

Combinación de monensina y virginiamicina en engorde y eficiencia de novillos terminados a corral

Publicado online 06 de abril de 2022

Pordomingo, A.J.¹; Bressan, E.²; Apa, F.J.³

RESUMEN

Se exploraron los efectos de la inclusión de la combinación de virginiamicina (Vi) y monensina (Mo) en una dieta de engorde basada en maíz partido, sin fibra efectiva. Se utilizaron 180 novillos Angus de 323 ± 22 kg de peso vivo (PV), las que se distribuyeron de a 15 en 12 corrales. Sobre los corrales se impusieron los tratamientos de dieta: 1) con inclusión de Mo (Mo), y 2) Mo + Vi (MoVi). Se alimentaron en dieta única de terminación durante 91 días. La dieta se basó en maíz quebrado, pellet de afrechillo de trigo, burlanda de maíz, una premezcla con minerales, vitaminas, agua, cascara de maní y el aditivo correspondiente según tratamiento. Se realizaron determinaciones de PV los días 0, 44 y 91. Luego de la faena se determinaron el peso de la res (PR) y el rendimiento de res caliente (RtoRes). Se registró diariamente el suministro de alimento y se calculó semanalmente el consumo por animal promedio por corral descontando del ofrecido semanal el remanente correspondiente. Luego de alcanzar 8 mm de espesor de grasa dorsal y 90 días de ensayo, los novillos se remitieron a faena. El tratamiento MoVi superó a Mo en PV a los 44 días ($P=0,02$) y al final ($P=0,01$). El ADPV de los primeros 44 días fue mayor para MoVi ($P<0,01$) pero similar ($P=0,17$) para los últimos 47 días. En la totalidad del experimento, MoVi resultó en ADPV 10,8% superior a Mo ($P<0,01$). El PR fue mayor para MoVi ($P=0,02$). No se detectaron diferencias en RtoRes ($P=0,40$). El consumo diario de materia seca en términos absolutos (CMS) o relativo al peso (CMSPV) resultó superior ($P \leq 0,03$) para MoVi. No se detectaron efectos sobre la eficiencia de conversión ($P \geq 0,07$). La inclusión de la combinación de Mo y Vi permitiría mejorar el ADPV en novillos en terminación sobre una dieta limitada en fibra efectiva, sin deteriorar la eficiencia de conversión o el RtoRes, respecto de la inclusión de Mo solamente.

Palabras clave: virginiamicina, monensina, novillos, engorde a corral.

ABSTRACT

Effects of the combination of monensin (Mo) and virginiamycin (Vi) included in a cracked-corn low-effective fiber diet for finishing beef steers. A group of 180 323 ± 22 -kg Angus steers were distributed in 12 pens, with 15 animals each. Two treatments, 1) base diet + Mo (Mo), and 2) base diet + Mo + Vi (MoVi), were randomly applied to pens. The diet was based on cracked corn, pelleted wheat middlings, corn distillers' grain, peanut hulls and a vitamin and mineral premix. Feed was offered by pen daily, twice a day, in 10 to 15% excess. Average daily dry matter intake (DMI) was recorded per pen on a weekly basis. Animals were weighed individually on days 0, 44 and 91. After 91 days on feed animals and reaching 8 mm of back fat were considered finished and taken to a commercial abattoir to slaughter. Individual carcass and hot carcass yields were recorded. Pens were the experimental units for all variables. Effects were detected ($P<0.05$) for body weight (BW) at weighing dates 44 and 91. Likewise, effects were detected ($P<0.05$) for average daily gain (ADG), and DMI overall and between weighing dates. On average, MoVi resulted in higher

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Anguil, Ruta Nacional 5 km 580 (6326), Anguil, La Pampa. Correo electrónico: pordomingo.anibal@inta.gov.ar

²Phibro Corp.

³Universidad Nacional de Rosario (UNR), Facultad de Ciencias Veterinarias, CONECID.

44-d ($P=0,02$) and final BW ($P=0.01$). MoVi animals had higher ($P<0.01$) ADG during the first 44 days, but, no effects ($P=0.17$) were detected for the second period. Overall, ADG was 10,8% higher ($P<0.01$) for MoVi over Mo. Carcasses from MoVi were heavier ($P=0.02$), but no differences were detected ($P=0.40$) for hot carcass yield. Clearly, including Vi + Mo in a cracked-corn low-effective fiber diet for feedlot finished steers would improve ADG and DMI over Mo, with no effects on the feed efficiency. Such improvement reflected in carcass weight and did not affect hot carcass yield.

