

MANIPULACIÓN DE LA FERMENTACIÓN RUMINAL PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN GANADO BOVINO

N. Di Lorenzo, L. Rostoll, S. Ardanaz, R. Guevara Ballesteros, M. García Ascolani, M. Ruiz Moreno*. 2015. XVII° Congreso Bienal AMENA.

*University of Florida, North Florida Research and Education Center, Marianna, FL, USA
www.produccion-animal.com.ar

Volver a: [Fisiología digestiva y manejo del alimento](#)

INTRODUCCIÓN

La agricultura mundial enfrentará uno de los desafíos más grandes en los próximos años: el de duplicar la producción de alimentos para poder alimentar a una población global que demandara cada vez más proteínas de origen animal. La intensificación de la producción y el desarrollo de nuevas tecnologías serán las claves a futuro para alcanzar esta meta.

De la energía solar capturada por la biomasa terrestre y transformada por el proceso de fotosíntesis en productos de origen vegetal, solo el 5% es capaz de ser utilizado en forma directa por los animales domésticos como alimento (Russell y Gahr, 2000). El resto puede ser transformado en proteína animal por medio de sistemas de digestión tales como la fermentación pre-gástrica de los rumiantes, en la cual proteínas de origen vegetal son transformadas en proteína animal con un alto agregado de valor nutritivo. Considerando que la celulosa es el carbohidrato más abundante en la tierra y que es incapaz de ser digerida por enzimas mamíferas, la importancia de la simbiosis que existe entre los microorganismos que habitan el tracto gastrointestinal de los rumiantes y su organismo huésped (el mismo rumiante), se ve magnificada. Lamentablemente esta relación simbiótica tiene un necesario costo en términos energéticos y ambientales, el cual es la producción de metano entérico. La producción de metano debido a la fermentación entérica y posterior excreción al ambiente, es un “mal necesario” para que los equivalentes reductores que se generan durante la fermentación ruminal sean desechados y poder así continuar el proceso fermentativo (Russell, 1998). El doble problema de las emisiones de metano entérico reside en que es un gas de efecto invernadero y a la vez es un proceso de desperdicio de energía dietaria por parte del animal. Estimaciones de las pérdidas de energía hablan de un rango del 2 al 12% de la energía bruta de la dieta perdida en forma de metano (Johnson y Johnson, 1995) y este rango está dictado por el tipo de dieta consumida, con producciones de metano diarias más elevadas cuanto mayor sea el contenido de forraje en la dieta. La mayor dificultad para generar estrategias de mitigación de las emisiones de metano reside en que al reducir la metanogénesis, se debe proveer un aceptor de electrones alternativo.

Es por lo tanto reconocido que los procesos de fermentación ruminal juegan un rol preponderante en la nutrición animal ya que esta fermentación pre-gástrica es la característica distintiva que le confiere ventaja al rumiante sobre animales no-rumiantes en términos de procesos metabólicos y digestivos. Lograr una manipulación de la fermentación para promover procesos deseables y mejorar la eficiencia de conversión de alimentos en proteína animal ha sido una meta de los nutricionistas por mucho tiempo. Como resultado, el ecosistema ruminal es uno de los más extensamente estudiados. La complejidad de las interrelaciones entre microorganismos habitantes del rumen hace que sea difícil manipular ciertos aspectos de la fermentación sin alterar otros que serían deseables. Nagaraja y colaboradores (1997) resumieron los objetivos de la manipulación de la fermentación ruminal de la siguiente manera:

- ◆ Optimizar los procesos benéficos
- ◆ Minimizar, alterar o eliminar los procesos ineficientes
- ◆ Minimizar, alterar o eliminar los procesos que son nocivos para el huésped

El objetivo del siguiente trabajo es hacer una revisión de la investigación más reciente en cuanto a esfuerzos relacionados con la alteración favorable de la fermentación ruminal para mejorar la productividad animal en rumiantes productores de carne y leche.

