen, W. G., & Merkel, R. A. (1993); Sainz, R. D., Kim, Y. S., Dunshea, F. R., & Campbell, R. G. (1993); Williams, N. H., Cline, T. R., Schinckel, A. P., & Jones, D. J. (1994); y Dunshea, F. R., & King, R. H. (1995) demuestran esa marcada tendencia.

Esta inclinación se redujo ostensiblemente luego que ciertos estudios como los de Wang, J. P., Zhang, S. X., & Shen, J. Z. (2006); Thompson, C. S., Haughey, S. A., Traynor, I. M., Fodey, T. L., Elliott, C. T., Antignac, J. P. & Crooks, S. R. (2008); Zhang, L. Y., Chang, B. Y., Dong, T., He, P. L., Yang, W. J., & Wang, Z. Y. (2009); Xu, Z., Hu, Y., Hu, Y., & Li, G. (2010); Zhang, G. J., Fang, B. H., Liu, Y. H., Wang, X. F., Xu, L. X., Zhang, Y. P., & He, L. M. (2013); y Sung, I. K., Park, S. J., Kang, K., Kim, M. Y., & Cho, S. (2015) demostraran un posible impacto negativo de la ractopamina en metabolismo de animales y humanos, llevando a su prohibición en cerca de 160 países incluyendo la Unión Europea (WTO, 1997; Quilty, 2013).

Un segundo resultado, es la ampliación del objeto de estudio, incluyendo de forma más extensa el análisis de los posibles efectos adversos en el bienestar de los cerdos por el uso de la ractopamina (hiperactividad, temlores y propensidad a las fracturas en miembros inferiores), así como en los seres humanos. Con esto se busca confirmar o descartar los hallazgos sobre una presunta aguda toxicidad: genotoxicidad, mutagenicidad y carcinogenicidad; efectos cardiovasculares; efectos musculoesqueléticos y cambios de comportamiento en humanos.

Al respecto, se generó un debate, aun inconcluso, en la comunidad científica sobre los beneficios y perjuicios del uso de este medicamento. Algunos estudios como los de Carr, S. N., Hamilton, D. N., Miller, K. D., Schroeder, A. L., Fernández-Dueñas, D., Killefer, J., & McKeith, F. K. (2009); Moore, K. L., Dunshea, F. R., Mullan, B. P., Hennessy, D. P., & D'Souza, D. N. (2009); Poletto, R., Rostagno, M. H., Richert, B. T., & Marchant-Forde, J. N. (2009); Kutzler, L. W., Holmer, S. F., Boler, D. D., Carr, S. N., Ritter, M. J., Parks, C. W., & Killefer, J. (2011);

Fernández-Dueñas, D. M., Myers, A. J., Scramlin, S. M., Parks, C. W., Carr, S. N., Killefer, J., & McKeith, F. K. (2008); Rikard-Bell, C., Curtis, M. A., Van Barneveld, R. J., Mullan, B. P., Edwards, A. C., Gannon, N. J., & Dunshea, F. R. (2009); Hinson, R. B., Wiegand, B. R., Ritter, M. J., Allee, G. L., & Carr, S. N. (2011); Boler, D. D., Holmer, S. F., Duncan, D. A., Carr, S. N., Ritter, M. J., Stites, C. R., & Killefer, J. (2011); y Pleadin, J., Perši, N., Vulić, A., Milić, D., & Vahčić, N. (2012) enfatizan la peligrosidad de la ractopamina y la restricción de su uso en seres vivos.