Keywords: monensin, virginiamycin, steers, feedlot fattening.

INTRODUCCIÓN

En el engorde a corral de Argentina es común el uso de dietas con aporte mínimo de fibra basado en cáscaras. Estos sistemas utilizan granos de maíz (entero o quebrado), un concentrado proteico y cáscara de maní. La carencia de partículas de fibra de más de 5 mm reduce la oferta de fibra efectiva y puede comprometer la motilidad ruminal y la producción de buffer, con la consecuente dificultad para la regulación del pH. De acuerdo con NRC (2000), la oferta de fibra efectiva de las dietas que no incluyen henos o ensilajes resultarían deficientes en fibra efectiva. En esas dietas es central la inclusión de antibióticos para modular la fermentación, regular el consumo y mitigar los efectos de la alta generación de ácido láctico. Monensina (Mo) es el antibiótico (ionóforo) más frecuente. Pero en las dietas deficientes en fibra efectiva, los efectos de Mo podrían ser mejorables con la inclusión combinada de antibióticos con mayor especificidad sobre la producción de ácido láctico. La inclusión del antibiótico viginiamicina (Vi) fue descripta como una alternativa mejoradora, reduciendo la producción de ácido láctico ruminal e incrementando la de propiónico (Nagaraja *et al.*, 1987; Tedeschi y Gorocica, 2018); es producido por *Streptomyces virginiae*, principalmente activo sobre la población bacteriana Gram positiva (Cocito, 1979; Gottschall *et al.*, 1988) y protozoaria ciliada (Nagaraja *et al.*, 1995).

La investigación sobre el uso de Vi ha estado vinculada a la protección ruminal, la mitigación de la acidosis y la aparición de abscesos hepáticos, con implicancias sobre la eficiencia de producción (Nuñez *et al.*, 2013; Salinas-Chavira *et al.*, 2009, 2016; Tedeschi y Gorocica, 2018). Por su parte, la experimentación sobre los efectos de la inclusión de Vi + monensina (Mo) (Benatti *et al.*, 2017; Salinas-Chavira *et al.*, 2016) sugiere una mejora en la eficiencia de conversión, sin afectar el nivel de consumo y producción en la fase final del engorde, respecto de la inclusión de Mo solamente. Se indica que potenciaría la efectividad de Mo por la combinación de regulación del consumo, ahorro adicional de proteína del alimento por menor degradación ruminal y mayor efectividad en la reducción de la producción de ácido láctico. No obstante, la evidencia experimental publicada de la inclusión de Vi en combinación con Mo en los engordes a corral con baja fibra efectiva es inexistente en Argentina. Este estudio evaluó el desempeño productivo y la conversión de alimento en respuesta a la combinación de Mo y Vi (MoVi) en comparación con Mo en una dieta de baja fibra efectiva basada en grano quebrado de maíz, burlanda de maíz y cáscara de maní en novillos en engorde a corral.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en las instalaciones para investigación de CONECAR S.A. (CONCEID, Santa Fe). Ciento ochenta novillos Angus (323 ± 22 kg) fueron asignados

al azar en 12 corrales (15 novillos por corral; 6 corrales por tratamiento). Los dos tratamientos fueron: 1) dieta base + Mo (30,9 mg i.a./kg MS), y 2) dieta base + Mo y Vi (MoVi; 30,9 y 31,3 mg i.a./kg MS, respectivamente). Los ingredientes de la dieta base fueron: maíz quebrado, burlanda de maíz, cáscara de maní, agua y una premezcla vitamínica y mineral. La dieta se formuló para ofrecer 15% de proteína bruta (PB), 20% de fibra detergente neutro (FDN), 10% de fibra detergente ácido (FDA) de acuerdo con NRC (2000) (tabla 1), 3,0 y 1,40 Mcal de concentración de energía metabolizable (EM) y ganancia de peso (ENG), respectivamente (estimadas según NRC, 2000). También se tuvo en cuenta que la formulación cubriera al menos el 80% de la demanda de fibra efectiva y el 100% de la proteína degradable en rumen, estimada de acuerdo con modelo empírico de NRC (2000), para dietas de engorde de novillos, en el rango de 1,4 a 1,6 kg/día de aumento diario de peso vivo (ADPV). Entre las restricciones se consideró que la formulación fuera similar a las frecuentes de sistemas de engorde sin fibra larga, utilizadas por el sector ganadero del centro del país, y los requerimientos proteicos de animales jóvenes en

Ítem	Proporción
Grano maíz quebrado, %	48,1
Afrechillo de trigo, %	13,3
Burlanda de maíz, %	28,7
Cáscara de maní, %	7,07
Conchilla ¹ , %	1,12
Harina de girasol (pellet) ¹ , %	0,58
Harina soja 44% (pellet) ¹ , %	0,56
Sal ¹ , %	0,27
Sintox TM ¹ , %	0,15
Núcleo micromineral ^{1,2} , %	0,08
Complejo vitamínico ADE 1000/200 ¹ , mg/kg	155,3
Rumensin TM 200 ¹ , mg/kg	155,3
Stafac TM 500 ¹ , mg/kg	63,1

Tabla 1. Composición de la dieta (base seca).

