

Aceites esenciales más vitamina D3 comparado con la suplementación con monensina a dietas de crecimiento para toretes: Rendimiento productivo
Essential oils plus vitamin D3 compared to monensin supplementation in growing-diets for young bulls: Growth performance

Elizama Ponce-Barraza*, Alfredo Estrada-Angulo*, Daniel A. Mendoza-Cortez*, Beatriz I. Castro-Pérez*, Alejandro Plascencia**✉

Ponce-Barraza, E., Estrada-Angulo, A., Mendoza-Cortez, D. A., Castro-Pérez, B. I., & Plascencia, A. (2022). Aceites esenciales más vitamina D3 comparado con la suplementación con monensina a dietas de crecimiento para toretes: Rendimiento productivo. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 30(86), e3637, <https://doi.org/10.33064/iycuaa2022863637>

RESUMEN

Los antibióticos como aditivos en dietas ofrecidas a ganado en crecimiento-finalización están siendo prohibidos, por tanto, el propósito de esta investigación fue determinar parámetros productivos de toretes al usar como aditivo una mezcla de aceites esenciales y vitamina D₃ (EO + HyD). Por ello, se realizó un ensayo de alimentación con 1,620 toretes, los cuales se alimentaron los primeros 126 días de la engorda con una dieta suplementada con EO + HyD (120 + 0.12 mg/kg de dieta, respectivamente) o con monensina sódica (MON, 25 mg/kg de dieta). El ganado que recibió EO + HyD mostró mayor ($P < 0.05$) ganancia diaria de peso y eficiencia para ganancia (4.1%), lo que mejoró 3.2% la energía neta de la dieta. La morbilidad fue menor (2.72 vs. 6.17%) para el ganado suplementado con EO + HyD. Se concluye que EO + HyD es una alternativa promisoría para reemplazar la monensina sódica en la formulación de alimentos en la etapa inicial para bovinos de engorda.

Palabras clave: aceites esenciales; vitamina D₃; monensina; corral de engorda; crecimiento-finalización.

Recibido: 23 de marzo de 2022, **Aceptado:** 27 de julio de 2022

*Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Sinaloa. Blvd. San Angel 3886, Mercado de Abastos, San Benito, C. P. 80260, Culiacán Rosales, Sinaloa, México. Correo electrónico: eli_j13@hotmail.com; alfred_vet@hotmail.com; danielmendoza@outlook.com; laisa_29@hotmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3261-5822>; <https://orcid.org/0000-0001-9119-5162>; <https://orcid.org/0000-0002-1651-858X>; <https://orcid.org/0000-0002-1329-3768>

**Departamento de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad Autónoma de Occidente Unidad Guasave. Avenida Universidad S/N, Flamingos, C. P. 81048, Guasave, Sinaloa, México. Correo electrónico: aplas_99@yahoo.com; alejandro.plascencia@uadeo.mx ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2151-537>

✉ Autor para correspondencia

ABSTRACT

Antibiotics as feed additives in diets offered to growing-finishing cattle are being prohibited, therefore, the purpose of this research was to determine growth-performance parameters of young bulls by using a blend of essential oils plus vitamin D₃ (EO + HyD) as feed additive. Therefore, a feeding trial was carried out with 1,620 young bulls which were fed the first 126 days of fattening with a diet supplemented with EO + HyD (120 + 0.12 mg/kg of diet, respectively) or with monensin sodium (MON, 25 mg/kg diet). The cattle that received EO + HyD showed greater ($P<0.05$) daily weight gain and gain efficiency (4.1%), improving dietary net energy by 3.2%. Morbidity was lower (2.72 vs 6.17%) for cattle supplemented with EO + HyD. It is concluded that EO + HyD is a promising alternative to replace monensin sodium in feed formulation in the initial stage for fattening cattle.

Keywords: essential oils; vitamin D₃; monensin; feedlot; performance; growing-finishing.

INTRODUCCIÓN

La monensina sódica (MON) es el antibiótico ionóforo más utilizado como aditivo alimenticio en las dietas de crecimiento-finalización para bovinos en engorda en México (Carrillo-Herrera et al., 2016) y en los EE. UU. (Samuelson, Hubbert, Galyean, & Löest, 2016) debido a sus potenciales efectos benéficos en eficiencia para ganancia y en salud digestiva. En ese sentido, informes previos indican que a concentraciones de monensina sódica de 20 a 30 mg/kg de dieta aumenta la eficiencia para ganancia debido a los efectos antimicrobianos selectivos promoviendo cambios en la fermentación ruminal que favorecen el aumento de las proporciones molares ruminales de propionato, la disminución de la pérdida de energía por metano, así como la disminución del riesgo de acidosis subclínica como consecuencia de las fluctuaciones de la ingesta diaria (Azzaz, Murad, & Morsy, 2015; Barreras et al., 2013; Da Silva Marques & Fernandes Cooke, 2021).