Otros hallazgos como los de Souza Cantarelli, V. D., Fialho, E. T., Caperuto de Almeida, E., Zangeronimo, M. G., Oliveira Amaral, N. D., & Freitas Lima, J. A. D. (2009); Kiefer, C., & Sanches, J. F. (2009); Almeida, V. V. D., Berenchein, B., Costa, L. B., Tse, M. L. P., Braz, D. B., & Miyada, V. S. (2010); Moraes, E., Kiefer, C., & Silva, I. S. (2010); Brumatti, R. C., & Kiefer, C. (2010); Almeida, E. C. D., Fialho, E. T., Rodrigues, P. B., Zangeronimo, M. G., Lima, J. A. D. F., & Fontes, D. D. O. (2010); Agostini, P. S., Silva, C. A., Bridi, A. M., Abrami, R. A. M., Pacheco, G. D., Lozano, A. P., & Bonafé, E. G. (2011); Almeida, V. V. D., Nuñez, A. J. C., & Miyada, V. S. (2012); Baytak, A. K., Teker, T., Duzmen, S., & Aslanoglu, M. (2016); Montes, A. N., Granja, R. H. M. M., Reche, K. V. G., Giannotti, F. M., Ferrari, S. P. G., Dos, A. S., ... & Salerno, A. G. (2017); y Alfredo, M., Nino, M., Rodrigo, H. M. M., Karine, V. G., Fabio, M., Sarita, P. G., ... & Alessandro, G. (2017) insisten en los múltiples beneficios del uso de la ractopamina en cerdos y la inocuidad en humanos, estableciendo protocolos de empleo y verificación.

Un tercer y último resultado está relacionado con el gran número de estudios por parte de investigadores de Brasil, en comparación a los de otros países como México y Colombia quienes se pueden llegar a considerar como competidores en el mercado de exportación de carne porcina.

Solo una cantidad limitada de artículos de instituciones mexicanas están indexados en las bases de datos, por ejemplo los de Suescún, J. E. P., & Sánchez, H. A. E. (2008); Rincón, F. G. R., Bautista, J. H., Gaxiola, H. R. G., González, F. A. N., Obregón, J. F., & Loera, J. J. P. (2010); Mariezcurrena-Berasain, M. A., Braña-Varela, D., Mariezcurrena-Berasain, M. D., Domínguez-Vara, I. A., Méndez-Medina, D., & Rubio-Lozano, M. S. (2012); y Meza, J. A. B., Gurrola, A. G., Ballesteros, J. A. H., & Méndez, R. N. (2017). Una situación similar sucede con las investigaciones colombianas; Gómez Zapata, A., Parra Suescún, J. E., & Echeverri Zuluaga, J. J. (2008); y Echeverry Zuluaga, J. J., Gómez Zapata, A., & Parra Suescún, J. E. (2008).

Por el contrario, artículos científicos de Universidades y centros de investigación brasileños como los de Gómez Zapata, A., Parra Suescún, J. E., & Echeverri Zuluaga, J. J. (2008); Echeverry Zuluaga, J. J., Gómez Zapata, A., & Parra Suescún, J. E. (2008); Conjugado, R. E. Á. L. (2010); Freire, E. F. (2010); Rodrigues, I. R. (2011); Cervo, G. D. (2012); Silva, L. C. C. (2015); Coelho, O. A. M. (2016), son suficientes para empezar a consolidar un avance de una economía nacional de la mano de la ciencia.

Conclusión

Si bien la ractopamina ha sido un medicamento utilizado para mejorar la producción en cerdos, algunos estudios han manifestado reservas en su empleo en razón a posibles efectos secundarios que colocan en riesgo a los animales y a los consumidores. Las investigaciones anteriores al periodo de observación de este artículo (2008-2018), la mayoría desarrolladas en Estados Unidos y Europa, muestran una tendencia al análisis de las consecuencias de este medicamento en el metabolismo de los animales, desconociéndose los efectos en los seres humanos.

Luego de la prohibición de su uso en diversos países, en razón a los resultados no concluyentes de varios muestreos, el objeto de investigación se hizo más amplio en la siguiente década (2008-2018), enfocándose en los efectos adversos en animales y consumidores, así como en los protocolos para su adecuada administración como parte del fomento de la industria nacional.

En la región latinoamericana, Brasil se ha destacado por su liderazgo de la academia, buscando mejorar los márgenes de seguridad para los cerdos y los humanos para soportar el crecimiento de las exportaciones de carne porcina y por ende, de la economía.