¹ Se incluye premezclado con los otros ingredientes menores. RumensinTM200 y StafacTM500 se adicionaron en la proporción para proveer 30,9 y 31,3 mg/kg MS, respectivamente, en la dieta total según tratamientos.

SintoxTM se incluyó para proveer entre 15 y 20 g/animal día de adsorbente de micotoxinas del alimento.

² Mixtumine Microsomal RumiantesTM.

engorde a corral (NRC, 2000). Monensina se incorporó en la forma de Rumensin™200 (Elanco, Animal Health, Eli Lilly, Indiana, EUA) y Vi en Stafac™500 (Phibro, Animal Health Corp. BA, Argentina), dependiendo del tratamiento. Se incluyó un adsorbente de micotoxinas (Sintox™, Alinat SRL, BA, Argentina) de acuerdo con la recomendación (15 a 20 g/animal día).

Para definir la finalización del experimento se fijaron los objetivos de al menos 90 días de engorde y más de 7 mm de espesor de grasa dorsal (EGD) promedio por corral en todos los corrales (determinada por ecografía dorsal a la altura de la 11.ª costilla y a 5 cm de la línea media de lado izquierdo del animal). Ambas metas se incluyeron para asegurar una duración del engorde y un grado de terminación similares al modelo más frecuente de engorde a corral en sistemas comerciales intensivos de Argentina.

Durante 15 días previos a la asignación de tratamientos se realizó un acostumbramiento a la dieta de corral con heno de pastura. Se inició con un nivel de heno del 60% durante los primeros 7 días, se redujo luego al 30% durante los 5 días siguientes, y a partir del día 13 se sustituyó por la proporción de cáscara de maní y ajustó la proporción de los ingredientes a la dieta base prevista. El día 14 se asignaron los tratamientos a las unidades experimentales al azar.

El alimento se ofreció dos veces por día totalmente mezclado, estimando un excedente diario del 10% (en base tal cual). Todos los días, previo al suministro, se hizo lectura de comedero para ajustar la oferta del día siguiente. Se midió el consumo por corral semanalmente. A tal fin, cada 3 o 4 días se retiró y pesó el remanente de cada corral previo al nuevo suministro. Se restó el remanente del ofrecido acumulado y dividió por la cantidad de días correspondientes a los suministros y la cantidad de animales por corral, asignando un valor medio de consumo por animal y por corral a cada uno de los días. Los consumos fueron corregidos por materia seca (MS), obteniendo el dato de consumo de materia seca (CMS) para el animal promedio de cada corral en cada período y la totalidad del ensayo.

Se recolectaron muestras del ofrecido y del remanente de cada corral en cada evento de medición de consumo. Se generó una muestra compuesta mensual por tratamiento y corral, tanto para ofrecido como remanente, para determinar el

contenido de MS. El contenido de MS se determinó por secado en estufa a 60 °C hasta peso constante (AOAC, 2000). Las muestras se molieron en molino Willey (a 5 mm). Una muestra compuesta del ofrecido de todos los corrales y de todo el experimento se analizó por contenido de proteína bruta (PB) y extracto etéreo (EE) de acuerdo con metodologías AOAC (2000), y contenido de fibra detergente ácido (FDA, %) y neutro (FDN, %) de acuerdo con Van Soest *et al.* (1991). Se calculó la concentración de energía metabolizable (EM), y de energía neta para mantenimiento (ENm) y para ganancia de peso (ENG) de la dieta (NRC, 2000). La tabla 2 reporta la composición y la oferta energética.

Los animales se pesaron los días 0, 44 y 91 del experimento (excluido el período de acostumbramiento), con un desbaste de 17 horas, por la mañana, previo al suministro del alimento. Se calculó el CMS relativo al peso (CMSPV) relacionando el CMS diario medio con el PV medio de cada período entre pesadas y de la totalidad del ensayo, expresado en porcentaje. Con la información de PV se calculó el PV medio y con los días entre pesadas (44 y 47) y la duración total (91 días) se calculó el ADPV para cada período y la totalidad del ensayo. Con las mediciones de ADPV y CMS se calculó la eficiencia de conversión del alimento expresada como la relación entre el ADPV y el CMS (EfC).