IONÓFOROS

Información tradicional. Desde la aprobación de la monensina a mediados de los 70 para uso como aditivo en dietas de rumiantes, la investigación sobre los efectos ionóforos en la fermentación ruminal se multiplicó rápidamente. Mucha literatura se encuentra al respecto y el efecto de los ionóforos en dietas de rumiantes productores de carne y leche ha sido objeto de varias revisiones (Berger et al., 1981; Goodrich et al., 1984; Zinn, 1986; DiLorenzo y Galyean, 2010). El modo de acción típico de los ionóforos es a través de la alteración de la

permeabilidad de las membranas celulares de los microorganismos, resultando en un desbalance en el gradiente de iones y posterior muerte celular que lleva a la modificación de las poblaciones ruminales. La selectividad de estos ionóforos (generalmente de mayor efecto inhibitorio en bacterias Gram positivas), hacen que se alteren los productos de la fermentación ruminal al favorecer la producción de propionato a expensas del acetato (Russell y Strobel, 1989). En cuanto a dietas de ganado lechero, un meta-análisis sobre el impacto de la monensina en la producción revela, a partir de 36 publicaciones y 77 ensayos con información estadísticamente aceptable, que la monensina decrece el consumo de materia seca 0,3 kg pero incrementa la producción individual de leche en 0,7 kg, mejorando la eficiencia de producción en 2,5 % (Duffield et al., 2008). DiLorenzo y Galyean (2010) discutieron en detalle la bibliografía existente en cuanto a ionóforos citando meta-análisis hechos sobre el uso de monensina, lasalocid, laidlomocina y salinomocina. Los efectos en el aumento de la productividad varían de acuerdo al tipo de ionóforo, pero se puede resumir en incrementos de eficiencia de conversión que rondan del 5.6 al 8.1%.

Lo más reciente. A pesar de que la mayor productividad en cuanto a investigación en ionóforos se dio en las décadas de los 70 y 80, algunos trabajos recientemente publicados merecen destacarse. Montano et al. (2015) evaluaron los efectos del uso de monensina (34 mg/kg de dieta) y virginiamicina (26 mg/kg de dieta) en novillos en feedlot con dietas a base de hojuelas de maíz (steam-flaked) con 15% de granos de destilería secos (DDGS) en la materia seca de la dieta. Los novillos que recibieron las dietas con antibióticos tuvieron una tendencia al aumento de ganancia de peso (ADG) del 7% ($P = 0,07$), un aumento de la eficiencia de conversión del 11% ($P < 0,01$), y un aumento del 10% en la energía neta estimada en la dieta ($P < 0,01$; Montano et al., 2015). Interesantemente, el puntaje de deposición de grasa intramuscular (marbling score) fue mayor para los novillos recibiendo virginiamicina comparado con los que recibieron monensina ($P = 0,04$; Montano et al., 2015). Al analizar los efectos en el metabolismo ruminal, Montano et al. (2015) concluyeron que los efectos benéficos de los antibióticos en productividad animal fueron debidos a un aumento en el pH ruminal debido a reducción en la concentración de ácidos grasos volátiles (AGV) y a un cambio en el sitio de digestión, aumentando la digestibilidad intestinal de la materia orgánica. Otros trabajos revelan el potencial sinérgico del uso de monensina y virginiamicina en combinación en dietas de feedlot. Gorocica et al. (2014) condujeron un experimento en un feedlot comercial donde 4.974 toros cruza fueron asignados a 84 corrales de 54 animales cada uno y recibieron monensina (400 mg/cab/día) o monensina mas virginiamicina (200 mg/cab/día). Los toros que recibieron virginiamicina en adición a monensina registraron aumentos del 5% en la ganancia diaria de peso y la conversión alimenticia, y de 5,2 kg en peso de carcasa ($P < 0,01$ todos los parámetros). Esta serie de experimentos recientes muestra el potencial de ciertos ionóforos en cuanto a efectos sinérgicos, posiblemente a causa de modos de acción complementarios. Estos ejemplos representan nuevos esfuerzos de investigación en cuanto el uso de ionóforos, un tema que parecía haber agotado su potencial innovador en cuanto a modificación de la fermentación ruminal, a pesar de ser probablemente la tecnología más consistente en cuanto a respuesta animal.