Sin embargo, la tendencia mundial es la prohibición del uso de antibióticos, dentro de ellos el ionóforo monensina, como aditivos alimenticios (World Health Organization, 7 de noviembre de 2017). Actualmente la suplementación con ionóforos está prohibida dentro de la Unión Europea en la Directiva 1831/2003/CEE (European Union, 18 de octubre de 2003) y esta tendencia se está expandiendo a diversos países del mundo, por lo que la búsqueda de alternativas a los suplementos antibióticos convencionales (incluida la monensina sódica) es una necesidad. Dentro de esas alternativas se encuentran los aceites esenciales, metabolitos secundarios de extractos de diversas plantas. Los aceites esenciales (AE) como timol, eugenol, vainillina, guayaco y limoneno solos o combinados, al igual que los ionóforos, afectan la fermentación ruminal y la absorción de nutrientes (Drouillard, 2018). Adicionalmente, de acuerdo con la literatura científica, los extractos de plantas pueden mejorar la salud animal a través de varios mecanismos, como la supresión directa de la proliferación de patógenos, la alteración de las poblaciones microbianas intestinales y la mejora de las funciones inmunitarias (Bakkali, Averbeck, Averbeck, & Idaomar, 2008; Calsamiglia, Busquet, Cardozo, Castillejos, & Ferret, 2007). Estos efectos benéficos de los AE pueden explicar que la suplementación de AE a las dietas con alto contenido de energía (dietas altas en cereales) ha incrementado la tasa de crecimiento y

eficiencia energética durante la fase de finalización de corderos (Arteaga-Wences et al., 2021) y de ganado bovino (Meschiatti et al., 2019).

Por otra parte, la suplementación con 25-hidroxi-vitamina-D3 (HyD) a razón de 0.1 mg/kg de dieta aumentó la ganancia diaria de peso en ganado bovino alimentado con una dieta con aporte moderado de energía (Gouvêa et al., 2019). Aunque los efectos benéficos pueden potenciarse mediante la combinación de aditivos alimentarios alternativos (Liu et al., 2018; Thema, Mlambo, Snyman, & Mnisi, 2019), no existe información disponible del efecto de la suplementación con aceites esenciales combinados con HyD a las dietas de crecimiento ofrecidas en la fase inicial de la engorda (dietas moderadas en energía), la cual es una etapa crítica en el sistema de producción debido a que el rendimiento productivo y de salud en esta fase se refleja en la productividad observada durante la fase final de la engorda (Duff & Galyean, 2007; Ustuner, Ardicli, Arslan, & Brav, 2020). Nuestra hipótesis es que la combinación de AE + HyD puede tener resultados similares a la suplementación con monensina en cuanto a crecimiento, eficiencia y salud de los toretes en crecimiento.

El objetivo de este experimento fue comparar una mezcla estandarizada de aceites esenciales más vitamina D₃ como alternativa a la monensina sódica suplementada en dietas para ganado durante la fase inicial de crecimiento en el corral de engorda (figura 1).



Figura 1. Se compara el uso de aceites esenciales más vitamina D3 con la suplementación de monensina en dieta de toretes en corral de engorda. Fotografía cortesía del Dr. Alfredo Estrada-Angulo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en una empresa de engorda de bovinos ubicado a 9 km de la ciudad de Culiacán de Rosales, México (24° 65' 01" N y 107° 28' 67" O). El sitio donde se ubica el corral de engorda se encuentra a 45 m sobre el nivel del mar y tiene un clima tropical seco. Todos los procedimientos de manejo de animales se realizaron dentro de los

lineamientos indicados por las normas federales (NOM-095) y el Comité de Uso y Cuidado de Animales de la Universidad Autónoma de Sinaloa.

Tratamientos y diseño experimental. Los tratamientos consistieron en la suplementación de una dieta basal formulada a base de maíz hojuelado al vapor con proporción de concentrado a forraje 67:23 (tabla 1), la cual fue suplementada con: 1) 24 mg de monensina sódica /kg de dieta (MON; Rumensin 90, Elanco, Salud Animal, Zapopan Jal., México) o con 2) mezcla de aceites esenciales estandarizados (120 mg/kg de dieta base MS) combinado con 0.12 mg/kg de dieta base MS de 25-hidroxi-vitamina-D₃ (EO + HyD; CRINA-Ruminants y HyD; DSM Nutritional Products, México). La dosis de 24 mg MON/kg de dieta base MS se encuentra dentro del rango de la dosis diaria recomendada para mayor eficiencia del ganado consumiendo dietas iniciales de engorda (Duffield, Merrill, & Bagg, 2012). La fuente utilizada de aceites esenciales utilizada fue CRINA-Ruminants, la cual contiene una mezcla estandarizada de aceites esenciales que incluyen timol, eugenol, vainillina, guayaco y limoneno; mientras que HyD es un suplemento de 25-hidroxicolecalciferol. La dosis de EO se estimó con base en un informe anterior donde la ingestión de 100–200 mg de EO/kg de dieta resultó en mejoras máximas en la fermentación ruminal en ovejas (Giannenas et al., 2011) y en respuestas positivas en la eficiencia alimenticia de ganado bovino consumiendo dietas altas en energía (Meschiatti et al., 2019). Con respecto a la dosis de HyD se han observado respuestas positivas en bovinos de engorda en pastoreo con suplementación (dietas moderadas en energía) a dosis de 0.10 mg HyD/kg dieta (Gouvêa et al., 2019).