A los 91 días y alcanzados los objetivos se dio por terminado el experimento. Los animales se trasladaron por la tarde con destino a faena en un frigorífico comercial habilitado para exportación, a 80 km del sitio experimental. Los animales fueron faenados a las 10 horas de su arribo. Se realizaron las determinaciones de peso de la res (PR) de cada animal y se calculó el rendimiento de res caliente (RtoRes) como la relación entre el PR y el PV final, al que se le aplicó el 3% de desbaste adicional, índice utilizado comúnmente en la práctica comercial del feedlot a la planta de faena para lotes enviados con desbaste previo. El RtoRes se expresó en porcentaje.

Para las variables de PV inicial y final y las calculadas como promedio de 91 días ADPV, CMS, CMSPV y EfC, como las de PR y RtoRes el análisis estadístico se basó en un diseño completamente aleatorizado con 6 repeticiones (corrales) por tratamiento y 2 tratamientos de acuerdo con el modelo: $Y_{ij} = \mu + T + e_{ij}$, donde Y_{ij} = observación, μ = media general, T = efecto fijo suplemento, y e = error azar (residual). Por la naturaleza balanceada de la cantidad de individuos por corral, se obvió la inclusión en el modelo del animal anidado en el corral.

Las determinaciones referidas a los períodos entre pesadas fueron analizadas con un modelo de un diseño totalmente aleatorizado tipo Split plot. Se asignaron los 2 tratamientos a la parcela principal y 2 períodos en la subparcela: $Y_{ij} = \mu + T_i + P_j + (T*P)_{ij} + T_{ij}*(P) + e_{ij}$, donde Y_{ij} = observación, μ = media general, T_i = efecto fijo de tratamiento, P_j = efecto fijo de período, $(T*P)_{ij}$ = interacción de efectos fijos, $T_{ij}*(P)$ = error experimental para tratamiento, y e_{ij} = error (residual). Las interacciones entre factores se consideraron significativas al nivel $P < 0,05$. El factor tratamiento se evaluó usando $T_{ij}*(P)$. Período y la interacción $T*P$ se evaluaron utilizando el error residual (Proc GLM, SAS, 2002). Las medias se separaron por la misma prueba de F (SAS, 2002), considerándola significativa a nivel de $P < 0,05$.

RESULTADOS

No se detectaron interacciones ($P \geq 0,07$) entre tratamiento y período para ninguna de las variables objeto de estudio. A los

Composición nutricional ¹	
PB, %	15,2
FDN, %	21,5
FDA, %	11,2
Extracto etéreo, %	6,4
Concentración de energía (NRC, 2000)	
EM, Mcal/kg MS	3,0
ENm, Mcal/kg MS	1,78
ENG, Mcal/kg MS	1,36

Tabla 2. Composición nutricional y concentración energética de la dieta ofrecida.

MS = Materia seca.

¹ PB = Proteína bruta; FDN = Fibra detergente neutro; FDA = Fibra detergente ácido; EM = Energía metabolizable; EN m = Energía neta para mantenimiento; EN g = Energía neta para ganancia de peso (NRC, 2000).

Período, ítem	Mo	MoVi	EEM	P =
Peso vivo (PV), kg				
día 0	323	322	2,3	0,84
día 44	389	399	3,0	0,02
día 91	449	463	3,7	0,01
Aumento peso vivo (ADPV), kg/día				
día 0 a 44	1,49	1,74	0,04	<0,01
día 45 a 91	1,30	1,36	0,031	0,17
día 0 a 91	1,39	1,54	0,03	<0,01
Peso de res, kg	249	258	2.3	0,02
RtoRes, %	58,4	58,7	0.22	0,40

Tabla 3. Efecto de la inclusión de virginiamicina + monensina en una dieta basada en grano quebrado de maíz y baja fibra efectiva sobre la evolución del peso, el aumento de peso, el peso de res y el rendimiento en res de novillos en engorde a corral.

n = 6 corrales; (15 novillos por corral).

Mo = Dieta con monensina.

MoVi = Dieta con monensina y virginiamicina.

EEM = Error estándar de la media.

P = P valor para $F > F_0$.

RtoRes = Rendimiento de res en caliente (Peso res/PV final frigorífico).