Es necesario que en Colombia se fomente la investigación sobre la ractopamina en cerdos, buscando consolidar un trabajo mancomunado entre academia y sectores económicos, que permitan avanzar hacia las metas de producción y optimizar el avance tecnológico.

Referencias

Aalhus, J., Jones, J., Schaefer, A., Tong, A., Robertson, W., Murray, A. Y Merrill, J. (1990). The effect of ractopamine on performance, carcass composition and meat quality of finishing pigs. *Can. J. Anim. Sci.* 70: 943-952.

- Agostini, P. S., Silva, C. A., Bridi, A. M., Abrami, R. A. M., Pacheco, G. D., Lozano, A. P., & Bonafé, E. G. (2011). Efeito da ractopamina na performance e na fisiologia do suíno. *Archivos de zootecnia*, 60(231), 659-670.
- Alfredo, M., Nino, M., Rodrigo, H. M. M., Karine, V. G., Fabio, M., Sarita, P. G., & Alessandro, G. (2017). Laboratory validation of an LC-MS/MS method for the detection of ractopamine, clenbuterol and salbutamol in bovine and swine muscle at sub- $\frac{1}{4}$ kg 1 regulatory limits. *Food additives & contaminants*.
- Almeida, E. C. D., Fialho, E. T., Rodrigues, P. B., Zangeronimo, M. G., Lima, J. A. D. F., & Fontes, D. D. O. (2010). Ractopamine and lysine levels on performance and carcass characteristics of finishing pigs. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(9), 1961-1968.
- Almeida, V. V. D., Berenchtein, B., Costa, L. B., Tse, M. L. P., Braz, D. B., & Miyada, V. S. (2010). Ractopamina, cromo-metionina e suas combinações como aditivos modificadores do metabolismo de suínos em crescimento e terminação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(9), 1969-1977.
- Almeida, V. V. D., Nuñez, A. J. C., & Miyada, V. S. (2012). Ractopamine as a metabolic modifier feed additive for finishing pigs: a review. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 55(3), 445-456.
- Bark, L. J., Stahly, T. S., Cromwell, G. L., & Miyat, J. (1992). Influence of genetic capacity for lean tissue growth on rate and efficiency of tissue accretion in pigs fed ractopamine. *Journal of animal science*, 70(11), 3391-3400.
- Baytak, A. K., Teker, T., Duzmen, S., & Aslanoglu, M. (2016). A novel voltammetric sensor based on carbon nanotubes and nanoparticles of antimony tin oxide for the determination of ractopamine. *Materials Science and Engineering: C*, 59, 368-374.
- Bergen, W. G., Johnson, S. E., Skjaerlund, D. M., Babiker, A. S., Ames, N. K., Merkel, R. A., & Anderson, D. B. (1989). Muscle protein metabolism in finishing pigs fed ractopamine. *Journal of animal science*, 67(9), 2255-2262.
- Boler, D. D., Holmer, S. F., Duncan, D. A., Carr, S. N., Ritter, M. J., Stites, C. R., & Killefer, J. (2011). Fresh meat and further processing characteristics of ham muscles from finishing pigs fed ractopamine hydrochloride. *Journal of animal science*, 89(1), 210-220.
- Brumatti, R. C., & Kiefer, C. (2010). Simulação técnico-econômica da inclusão de ractopamina em dietas de suínos em terminação Technical-economic simulation of ractopamine inclusion