Tabla 1
Composición (BMS) de la dieta basal (dieta para crecimiento) suplementada con aceites esenciales más vitamina D₃ o con monensina sódica

Concepto	Aditivos	
	MON	AE+D ₃
Ingredientes, % MS		
Paja de trigo	23.00	23.00
Grasa	1.50	1.50
Melaza de caña	6.00	6.00
Maíz en hojuela	49.50	49.50
Monensina sódica ¹	+++	0.00
AE+HyD ²	0.00	+++
Granos secos de destilería con solubles	8.50	8.50
Pasta de soya	6.50	6.50
Zeolita	3.00	3.00
Premezcla proteína-mineral ³	1.20	1.20
Materia seca, %	82.75	82.75
Composición calculada de nutrientes ⁴		
Energía neta para mantenimiento, Mcal/kg	1.84	1.84
Energía neta para ganancia, Mcal/kg	1.21	1.21
Proteína cruda, %	14.01	14.01
Extracto etéreo, %	5.09	5.09
Fibra detergente neutra, %	27.48	27.48

Calcio, %	0.87	0.87
Fósforo, %	0.41	0.41

Nota: ¹ Monensina sódica dosificada a razón de 24 mg/kg de dieta BMS (Rumensin 90, Elanco, Salud Animal, Zapopan Jal., México); ² Aceites esenciales estandarizados (120 mg/kg de dieta base MS) combinado con 0.12 mg/kg de dieta base MS de 25-hidroxi-vitamina-D₃ (EO+HyD; CRINA-Ruminants y HyD; DSM Nutritional Products, México).
Elaboración propia.

Animales, dietas y tratamientos. Un total de 1,620 toretes cruce comercial (aprox. 50% cebú y el resto representado por razas europeas, principalmente angus y charolais en diversas proporciones) con aproximadamente 10 meses de edad y 217.8 ± 29.6 kg de peso vivo inicial fueron utilizados para evaluar el efecto de los tratamientos (figura 2). A la llegada a las instalaciones de la engorda, tres semanas previas al inicio del experimento los toretes fueron vacunados contra agentes virales IBR-PI3-BRSV (Express 5 HS, Boehringer Ingelheim Vetmedica, Inc., EE. UU.) contra agentes bacterianos infecciosos tales como clostridiales, *Mannheimia haemolytica* y *Pasteurella multocida* (BAR VAC 10 ways, Boehringer Ingelheim Vetmedica, Inc., USA), tratados contra parásitos internos y externos (Dectiver, Lapisá®, México) y vitaminados mediante inyección con 500,000 UI de vitamina A (Compol AD3E, Lapisá®, México). Los toretes se identificaron mediante arete y se implantaron con acetato de trembolona 200 mg/benzoato de 17-estradiol 20 mg (Revalor H, MSD, Salud Animal).

Tres semanas después, una vez adaptados a la dieta de crecimiento-finalización ofrecida durante el experimento, los toretes se pesaron individualmente (Báscula digital Braunker VO924, Capacidad 1000 kg, resolución 0.2 kg, Cd. México) previo al servicio matutino del alimento. Debido a que el alimento y el agua no se retiraron 18-h previo al pesaje, los pesos registrados al inicio y final del experimento se redujeron 4% (peso vivo registrado $\times 0.96$) (National Research Council, 2000); una vez pesado, el ganado se bloqueó por peso en dos bloques y se asignó al azar a los dos tratamientos (9 corrales/tratamiento, 90 toros/corral). Los corrales de 840 m² (21 m de largo \times 40 de ancho) contaban con comederos de 21 m orientados al norte y 126 m² de sombra, con bebederos ubicados en el centro de cada corral.

Manejo de alimentación. Para asegurar la concentración programada de aditivos en la dieta, las cantidades previstas de cada producto fueron pesadas en balanza de precisión (Signum, mod. SIW(x), Minebea Intec, México) y posteriormente mezclados (revolvedora cap. 1.2 m³, Grupo Cipsa, Puebla, México) durante 5 min con los ingredientes menores de la dieta (premezcla mineral y urea) previo a su incorporación al mezclado final con el resto de los ingredientes. Para evitar contaminación cruzada la revolvedora se limpió a fondo antes de la elaboración de cada tratamiento dietético. Las dietas se prepararon a intervalos semanales. Las asignaciones diarias de alimento para cada corral se ajustaron para permitir rechazos de alimento mínimos (< 5%) en el comedero. El ganado recibió alimento fresco dos veces al día a las 08:00 y 14:00 horas, ofreciendo aproximadamente 30% del consumo diario en la alimentación de la mañana y el resto en la alimentación de la tarde. Las muestras de alimento y de rechazo se recolectaron diariamente para el análisis de MS, que implicó el secado en horno de las muestras a 105 °C hasta peso constante, con el método 930.15 de la AOAC (2000).



Figura 2. Los toretes estudiados forman parte de cruce comercial cebú 50% y de las razas europeas angus y charolais. Fotografía cortesía del Dr. Alfredo Estrada-Angulo.

Cálculos de rendimiento productivo, eficiencia energética y morbilidad. Como resultado de que no todos los toretes fueron pesados el mismo día de su salida, la duración promedio de la prueba para el tratamiento MON fue de 128 días, mientras que para los toros que recibieron el tratamiento EO + HyD fue de 125.7 días. Para el cálculo de rendimiento productivo los toros se pesaron justo antes de la alimentación de la mañana en los días primero y último del experimento.