Período	Mo	MoVi	EEM	P =
Consumo MS (CMS), kg/día				
día 0 a 44	10,9	12,2	0,20	<0,01
día 44 a 91	10,5	11,5	0,24	0,03
día 0 a 91	10,7	11,8	0,20	<0,01
CMSPV, (CMS/PV medio) %				
día 0 a 44	3,1	3,4	0,08	0,01
día 44 a 91	2,5	2,7	0,09	0,01
día 0 a 91	2,8	3,0	0,06	0,03

Tabla 4. Efecto de la inclusión de virginiamicina V-Max + monensina en una dieta basada en grano quebrado de maíz y baja fibra efectiva sobre el consumo de novillos en engorde a corral.

n = 6 corrales; (15 novillos por corral).

Mo = Dieta con monensina.

MoVi = Dieta con monensina y virginiamicina.

EEM = Error estándar de la media.

P = P valor por $F > F_0$.

44 días los animales de MoVi resultaron 10 kg más pesados ($P=0,02$) que los de Mo y a los 91 días era 14 kg más pesados ($P=0,01$) (tabla 3). Los animales de MoVi superaron a los de Mo en 250 g/día de ADPV en el primer período ($P<0,01$) y en 60 g/día en el segundo, aunque el efecto no fue significativo en este período ($P=0,17$). En los 91 días, la diferencia de ADPV fue de 140 g/día a favor de MoVi ($P<0,01$). El PR resultó 9 kg superior ($P=0,02$) para MoVi respecto de Mo (3,6%). Los tratamientos no se diferenciaron en RtoRes ($P = 0,40$) promediando $58,6 \pm 0,20\%$.

El CMS resultó superior ($P \leq 0,03$) para MoVi en ambos períodos y en la totalidad del experimento (tabla 3). Decreció en términos relativos al PV del primer período al segundo para ambos tratamientos ($P<0,01$) y fue mayor ($P \leq 0,03$) para MoVi en ambos períodos y la totalidad del ensayo (tabla 4). La EfC fue similar ($P=0,36$) en promedio de los 91 días ($130 \pm 0,43$ g/kg) (tabla 5). Durante el primer período se observó una tendencia en EfC a favor del tratamiento MoVi ($P=0,07$), pero que se diluyó en el segundo período por una respuesta numéricamente invertida.

Período	Mo	MoVi	EEM	P =
día 0 a 44	136	142	4,0	0,07
día 44 a 91	123	118	11,5	0,48
día 0 a 91	129	130	3,1	0,36

Tabla 5. Efecto de la inclusión de virginamicina + monensina en una dieta basada en grano quebrado de maíz y baja fibra efectiva sobre la eficiencia de conversión del alimento (aumento de peso/consumo; g/kg) de novillos en engorde a corral.

n = 6 corrales; (15 novillos por corral).

Mo = Dieta con monensina.

MoVi = Dieta con monensina y virginiamicina.

EEM = Error estándar de la media.

Interacción tratamiento x período, P = 0,07.

P = Valor de F > Fo.

DISCUSIÓN

Rogers *et al.* (1995) reportaron que la suplementación con Vi en el rango de 19,3 a 27,3 mg/kg de alimento permitiría incrementar el ADPV y en el rango de 13,2 a 19,3 mg/kg la eficiencia de conversión. Indicaron que ofrecida en el rango de 16,5 a 19,3 mg/kg contribuiría a reducir abscesos hepáticos. Salinas-Chavira *et al.* (2016) reportaron que la inclusión de Vi en dietas de recría y terminación incrementaba la utilización de la energía. Montano *et al.* (2015), en una síntesis de 7 experimentos, reportaron un incremento del 4,6% del ADPV y 3,6% de mejora en la conversión del alimento por suplementar con Vi (19 a 27 mg/kg MS de alimento). Costa *et al.* (2015) reportaron 5,9% de mejora en la oferta de energía neta, sin efectos sobre el ADPV. En un metanálisis de casos europeos con suplementación de Mo o Vi versus un control (sin inclusión de antibiótico), Gorocica y Tedeschi (2017) reportaron mayor ADPV para Vi y Mo, respecto de control. Incluso, el ADPV de Vi superó a Mo, sin diferencias en CMS o en EfC.