- in diets for finishing pigs. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 62(1), 163-171.
- Carr, S. N., Hamilton, D. N., Miller, K. D., Schroeder, A. L., Fernández-Dueñas, D., Killefer, J., & McKeith, F. K. (2009). The effect of ractopamine hydrochloride (Paylean®) on lean carcass yields and pork quality characteristics of heavy pigs fed normal and amino acid fortified diets. *Meat science*, 81(3), 533-539.
- Carr, S., Rincker, P., Killefer, J., Baker, D., Ellis, H & McKeith, F. (2005). Effects of different cereal grains and ractopamine hydrochloride on performance, carcass characteristics, and fat quality in late-finishing pigs, *Journal of Animal Science*, 83(1), 223–230.
- Cervo, G. D. (2012). Métodos de castração associados à adição de ractopamina em dieta suína e seus efeitos no processamento e qualidade de salame tipo italiano.
- Coelho, O. A. M. (2016). Ractopamina em carne suína: validação de método por ensaio de imunoadsorção enzimática e estudo de ocorrência.
- Conjugado, R. E. Á. L. (2010). Capítulo 2 ractopamina e ácido linoléico conjugado: desempenho, digestibilidade aparente e parâmetros sanguíneos de suínos em terminação resumo. *Ractopamina e ácido linoléico conjugado em dietas de suínos em terminação*, 40(2), 34-45.
- Crome, P., McKeith, F., Carr, T., Jones, D., Mowrey, H., Cannon, J. (1996). Effect of ractopamine on growth performance, carcass composition, and cutting yields of pigs slaughtered at 107 and 125 kilograms, *Journal of Animal Science*, 74(4), 709–716, <https://doi.org/10.2527/1996.744709x>
- Dunshea, F. R., & King, R. H. (1995). Responses to homeostatic signals in ractopamine-treated pigs. *British Journal of Nutrition*, 73(6), 809-818.
- Echeverry Zuluaga, J. J., Gómez Zapata, A., & Parra Suescún, J. E. (2008). Efectos de un B-adrenérgico comercial y varios niveles de lisina sobre la ganancia de peso de cerdos en finalización. *Revista Lasallista de Investigación*, 5(1).
- Feddern, V., Aroeira, C. N., Gressler, V., & Dalla Costa, O. A. Resíduos de ractopamina em carne e farinha de carne e ossos de suínos. In *Embrapa Suínos e Aves-Artigo em anais de congresso (ALICE)*. In: WORKSHOP CBNA SOBRE ALIMENTOS SEGUROS, 2017, Campinas. Anais... Campinas: CBNA, 2017.

- Fernández-Dueñas, D. M., Myers, A. J., Scramlin, S. M., Parks, C. W., Carr, S. N., Killefer, J., & McKeith, F. K. (2008). Carcass, meat quality, and sensory characteristics of heavy body weight pigs fed ractopamine hydrochloride (Paylean). *Journal of animal science*, 86(12), 3544-3550.
- Freire, E. F. (2010). Desenvolvimento e validação de métodos para análise de Ractopamina na matéria-prima, no produto Ractosuin®, no complexo vitamínico-mineral e na ração para suínos em terminação (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).
- Gómez Zapata, A., Parra Suescún, J. E., & Echeverri Zuluaga, J. J. (2008). Efectos de un β -adrenérgico comercial y varios niveles de lisina sobre la ganancia de peso de cerdos en finalización.
- Grant, A. L., Skjaerlund, D. M., Helferich, W. G., Bergen, W. G., & Merkel, R. A. (1993). Skeletal muscle growth and expression of skeletal muscle alpha-actin mRNA and insulin-like growth factor I mRNA in pigs during feeding and withdrawal of ractopamine. *Journal of animal science*, 71(12), 3319-3326.
- Hinson, R. B., Wiegand, B. R., Ritter, M. J., Allee, G. L., & Carr, S. N. (2011). Impact of dietary energy level and ractopamine on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of finishing pigs. *Journal of animal science*, 89(11), 3572-3579.
- Kiefer, C., & Sanches, J. F. (2009). Metanálise dos níveis de ractopamina em dietas para suínos em terminação.
- Kutzler, L. W., Holmer, S. F., Boler, D. D., Carr, S. N., Ritter, M. J., Parks, C. W., & Killefer, J. (2011). Comparison of varying doses and durations of ractopamine hydrochloride on late-finishing pig carcass characteristics and meat quality. *Journal of animal science*, 89(7), 2176-2188.
- Leonardo, E. F. A expressão da isoforma de calpastatina responsiva à ractopamina altera a maciez da carne, com implicações na eficiência de crescimento de suínos (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).
- Mariezcurréna-Berasain, M. A., Braña-Varela, D., Mariezcurréna-Berasain, M. D., Domínguez-Vara, I. A., Méndez-Medina, D., & Rubio-Lozano, M. S. (2012). Características químicas y sensoriales de la carne de cerdo, en función del consumo de dietas con ractopamina y diferentes concentraciones de lisina. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 3(4), 427-438.