Los parámetros productivos fueron calculados considerando el promedio registrado por corral. La ganancia diaria promedio (GDP) se calculó restando el peso inicial del peso final y dividiendo el resultado por el número de días en alimentación para cada tratamiento (128 d para MON y 125.7-d para EO + HyD). La eficiencia para ganancia se calculó dividiendo la GDP por el consumo promedio diario de MS. Un enfoque actual para la evaluación de la eficiencia de la utilización de la energía dietética en los experimentos que evalúa el rendimiento del crecimiento es la determinación de la proporción de la energía neta (EN) observada con respecto a la energía neta esperada. Con base en las medidas de desempeño del crecimiento (CMS observado, GDP y el peso vivo promedio durante la etapa) es posible calcular la energía neta observada de la dieta para cada tratamiento por medio de la fórmula cuadrática de acuerdo con el procedimiento de Zinn, Barreras, Owens y Plascencia (2008) de la siguiente manera:

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2c}$$

donde $x = EN_m$ observado en la dieta (Mcal/kg), $a = -0.41EM$, $b = 0.877EM + 0.41CMS + EG$, y $c = -0.877CMS$. La EM representa energía requerida para el mantenimiento (EN_m , Mcal/d); mientras que la EG representa la energía requerida para la ganancia (EN_g ,

Mcal/d), éstas se estimaron usando las ecuaciones publicadas por National Research Council (2000) como sigue: $EM = 0.077 \times PV^{0.75}$ y $EG = GDP^{1.097} \times 0.0557 PV^{0.75}$ y el CMS corresponden al promedio diario de CMS (kg) registrado durante el experimento.

La estimación del CMS esperado se realizó con base en los valores observados de GDP, peso promedio y del contenido calculado de EN de la dieta (tabla 1) siguiendo la ecuación: $CMS \text{ esperado, kg/d} = (EM/EN_m) + (EG/EN_g)$, donde EM= energía requerida para el mantenimiento (Mcal/d), y EG= energía requerida para ganar (Mcal/d) y el divisor EN_m y EN_g son los valores correspondientes de EN de la dieta basados en la composición de ingredientes calculada de la dieta basal mostrada en la tabla 1.

Para determinar morbilidad, el ganado fue inspeccionado diariamente por el médico veterinario zootecnista responsable del área de salud de la engorda, auxiliado por dos médicos de apoyo asociados al proyecto. El ganado detectado como enfermo fue trasladado a los corrales de enfermería, tratado y devuelto a su corral de origen después de haber resuelto el problema clínico. El consumo de alimento se registró durante la estancia en los corrales de enfermería.

Análisis estadístico. El rendimiento del crecimiento (ganancia de peso, consumo de alimento y eficiencia para ganancia) y la energía de la dieta se analizaron como un diseño de bloques completos al azar usando el procedimiento MIXED del programa computacional SAS, donde el peso inicial fue el criterio de bloqueo (bloques= 2) y se consideró al corral como unidad experimental. Los efectos del tratamiento se consideraron significativos a $P \leq 0.05$ y se identificaron como tendencias cuando el valor de $P > 0.05$ y ≤ 0.10 .

RESULTADOS

De acuerdo con el consumo promedio de MS, el grupo que recibió MON consumió 191 mg de monensina diaria equivalente a una dosis de 0.625 mg de monensina/kg de peso corporal; mientras el grupo que recibió la combinación EO + HyD consumió diariamente 906 mg de EO más 0.91 mg de HyD equivalente a la dosis diaria de 2.95 y 0.003 mg/kg de peso corporal, respectivamente.

El efecto de los tratamientos se muestra en la tabla 2. El grupo que recibió EO + HyD mostró mayor ganancia diaria de peso (3%, $P = 0.04$), sin diferencia en el consumo diario de MS ($P = 0.63$); así, la eficiencia para ganancia fue 4.1% mayor ($P = 0.01$) para el grupo EO + HyD. Entonces, la diferencia en ganancia diaria de peso entre MON y EO + HyD no fue un reflejo por diferencias en el consumo de MS (y por tanto de energía), sino por un aumento en la eficiencia en la utilización de energía contenida en la dieta. En este sentido, basados en las medidas de desempeño del crecimiento, el suplementar con EO + HyD aumentó 3.1% ($P = 0.02$) la EN promedio de la dieta y 2.8% ($P = 0.02$) la proporción promedio de EN dietética observada vs. esperada en comparación con MON. La presentación de problemas de salud se debió principalmente a problemas digestivos (diarreas mecánicas) y, en menor medida, problemas respiratorios. La mayor frecuencia de problemas (>90%) de salud se observaron dentro de las primeras cuatro semanas del experimento, durante el cual las condiciones ambientales promediaron 18.8 °C y 70.97% de humedad relativa; por tanto, el ganado estuvo bajo condiciones climáticas favorables. Aun cuando la mortalidad fue baja (promedio= 1.79%) y sin diferencia entre los

tratamientos ($P= 0.74$), la morbilidad fue menor (2.72 vs. 6.17%, $P= 0.04$) para el ganado suplementado con EO + HyD.

DISCUSIÓN

La dosis diaria de MON (0.625 mg/kg PV) estuvo dentro de la dosis recomendada para aumentar la eficiencia, que es de 0.462 a 0.646 mg/kg de PV (Duffield et al., 2012; Tedeschi & Gorocica-Buenfil, 2018) en ganado de engorda. De la misma manera, la dosis diaria de EO (3 mg/kg PV) y HyD (0.003 mg/kg PV) estuvo dentro del rango de niveles que previamente demostraron mejoras en el rendimiento del crecimiento en ganado de engorda cuando se ofertaron por separado en dietas altas en energía (Carvalho & Perdigão, 2019; Meschiatti et al., 2019).