Sobre 26 estudios incluyendo 7156 animales, Tedeschi y Gorocica (2018) concluyeron que Vi incrementó el ADPV en 2,08 g por mg/kg MS, comparado con 0,92 g por mg/kg MS para Mo, sugiriendo que Vi resultó 2,3 veces más efectiva que Mo sobre el ADPV a la misma dosis y período de alimentación. Reportaron una consistente reducción de incidencia de abscesos hepáticos con la inclusión de Vi en el rango de 12 a 24 mg/kg MS. Justificaron la reducción principalmente en el incremento de la eficiencia ruminal en la transformación de la energía. Nagaraja y Chengappa (1998) y Narayanan *et al.* (1998) habían reportado la efectividad de Vi sobre la reducción de la presencia ruminal de *Fusobacterium necrophorum* y *Actinomyces pyrogenes*. Un año antes Nagaraja *et al.* (1987) habían reportado los efectos de mejora del crecimiento animal debido a una mayor eficiencia de uso de para energía, resultante de una reducción de lactato e incremento de propionato en el rumen con la inclusión de Vi. Otros estudios (Vervaeke *et al.*, 1979; Ravindran *et al.*, 1984; Agudelo *et al.*, 2007; Ives *et al.*, 2002) consideraron también que Vi podría mejorar la absorción posruminal de nutrientes. Ives *et al.* (2002) indicaron que la suplementación con Vi podría reducir la actividad de desaminación de las proteínas en el rumen. Navarrete *et al.* (2017) evaluaron el efecto de Vi sobre la performance animal a varios niveles de oferta de ENm (2,22 a 2,1 Mcal/kg) y concluyeron que Vi resultó en mejora de la eficiencia de uso de la energía.

La respuesta animal a la combinación de Mo y Vi ha sido si embargo poco estudiada. Rigueiro *et al.* (2016) reportaron mejor adaptación ruminal a la dieta de alto contenido de almidón (incremento progresivo del consumo y menor incidencia de acidosis) con la inclusión de Vi a una la dieta de alto almidón con Mo. Esos autores sugirieron incorporar Vi en la terminación con el objeto de evitar depresión del CMS. En el presente experimento, sin embargo, la inclusión de la combinación de ambos antibióticos mejoró el CMS, sin afectar la EfC. En concordancia con los resultados del presente ensayo, Kawas *et al.* (2015) reportaron mejora del ADPV, el peso de res, con una leve mejora en la conversión del alimento con dosis similares.

En nuestro experimento, la incorporación de ambos antibióticos generó una respuesta positiva en el ADPV y el CMS. El experimento no incluyó estudios de la fermentación y el metabolismo para justificar los efectos observados, pero podría hipotetizarse que la incorporación de Vi habría permitido lograr una mayor homeostasis de la fermentación y moderación de la depresión del pH ruminal, finalmente resultante en mayor propensión a consumir, sin deprimir la eficiencia de la utilización de los alimentos y la conversión. Lemos *et al.* (2016) no detectaron diferencias en ADPV, CMS, EfC, peso de res, EGD y *marbling*; o en parámetros de la fermentación ruminal (AGV, N amoniacal, pH y densidad de protozoos) al agregar Vi a dietas que incluían Mo en engorde de novillos zebú sobre dieta de baja fibra en dosis del rango del presente experimento.

Aunque habría cierta coincidencia en la literatura (Kawas *et al.*, 2015; Rigueiro *et al.*, 2016) con el presente trabajo respecto de efectos positivos sobre el ADPV, la justificación reportada en la bibliografía no es consistente aún. En algunos casos, la respuesta en ADPV sería explicable en el CMS (como en el presente trabajo) y en otros en la EfC (Silva *et al.*, 2004; Salinas-Chavira *et al.*, 2016). Los reportes son consistentes en el efecto de Vi como modulador del pH ruminal (Coe *et al.*, 1999; Owens *et al.*, 1998; Rogers *et al.*, 1995) y la mitigación de la incidencia de abscesos hepáticos (Tedeschi y Gorocica, 2018).

Adicionalmente, la investigación no ha abundado aún en los tipos de dieta, en función del tipo y procesado de granos, como la forma y proporción de fibra efectiva. No existen reportes sobre dietas sin fibra larga (henos o ensilajes), basadas en una fracción grosera de cáscaras como la del presente experimento. Cabría explorar en estudios posteriores los mecanismos que dieran lugar a la respuesta detectada en el marco de dietas como la del presente ensayo.

CONCLUSIONES

La combinación de Mo y Vi fue efectiva en mejorar la respuesta productiva. La combinación incrementó el ADPV en 10,8% y 10,3% el CMS, sin detectarse efectos sobre la eficiencia de conversión de alimento a peso vivo. Tampoco se detectaron efectos sobre el rendimiento de res.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen las empresas Phibro Argentina S.A. y CONECID por la provisión de los recursos económicos y físicos para la realización de este estudio.