- Meza, J. A. B., Gurrola, A. G., Ballesteros, J. A. H., & Méndez, R. N. (2017). Efecto de la ractopamina sobre rendimiento productivo y de la canal en cerdos comerciales. *EDUCATECONCIENCIA*, 13(14).
- Mills, S. E., Liu, C. Y., Gu, Y., & Schinckel, A. P. (1990). Effects of ractopamine on adipose tissue metabolism and insulin binding in finishing hogs. Interaction with genotype and slaughter weight. *Domestic animal endocrinology*, 7(2), 251-263.
- Mitchell, A. D., Solomon, M. B., & Steele, N. C. (1990). Response of low and high protein select lines of pigs to the feeding of the beta-adrenergic agonist ractopamine (phenethanolamine). *Journal of Animal Science*, 68(10), 3226-3232.
- Mitchell, A. D., Solomon, M. B., & Steele, N. C. (1991). Influence of level of dietary protein or energy on effects of ractopamine in finishing swine. *Journal of Animal Science*, 69(11), 4487-4495.
- Montes, A. N., Granja, R. H. M. M., Reche, K. V. G., Giannotti, F. M., Ferrari, S. P. G., Dos, A. S., ... & Salerno, A. G. (2017). Laboratory validation of an LC-MS/MS method for the detection of ractopamine, clenbuterol and salbutamol in bovine and swine muscle at sub- $\mu\text{g kg}^{-1}$ regulatory limits. *Food additives & contaminants. Part A, Chemistry, analysis, control, exposure & risk assessment*, 34(5), 785-792.
- Moore, K. L., Dunshea, F. R., Mullan, B. P., Hennessy, D. P., & D'Souza, D. N. (2009). Ractopamine supplementation increases lean deposition in entire and immunocastrated male pigs. *Animal Production Science*, 49(12), 1113-1119.
- Moraes, E., Kiefer, C., & Silva, I. S. (2010). Ractopamina em dietas para suínos machos imunocastrados, castrados e fêmeas. *Ciência Rural*, 40(2), 409-414.
- Pérez, A., Obispo, N., Palma, J. y Chicco, C. (2005). Effect of ractopamine and lysine levels on the performance of leaning pigs in the finishing phase. *Zootecnia Tropical*, 23(4), 429-445.
- Pleadin, J., Perši, N., Vulić, A., Milić, D., & Vahčić, N. (2012). Determination of residual ractopamine concentrations by enzyme immunoassay in treated pig's tissues on days after withdrawal. *Meat science*, 90(3), 755-758.
- Poletto, R., Rostagno, M. H., Richert, B. T., & Marchant-Forde, J. N. (2009). Effects of a "step-up" ractopamine feeding program, sex, and social rank on growth performance, hoof lesions, and Enterobacteriaceae shedding in finishing pigs 1. *Journal of Animal Science*, 87(1), 304-313.