Tabla 2

Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento del crecimiento, la energía dietética y la morbilidad y mortalidad de los toros de corral de engorda que reciben una dieta suplementada con monensina o con una mezcla suplementaria de aceites esenciales más 25-hidroxi-Vit-D₃

Ítem	Tratamientos ¹		EEM	Valor-P
	MON	EO+HyD ₃		
No. inicial de animales	810	810		
No. final de animales	794	797		
Corrales réplica	9	9		
Días en experimento	128.0	125.7	2.56	0.53
Peso vivo (kg) ²				
Inicial	214.79	215.24	5.299	0.95
Final	395.52	398.51	5.426	0.71
Ganancia diaria promedio (kg)	1.412	1.458	0.014	0.04
Consumo de materia seca (kg/d)	7.652	7.554	0.084	0.63
Eficiencia para ganancia (kg/kg)	0.185	0.193	0.001	0.01
EN observada de la dieta				
Mantenimiento	1.91	1.96	0.014	0.02
Ganancia	1.26	1.31	0.013	0.02
Proporción observada-a-esperada de la EN de la dieta				
Mantenimiento	1.03	1.06	0.007	0.02
Ganancia	1.04	1.07	0.009	0.02
Morbilidad (%)	6.17	2.72	0.191	0.04
Mortalidad (%)	1.98	1.60	0.22	0.74

Nota: ¹MON= Monensina sódica dosificada a razón de 25 mg/kg de dieta BMS (Rumensin 90, Elanco, Salud Animal, Zapopan Jal., México); AE + HyD= Combinación del producto CRINA + HyD dosificada a razón de 120 mg EO más 0.10 g H y D/kg dieta BMS (DSM Nutritional Products, Basilea, Suiza, Nutritional Products, Basilea, Suiza).

² El peso vivo se convirtió a peso mermado mediante la multiplicación del peso registrado individualmente al inicio y al final del experimento por el factor de 0.96 (National Academy of Sciences, Engineering, and Medicine, 2016).
Elaboración propia.

En ganado de engorda son pocos los informes disponibles en relación con el efecto de los aceites esenciales suplementados solos o combinados en comparación con MON. De acuerdo con un metaanálisis realizado por Duffield et al. (2012), comparado con ganado sin suplementar, la disminución del consumo de MS es en promedio de 3.1% en el ganado que recibe MON (Duffield et al., 2012); sin embargo, el consumo de MS en el presente experimento fue similar entre EO y MON. Este resultado concuerda con los resultados reportados previamente (Latack, Montano, Zinn, & Salinas-Chavira, 2021), en el cual se informan consumos de MS similares en novillos Holstein alimentados con una dieta alta en energía (2.20 Mcal EN_m/kg) que contuvo una mezcla de aceites esenciales de cinamaldehído y eugenol dosificados a razón de 110 mg/kg de dieta contra el ganado que recibió la misma dieta, pero suplementada con 33 mg de MON/kg.

Mediante la misma mezcla de aceites esenciales usados en este experimento, Araujo et al. (2019) no informa diferencias en el consumo de MS cuando suplementó durante 77 días a novillos cruzados alimentados con una dieta alta en energía (2.05 Mcal EN_m/kg) suplementada con 150 mg/kg de dieta con una mezcla microencapsulada de aceites esenciales compuesta por carvacrol, cinamaldehído y eugenol o con 33 mg MON/kg. Asimismo, Tosefi et al. (2020) no observaron diferencias en toretes Nellore alimentados con una dieta moderada en energía (1.90 Mcal EN_m/kg) suplementados con 26 mg de MON/kg de dieta o bien con 90 mg/kg combinada con 540 mg/kg de una enzima amilasa exógena. En cambio, en otros estudios el ganado que es suplementado con EO presentó mayores consumos de MS (promedio 6.7%) comparado con aquellos que recibieron MON (Alves de Souza et al., 2019; Meyer et al., 2009; Ormaghi et al., 2017).

Considerando que generalmente la suplementación con EO a dietas para el ganado no tiene efectos sobre el consumo de MS (Meyer et al., 2009), las discrepancias que existen en relación con el comportamiento de consumo de MS entre los pocos estudios donde se compara EO y MON puede deberse a que la magnitud del efecto negativo de MON sobre el consumo es muy variable. En ese sentido, comparado con ganado sin suplementar, el efecto en la reducción del consumo de MS como resultado de la suplementación con MON se presenta desde muy evidente como reducciones de 10% (Benchaar, Duynisveld, & Charmley, 2006) hasta ausente (Montano, Manriquez, Salinas-Chavira, Torrentera, & Zinn, 2015; Pereira et al., 2019; Zinn, Plascencia, & Barajas, 1994). Esta variación ha sido atribuida a la dosis (Pereira et al., 2019), a efectos asociativos con componentes de la dieta (Ranga Niroshan Appuhamy et al., 2013) y a condiciones medioambientales (Barreras et al., 2013), entre otras.

Se han realizado algunos estudios que comparan los efectos del EO suplementario frente a la MON suplementaria sobre la eficiencia del rendimiento del crecimiento del ganado en corrales de engorda. En ese sentido, Meyer et al. (2009) observaron que, en comparación con una combinación de MON más el antibiótico tylosina, la suplementación diaria de 1000 mg de una mezcla de aceites esenciales (igual a la utilizada en el presente experimento) a novillos que consumieron una dieta de finalización alta en energía (2.05 Mcal EN_m/kg) tuvieron una GDP y una eficiencia para ganancia similar. Del mismo modo, la suplementación con 2000 mg EO/día vs. MON no afectó el crecimiento ni la eficiencia para ganancia en novillos y vaquillas alimentados con una dieta baja en energía (1.50 Mcal NE_m/kg) basada en ensilaje (Benchaar et al., 2006). De manera similar, Araujo et al. (2019) no detectaron diferencias en el rendimiento de crecimiento ni eficiencia para ganancia durante los primeros 56 días de la engorda (dieta conteniendo 1.51 Mcal EN_m/kg) ni durante los últimos 77 días de finalización con una dieta

conteniendo 2.05 Mcal EN_m/kg) a base de maíz en hojuela complementada con 150 mg EO/kg o con 33 mg MON/kg de dieta.