ACEITES ESENCIALES

A causa del incremento de la percepción pública negativa sobre el uso de antibióticos en agricultura animal, en las últimas décadas muchos esfuerzos se han volcado al desarrollo de tecnologías alternativas que permitan modificar la fermentación ruminal. El uso de aceites esenciales es un claro ejemplo de ello y es una de las áreas más activas de investigación en nutrición de rumiantes y monogástricos. Los aceites esenciales (AE) son un grupo de metabolitos secundarios de las plantas que se obtienen de las fracciones volátiles y que pueden tener propiedades antimicrobianas. Se ha podido demostrar que el efecto de los AE depende del tipo y dosis utilizadas así como el tipo de dieta (Noirot et al., 2007). Una excelente revisión del tema fue realizada por Calsamiglia y colaboradores en el Journal of Dairy Science (2007) y el lector es referido a dicha publicación para profundizar en detalles sobre el modo de acción de diferentes grupos de AE. Desde la prohibición del uso de antibióticos como promotores de crecimiento en la Unión Europea en enero de 2006 (Regulación 1831/2003/EC), la investigación sobre aceites esenciales se ha incrementado notablemente. Uno de los principales inconvenientes que surgen del análisis de la literatura es que los aceites esenciales en general carecen de especificidad y muchas veces pueden tener efectos negativos en la fermentación. Como regla general, la investigación sobre AE ha priorizado la búsqueda de compuestos que alteren la relación acético:propiónico en la fermentación, de modo similar a lo que ocurre con el ionóforo monensina, para lograr un aumento en la eficiencia del uso de la energía dietaria.

Como ejemplo de uno de los pocos experimentos hechos a gran escala en feedlot, Yang et al. (2010) reportaron los efectos del agregado de 800 o 1.600 mg/cab/día de cinamaldehído (extracto de canela) en dietas de feedlot en Canadá. Los resultados mostraron mejoras marginales en productividad, incrementando el consumo de MS solo en los primeros 28 días de engorde. Yang et al. (2010) concluyeron que el agregado de cinamaldehído a las dosis mencionadas podría aliviar el stress inicial en el periodo de engorde promoviendo el consumo, pero sin efectos en la productividad animal durante todo el periodo de engorde.

Un análisis preliminar de la literatura sobre AE indica que los extractos que más éxito han tenido han sido en general los de ajo, orégano y canela, dando origen a productos comerciales de cierto potencial. Un excelente trabajo de Khiaosa-ard y Zebeli (2014) publicado en el *Journal of Animal Science* resume de manera sistemática y por medio de un meta-análisis el potencial de los AE en cuanto a la modificación ruminal. Algunos puntos relevantes de las conclusiones de Khiaosa-ard y Zebeli (2014) son que estos compuestos tendrían mayor efecto potencial en ganado de carne que de leche en base a las respuestas obtenidas, y que a dosis altas tendrían efectos negativos en la fermentación, aunque siempre las respuestas son dependientes de la dieta.

ADITIVOS DESTINADOS A MITIGAR EMISIONES DE METANO

Como se describió en la introducción, la formación de metano es un proceso necesario en una fermentación ruminal saludable, sin embargo se han hecho esfuerzos para intentar manipular la fermentación con el objetivo de reducir la metanogénesis sin afectar la productividad animal. Por lo tanto, la reducción en metano debe ir acompañada de un compuesto alternativo como receptor de electrones. Un trabajo innovador al respecto fue el conducido por van Zijderveld et al. (2010), en el cual se investigó el potencial uso de nitratos y sulfatos como aceptores de electrones en dietas de ovinos. El principal inconveniente de esta intervención sería la reducción a nitritos y sulfuro de hidrogeno, respectivamente, lo cual puede tener consecuencias negativas en cuanto a salud animal. Sin embargo, el potencial uso de estos compuestos inorgánicos como posible herramienta para mitigar la producción de metano entérico no ha sido estudiado en detalle. De hecho los resultados mostrados por van Zijderveld et al. (2010) parecen ser prometedores. Al igual que con varias otras intervenciones, este tipo de compuestos deben ser probados in vivo en un estudio diseñado para poder medir efectos en productividad y salud animal antes de ser considerados de forma seria.