- Quilty, S. (2013). Russian Ban On Ractopamine Boosts Brazilian Exports. Beef magazine, disponible en: <https://www.beefmagazine.com/foreign-trade/russian-ban-ractopamine-boosts-brazilian-exports>
- Rikard-Bell, C., Curtis, M. A., Van Barneveld, R. J., Mullan, B. P., Edwards, A. C., Gannon, N. J., ... & Dunshea, F. R. (2009). Ractopamine hydrochloride improves growth performance and carcass composition in immunocastrated boars, intact boars, and gilts. *Journal of Animal Science*, 87(11), 3536-3543.
- Rikard-Bell, C., Curtis, M., van Barneveld, R., Mullan, B., Edwards, A., Gannon, N., Henman, J., Hughes, P., Dunshea, F. (2009). Ractopamine hydrochloride improves growth performance and carcass composition in immunocastrated boars, intact boars, and gilts, *Journal of Animal Science*, 87(11), 3536–3543, <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2002>
- Rincón, F. G. R., Bautista, J. H., Gaxiola, H. R. G., González, F. A. N., Obregón, J. F., & Loera, J. J. P. (2010). Nivel de adición de HCl-ractopamina en la respuesta productiva, características de la canal y calidad de la carne de cerdos. *Nacameh*, 4(2), 85-95.
- Rodrigues, I. R. (2011). Susceptibilidade ao estresse e qualidade de carne de suínos suplementados com diferentes níveis de Ractopamina.
- Sainz, R. D., Kim, Y. S., Dunshea, F. R., & Campbell, R. G. (1993). Effects of ractopamine in pig muscles: Histology, calpains and β -adrenergic receptors. *Australian Journal of Agricultural Research*, 44(7), 1441-1448.
- Sainz, R. D., Kim, Y. S., Dunshea, F. R., & Campbell, R. G. (1993). Temporal changes in growth enhancement by ractopamine in pigs: Performance aspects. *Australian Journal of Agricultural Research*, 44(7), 1449-1455.
- Silva, L. C. C. (2015). Efeitos da ractopamina e da imunocastração de suínos nas características da barriga e na qualidade do bacon.
- Souza Cantarelli, V. D., Fialho, E. T., Caperuto de Almeida, E., Zangeronimo, M. G., Oliveira Amaral, N. D., & Freitas Lima, J. A. D. (2009). Características da carcaça e viabilidade econômica do uso de cloridrato de ractopamina para suínos em terminação com alimentação à vontade ou restrita. *Ciência Rural*, 39(3).
- Suescún, J. E. P., & Sánchez, H. A. E. (2008). Efecto de varios niveles de treonina: lisina sobre parámetros productivos en cerdos en finalizacion tratados con ractopamina. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 61(1), 4400-4408.

- Sung, I. K., Park, S. J., Kang, K., Kim, M. Y., & Cho, S. (2015). Development and Application of a Method for Rapid and Simultaneous Determination of Three β -agonists (Clenbuterol, Ractopamine, and Zilpaterol) using Liquid Chromatography-tandem Mass Spectrometry. *Korean journal for food science of animal resources*, 35(1), 121.
- Wang, J. P., Zhang, S. X., & Shen, J. Z. (2006). A monoclonal antibody-based immunoassay for determination of ractopamine in swine feeds. *Journal of animal science*, 84(5), 1248-1251.
- Williams, N. H., Cline, T. R., Schinckel, A. P., & Jones, D. J. (1994). The impact of ractopamine, energy intake, and dietary fat on finisher pig growth performance and carcass merit. *Journal of animal science*, 72(12), 3152-3162.
- World Trade Organization (1997). DS26: European Communities — Measures Concerning Meat and Meat Products (Hormones). Disponible en: https://www.wto.org/english/tratop_e/dispu_e/cases_e/ds26_e.htm
- Xu, Z., Hu, Y., Hu, Y., & Li, G. (2010). Investigation of ractopamine molecularly imprinted stir bar sorptive extraction and its application for trace analysis of β 2-agonists in complex samples. *Journal of Chromatography A*, 1217(22), 3612-3618.
- Zhang, G. J., Fang, B. H., Liu, Y. H., Wang, X. F., Xu, L. X., Zhang, Y. P., & He, L. M. (2013). Development of a multi-residue method for fast screening and confirmation of 20 prohibited veterinary drugs in feedstuffs by liquid chromatography tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography B*, 936, 10-17.
- Zhang, L. Y., Chang, B. Y., Dong, T., He, P. L., Yang, W. J., & Wang, Z. Y. (2009). Simultaneous Determination of Salbutamol, Ractopamine, and Clenbuterol in Animal Feeds by SPE and LC—MS. *Journal of chromatographic science*, 47(4), 324-328.