Por otra parte, Meschiatti et al. (2019) observaron que la suplementación de toros de corral de engorda con 834 mg EO/d aumentó en 6.9% el CMS y tendió a aumentar la GDP en 5.7%, respectivamente, con respecto a los toros que recibieron MON, sin diferencia en la eficiencia para ganancia. Todos estos investigadores concluyeron que la suplementación con EO resulta en las mismas respuestas productivas que el ganado suplementado con MON. La mayor ganancia de peso y eficiencia para ganancia observada en el presente experimento, comparado con los estudios donde se suplementó EO en forma separada, pudo ser reflejo de la combinación de los EO con HyD. En ganado en finalización ni la GDP ni la eficiencia ha sido aumentada por la inclusión de HyD a la dieta; sin embargo, ha aumentado el rendimiento y peso de la canal al sacrificio (Sabella Acedo et al., 2018). Martins et al. (2020) atribuyeron estos cambios en la canal al aumento observado en la expresión de genes correlacionados con el crecimiento muscular y la síntesis de proteínas cuando el ganado fue suplementado diariamente durante 100 días con 1 mg HyD.

Una perspectiva para abordar la eficiencia de la utilización de la energía de la dieta por parte del ganado es la proporción de NE dietética observada vs. esperada. La estimación de la EN dietética basada en medidas de rendimiento de crecimiento y sus derivaciones energéticas (EN dietética observada) permite comparar en qué proporción la EN dietética esperada, basada en la composición de la dieta, es utilizada por el ganado. Una proporción de NE dietética observada a esperada de 1.00 indica que el rendimiento del crecimiento (ganancia diaria) es consistente con los valores dietéticos teóricos de NE basados en tablas estándar de alimentación y el consumo de MS observado durante el experimento, lo que puede consultarse en la tabla 1 (National Academy of Sciences, Engineering, and Medicine, 2016).

Una relación superior a 1.00 es indicativo de una mayor eficiencia en la utilización de la energía alimentaria, mientras que una relación observado-a-esperado inferior a 1.00 indica una eficiencia de utilización de energía inferior a la esperada. Aplicando este principio a los datos de comportamiento obtenidos en el presente experimento, el ganado que consumió MON mostró un incremento de 3% de eficiencia en la utilización de la energía de la dieta. Este valor concuerda con el incremento promedio en eficiencia de 3.5% que reporta Duffield et al. (2012) en su estudio de metaanálisis que incluyó experimentos evaluado MON en ganado de engorda, los cuales fueron llevados a cabo en la década de 2000 a 2010. Informes previos indican que a concentraciones de 20 a 30 mg/kg de dieta aumenta la eficiencia en la utilización de la energía de la dieta debido a los efectos antimicrobianos selectivos promoviendo cambios en la fermentación ruminal que favorecen el aumento de las proporciones molares ruminales de propionato, disminuyendo de esta forma las pérdidas de energía por metano durante los procesos fermentativos a nivel ruminal (Da Silva Marques & Fernandes Cooke, 2021).

De la misma manera, el ganado que recibió EO + HyD mostró 6% de mejora en la eficiencia de la utilización de la EN de la dieta (coeficiente= 1.06). Los aceites esenciales solos o combinados afectan la fermentación ruminal y la absorción de nutrientes modificando la proporción de acetato:propionato, disminuyendo las pérdidas por metano e incrementan la retención de N de manera similar a MON (Cobellis, Trabalza-Marinucci, & Yu, 2016; Drouillard, 2018). No es extraordinario que de los pocos

reportes disponibles sobre la comparación de MON y EO en ganado de engorda, la mayoría indica pocas o nulas diferencias en relación con la eficiencia energética entre ambos aditivos. Por tanto, la diferencia en la eficiencia energética detectada en este experimento puede ser explicada por un efecto de sinergia en la combinación de EO con HyD, aunque es necesaria más investigación relacionada con este tema para corroborar los resultados aquí obtenidos.

Otra de las causas que pudo promover el mayor rendimiento productivo y la eficiencia en el ganado que recibió EO + HyD fue la menor morbilidad presente para ese grupo. Este efecto pudo ser provocado por el fortalecimiento del sistema inmune por EO y HyD que permite una más rápida recuperación a insultos infecciosos o de otra índole (Nehme et al., 2021; Nelson, Reinhardt, Lippolis, Sacco, & Nonnecke, 2012; Wherry et al., 2022). La morbilidad a menudo se asocia inversamente con el rendimiento del crecimiento del ganado de engorda (Erickson et al., 2011; Irsik, Langemeier, Schroeder, Spire, & Roder, 2006), en consonancia con el aparente efecto positivo de la suplementación con EO + HyD en el aumento de peso diario observado en el presente estudio. La mortalidad observada en el estudio se encuentra dentro del rango de mortalidad esperada para esta etapa de la engorda (Buda, Raper, Riley, & Peel, 2020).