Como dato curioso y de publicación reciente, se presenta el uso del orujo de uva, un subproducto de la industria vinera, como potencial mitigador de las emisiones de metano entérico (Moate et al., 2014). El principio de su uso se basa en el alto contenido de taninos de este subproducto, que puede llegar hasta un 20%. El orujo se suministró a vacas lecheras, en forma de pellet o ensilado y se comparó contra un concentrado comercial. Según lo reportado por Moate et al. (2014), la producción de metano fue de 470, 375, y 389 g/vaca/día para las dietas de concentrado, peletizado y ensilado, respectivamente. La producción de metano se redujo en un 23% con el uso de pellets de orujo, y en un 18% con el orujo ensilado. Estas reducciones en las emisiones de metano se asociaron con cambios en las comunidades ruminales de bacteria y arquea (Moate et al., 2014).

Una excelente revisión de las estrategias y posibles impactos de la mitigación de las emisiones de metano fue publicada por Hristov et al. (2013). En dicha publicación se encuentra una revisión de la literatura hecha con un excelente nivel de detalle describiendo el impacto de diversas estrategias en la producción de metano entérico. Dado que otros oradores que se presentaran en esta conferencia van a abordar el tema de metano entérico en detalle, refiero al lector a esta publicación para ahondar en varios otros productos con potencial en cuanto a mitigación de las emisiones de metano como puede ser el uso de taninos entre varios otros.

ADITIVOS NO TRADICIONALES EN FASE EXPERIMENTAL

Anti-fosfolipasa A2. Este mecanismo utiliza el concepto de inmunidad pasiva via oral para reprimir un evento inflamatorio exagerado, el cual puede ser costoso en términos de gastos de energía y proteína (Cook, 2010). Este compuesto si bien no entraría de por si en la categoría de modificador del ambiente ruminal, tiene un interesante modo de acción, mayormente ligado al metabolismo postruminal. La fosfolipasa A2 es una enzima secretada por el intestino que hidroliza la posición sn-2 de los enlaces éster de los fosfolípidos liberando ácido araquidónico de las membranas celulares. El ácido araquidónico es metabolizado para producir prostaglandinas y leucotrienos, que son mediadores claves de la respuesta inflamatoria del tracto gástrico intestinal (Cook, 2010). Por lo tanto, al bloquear la enzima fosfolipasa A2 se reduce la respuesta inflamatoria, previniendo el gasto de energía y proteína que de otro modo podría ser usado para crecimiento. Nuestro grupo de investigación en la University of Florida – North Florida Research and Education Center en Marianna, FL condujo una serie de experimentos destinados a probar un anticuerpo de origen aviar contra la enzima fosfolipasa A2 en ganado bovino de carne en crecimiento. Mercadante et al. (2015a) reportaron un aumento de la eficiencia de conversión en terneros y terneras alimentado con un anticuerpo aviar (en polvo) incluido en una dieta de recría alta en forraje. Al final del experimento cuando los terneros fueron sujetos a un estrés de transporte por 24 h, simulando el proceso de traslado al feedlot, los animales alimentados con la anti-fosfolipasa A2 presentaron una menor concentración de ceruloplasmina en sangre, indicando una menor respuesta inflamatoria comparado con el tratamiento control (Mercadante et al., 2015a). Un experimento subsecuente simulando las condiciones de cambio de dieta agudas, de forraje a concentrado, no mostro beneficios en cuanto a la alimentación con anti-fosfolipasa A2 (Mercadante et al., 2015b). En conclusión, más investigación es necesaria en este tema, sin embargo estos resultados son alentadores y sugieren una potencial herramienta como aditivo alimenticio para mitigar la respuesta inflamatoria a

nivel intestinal, no mediada por procesos patogénicos, la cual tiene un alto costo energético y proteico para el animal.