BIBLIOGRAFÍA

AGUDELO, J.H.; LINDEMANN, M.D.; CROMWELL, G.L.; NEWMAN, M.C.; NIMMO, R.D. 2007. Virginiamycin improves phosphorus digestibility and uti-

lization by growing-finishing pigs fed a phosphorus-deficient, corn-soybean meal diet. *J. Anim. Sci.* 85, 2173-2182.

AOAC. 2000. Official Methods of Analysis, 18th edition (AOAC, Arlington, VA).

BENATTI, J.M.B.; ALVEZ NETO, J.A.; DE OLIVEIRA, I.M.; DE RESENDE, F.D.; SIQUEIRA, G.R. 2017. Effect of increasing monensin sodium levels in diets with virginiamycin on the finishing of Nellore cattle. *Anim. Sci. J. (Japanese Society of Animal Sci)* 88, 1708-1714.

COCITO, C. 1979. Antibiotics of the virginiamycin family, inhibitors which contain synergistic components. *Microbiol. Rev.* 43,145-192.

COE, M.L.; NAGARAJA, T.G.; SUN, Y.D.; WALLACE, N.; TOWNE, E.G.; KEMP, K.E.; HUTCHESON, J.P. 1999. Effect of Virginiamycin on Ruminal Fermentation in Cattle During Adaptation to a High Concentrate Diet and During an Induced Acidosis. *J. Anim. Sci.* 77, 2259-2268. doi:10.2527/1999.7782259x

COSTA, A.J.; CAETANO, M.; BERNDT, A.; ASSUMPCAO, J.J.; LEMEAND, R.; DUARTE, D.P. 2015. Combined use of ionophore and virginiamycin for finishing Nellore steers fed high concentrate diets. *Sci. Agric.* 70, 229-236. doi:10.2527/1998.761275x

GOROCICA, M.A.; TEDESCHI, L.O. 2017. A meta-analytical approach to evaluate the performance of cattle fed virginiamycin or monensin under feedlot conditions from seven European countries. *J. Anim. Sci.* 95, (S4):71.

GOTTSCHALL, D.W.; WANG, R.; KINGSTON, F.G. 1988. Virginiamycin metabolism in cattle rumen fluid. *Drug Metab. Dispos.* 16, 804-812.

IVES, S.E.; TITGEMEYER, E.C.; NAGARAJA, T.G.; DEL BARRIO, A.; BINDEL, D.J.; HOLLIS, L.C. 2002. Effects of virginiamycin and monensin plus tylosin on ruminal protein metabolism in steers fed corn-based finishing diets with or without wet corn gluten feed. *J. Anim. Sci.* 80, 3005-3015.

KAWAS, J.R.; ALVARADO, R.; GOROCICA, M.A.; FLUHARTY, F.L. 2015. EFFECTS OF INCLUDING VIRGINIAMYCIN IN FEEDLOT DIETS CONTAINING MONENSIN UNDER COMMERCIAL CONDITIONS IN MEXICO. *J. ANIM. SCI.* 93 (S3), 436.

LEMOS, B.J.M.; CASTRO, F.G.F.; SANTOS, L.S.; MENDONÇA, B.P.C.; COU-TO, V.R.M.; FERNANDES, J.J.R. 2016. Monensin, virginiamycin, and flavomycin in a no-roughage finishing diet fed to zebu cattle. *J. Anim. Sci.* 94, 4307-4314. doi:10.2527/jas.2016-0504

MONTANO, M.F.; MANRIQUEZ, O.M.; SALINAS-CHAVIRA, J.; TORRENTERA, N.; ZINN, R.A. 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. Applied Animal Res.* 43, 417-425. doi:10.1080/09712119.2014.978785

NAGARAJA, T.G. 1995. Ionophores and antibiotics in ruminants. En: WALLACE, R.J.; CHESSON, A. (eds.). *Biotechnology in animal feeds and animal feeding*. VCH Publishers Inc., New York, NY. 173-204 p.