CONCLUSIONES

La suplementación con monensina en la primera etapa de engorda incrementó la eficiencia de la utilización de la energía de la dieta en 3%. Con base en el rendimiento productivo (ganancia diaria, eficiencia para ganancia y eficiencia energética) la suplementación con la combinación estandarizada de aceites esenciales y 25-hidroxivitamina-D₃ (EO + HyD) al ganado durante la primera etapa de la engorda fue superior a la suplementación con monensina. El mejor desempeño para el ganado que recibió EO + HyD se puede explicar parcialmente por la menor morbilidad presentada. De acuerdo con los resultados obtenidos la combinación EO + HyD es una alternativa viable para reemplazar la monensina sódica en la formulación de alimentos para bovinos de engorda; sin embargo, más estudios son necesarios para sustentar estos resultados.

REFERENCIAS

- Alves de Souza, K., de Oliveira Monteschio, J., Mottin, C., Rogelio Ramos, T., de Moraes Pinto, L. A., Eiras, C. E., ... Nunes do Prado, I. (2019). Effect of diet supplementation with clove and rosemary essential oils and protected oils (eugenol, thymol and vanillin) on animal performance, carcass characteristics, digestibility, and ingestive behavior activities in Nellore heifers finished in feedlot. *Livestock Science*, 220, 190-195. doi: 10.1016/j.livsci.2018.12.026
- AOAC. (2000). *Official methods of analysis* (17^a ed.). MD, US: Association of Official Analytical Chemists.
- Araujo, R. C., Daley, D. R., Goodall, S. R., Jalali, S., Guimarães Bisneto, O. A., Budde, A. M., ... Engle, T. E. (2019). Effects of a microencapsulated blend of essential oils supplemented alone or in combination with monensin on performance and carcass

- characteristics of growing and finishing beef steers. *Applied Animal Science*, 35(2), 177-184. doi: 10.15232/aas.2018-01822
- Arteaga-Wences, Y. J., Estrada-Angulo, A., Gerardo Ríos-Rincón, F. G., Castro-Pérez, B. I., Mendoza-Cortez, D. A., Manriquez-Núñez, O. M., ... Plascencia, A. (2021). The effects of feeding a standardized mixture of essential oils vs monensin on growth performance, dietary energy and carcass characteristics of lambs fed a high-energy finishing diet. *Small Ruminant Research*, 205, 106557. doi: 10.1016/j.smallrumres.2021.106557
 - Azzaz, H. H., Murad, H. A., & Morsy, T. A. (2015). Utility of ionophores for ruminant animals: A review. *Asian Journal of Animal Science*, 9(6), 254-265. doi: 10.3923/ajas.2015.254.265
 - Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils – A review. *Food and Chemical Toxicology*, 46(2), 446-475. doi: 10.1016/j.fct.2007.09.106
 - Barreras, A., Castro-Pérez, B. I., López-Soto, M. A., Torrentera, N. G., Montaña, M. F., Estrada-Angulo, A., ... Zinn, R. A. (2013). Influence of ionophore supplementation on growth performance, dietary energetics and carcass characteristics in finishing cattle during period of heat stress. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 26(11), 1553-1561. <https://doi.org/10.5713/ajas.2013.13216>
 - Benchaar, C., Duynisveld, J. L., & Charmley, E. (2006). Effects of monensin and increasing dose levels of a mixture of essential oil compounds on intake, digestion and growth performance of beef cattle. *Canadian Journal of Animal Science*, 86(1), 91-96. Recuperado de <https://cdnsiencepub.com/doi/abs/10.4141/A05-027>
 - Buda, M., Raper, K. C., Riley, J. M., & Peel, D. S. (2020). Determinants of feedlot cattle death loss rates. *Journal of Applied Farm Economics*, 3(2), Article 1. doi: 10.7771/2331-9151.1037
 - Calsamiglia, S., Busquet, M., Cardozo, P. W., Castillejos, L., & Ferret, A. (2007) *Invited review: Essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation. Journal of Dairy Science*, 90(6), 2580-2595. doi: 10.3168/jds.2006-644
 - Carrillo-Herrera, J., Murillo-Ortiz, M., Herrera-Torres, E., Carrete-Carreón, F., Reyes-Estrada, O., & Livas-Calderón, F. (2016). Rendimiento productivo y calidad de la canal de becerros alimentados con precursor glucogénico. *Abanico Veterinario*, 6(1), 13-21. Recuperado de <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=65791>
 - Carvalho, V. V., & Perdigão, A. (2019). PSXIV-11 supplementation of 25-hydroxy-vitamin-D 3 and increased vitamin E as a strategy to increase carcass weight of feedlot beef cattle. *Journal of Animal Science*, 97 (Suppl. 3), 440. doi: 10.1093/jas/skz258.871
 - Cobellis, G., Tralbalza-Marinucci, M., & Yu, Z. (2016). Critical evaluation of essential oils as rumen modifiers in ruminant nutrition: A review. *Science of The Total Environment*, 545-546, 556-568. doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.12.103
 - Da Silva Marques, R., & Fernandes Cooke, R. F. (2021). Effects of ionophores on ruminal function of beef cattle. *Animals*, 11(10), 2871. doi: 10.3390/ani11102871
 - Drouillard, J. S. (2018). Current situation and future trends for beef production in the United States of America - A review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 31(7), 1007-1016. doi: 10.5713/ajas.18.0428
 - Duff, G. C., & Galyean, M. L. (2007). Board-invited review: Recent advances in management of highly stressed, newly received feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 85(3), 823-840. doi: 10.2527/jas.2006-501