Anticuerpos policlonales de origen aviar. El uso de anticuerpos de origen aviar como inmunización pasiva vía oral ha sido estudiado en los últimos años por su potencial como modificador del ambiente ruminal (DiLorenzo et al., 2006 and 2008; Blanch et al., 2009; Marino et al., 2011; Pacheco et al., 2012; Millen et al., 2015). Este concepto se basa en la producción de anticuerpos a base de inmunoglobulinas Y, M y A, mediante la exposición de gallinas ponedoras a inmunógenos de interés en la modificación de la fermentación ruminal. El uso de estos anticuerpos como aditivos ha sido exitoso en lograr reducciones en poblaciones microbianas de las bacterias objetivo, tales como *Streptococcus bovis* o *Fusobacterium necrophorum* (DiLorenzo et al., 2006) y consecuentemente mejorar la productividad animal en engorde (DiLorenzo et al., 2008). Más aun, cuando vaquillonas canuladas en rumen fueron expuestas a un desafío con dietas altas en grano para causar acidosis, anticuerpos policlonales de origen aviar fueron efectivos en moderar la caída de pH ruminal (Blanch et al., 2009). Con la excepción de una tendencia a reducir la degradabilidad del almidón en rumen, no se reportaron efectos en la fermentación ruminal con el agregado de anticuerpos policlonales multivalentes en vacas consumiendo dietas con 70% de concentrado (Marino et al., 2011). En toros de un año en feedlot y recibiendo anticuerpos policlonales contra diversos microorganismos ruminales asociados con el desarrollo de acidosis, Pacheco et al. (2012) reportaron una disminución en la incidencia de lesiones ruminales. Utilizando la misma preparación de anticuerpos que Pacheco et al. (2012), Millen et al. (2015) reportaron una productividad animal similar con el uso de anticuerpos policlonales o monensina en dietas de feedlot en toros de un año. A pesar de que Millen et al. (2015) no usaron una dieta control negativa sin el agregado de monensina o anticuerpos, la similar respuesta en cuanto a productividad sugeriría una eficacia similar entre anticuerpos aviares y monensina a la hora de mitigar efectos negativos relacionados con la acidosis ruminal.

Quitosano. El biopolímero quitosano es el segundo carbohidrato más abundante en la tierra, después de la celulosa, y es un derivado de la quitina que conforma el exoesqueleto de crustáceos e insectos. La hidrólisis alcalina de la quitina da origen al quitosano, el cual tiene propiedades antimicrobianas y ha sido propuesto como un potencial modificador de la fermentación ruminal favoreciendo la producción de ácido propiónico (Goiri et al., 2010). Nuestro grupo de investigación está activamente trabajando en esta línea en la University of Florida-NFREC, y los primeros experimentos han sido recientemente publicados en el *Journal of Animal Science* (Henry et al., 2015). Cuando quitosano fue incluido en dietas con alto y bajo contenido de concentrado, no se observaron efectos en la emisión de metano con el agregado de hasta 1% de quitosano en la materia seca de la dieta, independientemente del tipo de dieta. Sorpresivamente, el agregado de quitosano en las dietas altas en subproductos fibrosos (64% cascara de maní o cacahuate) aumento la digestibilidad de la materia orgánica en el tracto total en un 16% (Henry et al., 2015). Actualmente se están llevando a cabo estudios en nuestro laboratorio para continuar profundizando esta línea de investigación, evaluando parámetros de la fermentación ruminal y cambios en el ecosistema ruminal usando herramientas metagenómicas como la pirosecuenciación.

CONCLUSIONES

Los ionóforos continúan siendo la herramienta más probada en cuanto a la modificación de la fermentación ruminal, dando resultados muy consistentes, especialmente en dietas altas en grano. Algunos avances en cuanto al uso de combinaciones de ionóforos como la monensina y la virginiamicina parecen tener efectos sinérgicos que merecen ser explorados. Sin embargo, la creciente presión social y la percepción negativa por parte del consumidor en cuanto al uso de antibióticos como promotores de crecimiento, nos promueve a continuar la búsqueda de alternativas para mejorar la productividad animal. Varias alternativas surgen como promisorias en esta revisión, entre las cuales se destacan entre otros, el uso de anticuerpos policlonales de origen aviar. El número de publicaciones científicas sobre este tipo de compuestos indicaría una posible respuesta positiva al menos en dietas altas en concentrado. Los aceites esenciales continúan siendo un área de activa investigación, sin embargo los efectos negativos en la fermentación a altas dosis imponen un desafío. Por último, nuevas tecnologías como el uso de compuestos de origen natural con actividad antibacteriana, como el quitosano, podrían representar la nueva generación de aditivos para modificar el ambiente ruminal, sin embargo hace falta mucha investigación al respecto para elucidar el modo de acción y potencial impacto económico.