NAGARAJA, T.G.; CHENGAPPA, M.M. 1998. Liver abscesses in feedlot cattle: a review. *J. Anim. Sci.* 76, 287-298. doi:10.2527/1998.761287x

NAGARAJA, T.G.; TAYLOR, M.B.; HARMON, D.L.; BOYER, J.E. 1987. In vitro lactic acid inhibition and alterations in volatile fatty acid production by antimicrobial feed additives. *J. Anim. Sci.* 65, 1064-1076. doi:10.2527/jas1987.6541064x

NAGARAJA, T.G.; GODFREY, S.; WINSLOW, S.; ROWE, J. 1995. Responses in ciliated protozoa and rumen fermentation in sheep supplemented with barley plus virginiamycin. *Austr. J. Agric. Res.* 46, 1137-1147. doi:10.1071/AR951137

NARAYANAN, S.; NAGARAJA, T.G.; STAATS, J.; CHENGAPPA, M.M.; OBERST R.D. 1998. Biochemical and biological characterizations and ribotyping of actinomyces pyogenes and actinomyces pyogenes-like organisms from liver abscesses in cattle. *Vet. Microbiol.* 61, 289-303. doi:10.1016/S0378-1135(98)00190-4

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 2000. Nutrients requirements of beef cattle, 7th edn. National Academy Press, Washington, D. C.

NAVARRETE, J.D.; MONTANO, M.F.; RAYMUNDO, C.; SALINAS-CHAVIRA, J.; TORRENTERA, N.; ZINN, R.A. 2017. Effect of energy density and virginiamycin supplementation in diets on growth performance and digestive function of finishing steers. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* 30, 1396-1404. doi:10.5713/ajas.16.0826

NUÑEZ, A.J.C.; CAETANO, M.; BERNDT, A.; DEMARCHI, J.A.; LEME, P.R.; LANA, P.D. 2013. Combined use of ionophore and virginiamycin for finishing Nellore steers fed high concentrate diets. *Scientia Agricola* 70, 229-236.

OWENS, F.N.; SECRIST, D.S.; HILL, W.J.; GILL, D.R. 1998. ACIDOSIS IN CATTLE: A REVIEW. *J. ANIM. SCI.* 76, 275-286.

RAVINDRAN, V.; KRONEGAY, E.T.; WEBB, JR.K.E. 1984. Effects of fiber and virginiamycin on nutrient absorption, nutrient retention, and rate of passage in growing swine. *J. Anim. Sci.* 59, 400-408.

RIGUEIRO, A.L.; LUIZ, F.P.; SQUIZATTI, M.M.; ASSUMPCÃO, A.H.; FERREIRA, M.M.; GARCIA, C.P.; MULLER, L.R.; BUENO, A.P.D.; MARTINS, C.L.; ARRIGONI, M.D.; MILLEN, D.D. 2016. Feedlot performance and carcass traits of Nellore cattle fed different combinations of sodium monensin and virginiamycin. *J. Anim. Sci.* 94(Suppl. 5), 1.

ROGERS, J.A.; BRANINE, M.E.; MILLAR, C.R.; WRAY, M.I.; BARTLE, S.J.; PRESTON, R.L.; GILL, D.R.; PRITCHARD, R.H.; STILBORN, R.P.; BECHTOL, D.T. 1995. Effects of dietary virginiamycin on performance and liver abscess incidence in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 73, 9-20.

SALINAS-CHAVIRA, J.; BARRERAS, A.; PLASCENCIA, A.; MONTANO, M.F.; NAVARRETE, J.D.; TORRENTERA, N.; ZINN, R.A. 2016. Influence of protein nutrition and virginiamycin supplementation on feedlot growth performance and digestive function of calf-fed Holstein steers. *J. Anim. Sci.* 94, 4276-4286.

SALINAS-CHAVIRA, J.; LENIN, J.; PONCE, E.; SANCHEZ, U.; TORRENTERA, N. Y.; ZINN, R.A. 2009. Comparative effects of virginiamycin supplementation on characteristics of growth-performance, dietary energetics, and digestion of calf-fed Holstein steers. *J. Anim. Sci.* 87, 4101-4108.

SAS, 2002. SAS User's Guide: Statistics (Version 8.2). SAS Institute Inc, Cary, NC, EUA. 3884 p.

SILVA, S.L.; ALMEIDA, R.; SCHWAHOFER, D.; LEME, P.R.; LANNA, D.P.D. 2004. Effects of salinomycin and virginiamycin on performance and carcass traits of feedlot steers. *J. Anim. Sci.* 82, 41-42.

TEDESCHI, LO.; GOROCICA-BUENFIL, M.A. 2018. An assessment of the effectiveness of virginiamycin on liver abscess incidence and growth performance in feedlot cattle: a comprehensive statistical analysis. *J. Anim. Sci.* 96, 2474-2489.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74, 3583-3597.

VERVAEKE, I.J.; DECUYPERE, J.A.; DIERICK, N.A.; HENDERICKX, H.K. 1979. Quantitative in vitro evaluation of energy metabolism influenced by virginiamycin and spiramycin used in growth promoters in pig nutrition. *J. Anim. Sci.* 49, 846-856.