LITERATURA CITADA

- Berger, L. L., S. C. Ricke, and G. C. Fahey, Jr. 1981. Comparison of two forms and two levels of lasalocid with monensin on feedlot cattle performance. *J. Anim. Sci.* 53:1440-1445.
- Calsamiglia, S., M. Busquet, P. W. Cardozo, L. Castillejos, and A. Ferret. 2007. Invited Review: Essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation. *J. Dairy Sci.* 90:2580- 2595.
- Cook, M. E. 2010. A review of science leading to host-targeted antibody strategies for preventing growth depression due to microbial colonization. *J. Anim. Sci.* doi: 10.2527/jas.2010-3375.

- DiLorenzo, N., and M. L. Galyean. 2010. Applying technology with newer feed ingredients – Do the old paradigms apply? *J. Anim. Sci.* 88(E. Suppl.):E123-E132. DiLorenzo, N., F. Diez-Gonzalez, and A.
- DiCostanzo. 2006. Effects of feeding polyclonal antibody preparations on rumen bacterial populations and ruminal pH of steers fed high grain diets. *J. Anim. Sci.* 84:2178-2185.
- DiLorenzo, N., C. R. Dahlen, F. Diez-Gonzalez, G. C. Lamb, J. E. Larson, and A.
- DiCostanzo. 2008. Effects of feeding polyclonal antibody preparations on rumen fermentation patterns, performance, and carcass characteristics of feedlot steers. *J. Anim. Sci.* 86:3023-3032.
- Duffield, T.F., A. R. Rabiee, and I. J. Lean. 2008. A meta-analysis of the impact of monensin in lactating dairy cattle. Part 2. Production effects. *Sci.* 91:1347-1360.
- Goiri, I., L. M. Oregui, and A. Garcia-Rodriguez. 2010. Use of chitosans to modulate ruminal fermentation of a 50:50 forage-to-concentrate diet in sheep. *J. Anim. Sci.* 88:749-55.
- Goodrich, R. D., J. E. Garrett, D. R. Gast, M. A. Kirick, D. A. Larson, and J. C. Meiske. 1984. Influence of monensin on the performance of cattle. *J. Anim. Sci.* 58:1484-1498.
- Gorocica, M., A. Gonzalez-Asif, and S. C. Loerch. 2014. Effects of including virginiamycin in feedlot diets containing monensin under commercial conditions in Mexico. *J. Anim. Sci.* 92 (E-Suppl. 2):325.
- Henry, D.D., M. Ruiz-Moreno, F. M. Ciriaco, M. Kohmann, V. R. G. Mercadante, G. C. Lamb, and N. DiLorenzo. 2015. Effects of chitosan on nutrient digestibility, methane emissions, and in vitro fermentation in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 93:3539-3550.
- Hristov, A., Oh, J., Firkins, J., Dijkstra, J., Kebreab, E., Waghorn, G., H. P. S. Makkar, A. T. Adesogan, W. Yang, C. Lee, P. J. Gerber, B. Henderson, and J. M. Tricarico. 2013. Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: I. A review of enteric methane mitigation options. *J. Anim. Sci.* 91:5045-5069.
- Johnson, K. A., and D. E. Johnson. 1995. Methane emissions from cattle. *J. Anim. Sci.* 73:2483- 2492.
- Khiaosa-ard, R., and Q. Zebeli. 2014. Meta-analysis of the effects of essential oils and their bioactive compounds on rumen fermentation characteristics and feed efficiency in ruminants. *J. Anim. Sci.* 91:1819-1830.
- Marino. C. T., W. G. Otero, P. H. M. Rodrigues, A. DiCostanzo, D. D. Millen, R. L. D. Pacheco, N. DiLorenzo, C. L. Martins, and M. B. Arrigoni. 2011. Effects of feeding polyclonal antibody preparations on ruminal fermentation patterns and digestibility of cows fed different energy sources. *J. Anim. Sci.* 89:3228-3235.
- Mercadante, V. R. G., K. M. Waters, G. H. L. Marquezini, D. D. Henry, F. M. Ciriaco, J. D. Arthington, N. DiLorenzo, and G. C. Lamb. 2015a. Inclusion of an anti-phospholipase A2 antibody to backgrounding diets on performance, feed efficiency, in vitro fermentation, and the acute-phase response of growing beef calves. *J. Anim. Sci.* 93:414-424.
- Mercadante, V. R. G., K. M. Waters, G. H. L. Marquezini, D. D. Henry, F. M. Ciriaco, J. D. Arthington, N. DiLorenzo, and G. C. Lamb. 2015b. Effects of anti-phospholipase A2 antibody supplementation on dry matter intake feed efficiency, acute phase response, and blood differentials of steers fed forage- and grain-based diets. *J. Anim. Sci.* 93:776-785.
- Millen, D. D., R. D. L. Pacheco, N. DiLorenzo, C. L. Martins, C. T. Marino, J. P. S. T. Bastos, T. M. Mariani, R. S. Barducci, L. M. N. Sarti, A. DiCostanzo, P. H. M. Rodrigues, M. D. B. Arrigoni. 2015. Effects of feeding a spray-dried multivalent polyclonal antibody preparation on feedlot performance, feeding behavior, carcass characteristics, rumenitis and blood gas profile of Brangus and Nellore yearling bulls. *J. Anim. Sci.* 93:4387-4400.
- Moate, P. J., S. R. O. Williams, V. A. Torok, M. C. Hannah, B. E. Ribaux, M. H. Tavendale, M., R. J. Eckard, J. L., Jacobs, M. J. Auld, W. J. Wales. 2014. Grape marc reduces methane emissions when fed to dairy cows. *J. Dairy Sci.* 97:5073-5087.
- Montano, M. F., O. M. Manriquez, J. Salinas-Chavira, N. Torrentera, and R. A. Zinn. 2015. Effects of monensin and virginiamycin supplementation in finishing diets with distiller dried grains plus solubles on growth performance and digestive function of steers. *J. Appl. Anim. Research* 43: 417-425.
- Nagaraja, T. G., C. J. Newbold, C. J. Van Nevel, and D. I. Demeyer. 1997. Manipulation of ruminal fermentation. Pages 523-632 in *The Rumen Microbial Ecosystem*. P. N. Hobson and C. S. Stewart, ed. Chapman and Hall, London, UK.
- Noirot, V., r. Moncoulon, D. Sauvant, and C. Bayourthe. 2007. Effect of essential oils and essential oils compounds supplementations in ruminant species: Statistical analysis. *Revue de Medecine Veterinaire*, 158:589-597.
- Pacheco, R. D. L., D. D. Millen, N. DiLorenzo, C. L. Martins, C. T. Marino, M. V. Fossa, S. L. Beier, A. DiCostanzo, P. H. M. Rodrigues, and M. D. B. Arrigoni. 2012. Effects of feeding a multivalent polyclonal antibody preparation on feedlot performance, carcass characteristics, rumenitis and blood gas profile in *Bos indicus* biotype yearling bulls. *J. Anim. Sci.* 90:1898-1909.
- Russell, R. W., and S. A. Gahr. 2000. Glucose availability and associated metabolism. Pages 121-147 in *Farm Animal Metabolism and Nutrition*. J. P. F. D’Mello, ed. CAB Intl. Publ., Wallingford, UK.
- Russell, J. B., and H. J. Strobel. 1989. Minireview: Effect of ionophores on ruminal fermentation. *Appl. Environ. Microbiol.* 55:1-6. Russell, J. B. 1998. The importance of pH in the regulation of ruminal acetate to propionate ratio and methane production in vitro. *J. Dairy Sci.* 81:3222-3230.
- van Zijderveld, S. M., W. J. J. Gerrits, J. A. Apajalahti, J. R. Newbold, J. Dijkstra, R. A. Leng, H. B. Perdok. 2010. Nitrate and sulfate: Effective alternative hydrogen sinks for mitigation of ruminal methane production in sheep. *J. Dairy Sci.* 93:5856-5866.
- Yang, W. Z., B. N. Ametaj, C. Benchaar, M. L. He, and K. A. Beauchemin. 2010. Cinnamaldehyde in feedlot cattle diets: Intake, growth performance, carcass characteristics and blood metabolites. *J. Anim. Sci.* 88:1082-1092.
- Zinn, R. A. 1986. Effect of salinomycin supplementation on characteristics of digestion and feedlot performance of cattle. *J. Anim. Sci.* 63:1996-2004.

[Volver a: Fisiología digestiva y manejo del alimento](#)