- Duffield, T. F., Merrill, J. K., & Bagg, R. N. (2012). Meta-analysis of the effects of monensin in beef cattle on feed efficiency, body weight gain, and dry matter intake. *Journal of Animal Science*, 90(12), 4583-4592. doi: 10.2527/jas.2011-5018
- Erickson, G. E., Bremer, V. R., Klopfenstein, T. J., Smith, D. R., Hanford, K. J., Peterson, R. E., ... Krehbiel, C. R. (2011). Relationship between morbidity and performance in feedlot cattle. *2011 Nebraska Beef Cattle Report* (87-89). NE, US: The Board of Regents of the University of Nebraska. Recuperado de <https://beef.unl.edu/71f3a0bc-2c7a-4c49-b7fe-0681bd627feb.pdf>
- European Union. (18 de octubre de 2003). Regulation (EC) No. 1831/2003 of the European Parliament and of the Council of 22 September 2003 on additives for use in animal nutrition. *Official Journal of the European Union Legislation*, 46, 29-43. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32003R1831&rid=10>
- Giannenas, I., Skoufos, J., Giannakopoulos, C., Wiemann, M., Gortzi, O., Lalas, O., & Kyriazakis, S. (2011). Effects of essential oils on milk production, milk composition, and rumen microbiota in Chios dairy ewes. *Journal of Dairy Science*, 94(11), 5569-5577. doi: 10.3168/jds.2010-4096
- Gouvêa, V. N., Meschiatti, M. A. P., Moraes, J. M. M., Batalha, C. D. A., Dórea, J. R. R., Acedo, T. S., ... Santos, F. A. P. (2019). Effects of alternative feed additives and flint maize grain particle size on growth performance, carcass traits and nutrient digestibility of finishing beef cattle. *The Journal of Agriculture Science*, 157(5), 456-468. doi: 10.1017/S0021859619000728
- Irsik, M., Langemeier, M., Schroeder, T., Spire, M., & Roder, J. D. (2006). Estimating the effects of animal health on the performance of feedlot cattle. *The Bovine Practitioner*, 40(2), 65-74. Recuperado de <https://extension.vetmed.ufl.edu/wp-content/blogs.dir/3072/files/2012/02/Estimating-the-Effects-of-Animal-Health-on-the-Performance-of-Feedlot-Cattle.pdf>
- Latack, B. C., Montano, M. F., Zinn, R. A., & Salinas-Chavira, J. (2021). Effects of a blend of cinnamaldehyde-eugenol and capsicum (Xtract® Ruminant 7065) and ionophore on performance of finishing Holstein steers and on characteristics of ruminal and total tract digestion. *Journal of Applied Animal Research*, 49(1), 185-193. doi: 10.1080/09712119.2021.1934477
- Liu, Y., Espinosa, C. D., Abelilla, J. J., Casas, G. A., Lagos, L. V., Lee, S. A., ... Stein, H. H. (2018). Non-antibiotic feed additives in diets for pigs: A review. *Animal Nutrition*, 4(2), 113-125. doi: 10.1016/j.aninu.2018.01.007
- Martins, T. E., Acedo, T. S., Gouvea, V. N., Vasconcellos, G. S., Arrigoni, M. B., Martins, C. L., ... Sartor, A. B. (2020). PSVII-6 Effects of 25-hydroxycholecalciferol supplementation on gene expression of feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 98(Suppl.4), 302-303. doi: 10.1093/jas/skaa278.542
- Meschiatti, M. A. P., Gouvêa, V. N., Pellarin, L. A., Batalha, C. D. A., Bielhl, M. V., Acedo, T. S., ... Santos, F. A. P. (2019). Feeding the combination of essential oils and exogenous α-amylase increases performance and carcass production of finishing cattle. *Journal of Animal Science*, 97(1), 456-471. doi: 10.1093/jas/sky415
- Meyer, N. F., Erickson, G. E., Klopfenstein, T. J., Greenquist, M. A., Luebke, M. K., Williams, P., & Engstrom, M. A. (2009). Effect of essential oils, tylosin, and monensin on finishing steer performance, carcass characteristics, liver abscesses, ruminal fermentation, and digestibility. *Journal of Animal Science*, 87(7), 2346-2354. doi: 10.2527/jas.2008-1493
- 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. *Journal of Applied Animal Research*, 43(4), 417-425. doi: 10.1080/09712119.2014.978785
- National Academy of Sciences, Engineering, and Medicine (2016). *Nutrient requirements of beef cattle* (8^a ed.). DC, US: The National Academies Press. doi: 10.17226/19014
 - National Research Council. (2000). *Nutrient requirements of beef cattle* (7^a ed.). DC, US: The National Academies Press. doi: 10.17226/9791
 - Nehme, R., Andrés, S., Pereira, R. B., Jemaa, M. B., Bouhallab, S., Cecilian, F., ... Abdennebi-Najar, L. (2021). Essential oils in livestock: From health to food quality. *Antioxidants*, 10(2), 330. doi: 10.3390/antiox10020330
 - Nelson, C. D., Reinhardt, T. A., Lippolis, J. D., Sacco, R. E., & Nonnecke, B. J. (2012). Vitamin D signaling in the bovine immune system: A model for understanding human vitamin D requirements. *Nutrients*, 4(3), 181-196. doi: 10.3390/nu4030181
 - Ornaghi, M. G., Pasetti, R. A. C., Torrecilhas, J. A., Mottin, C., Vital, A. C. P., Guerrero, A., ... Prado, I. N. (2017). Essential oils in the diet of young bulls: Effect on animal performance, digestibility, temperament, feeding behaviour and carcass characteristics. *Animal Feed Science and Technology*, 234, 274-283. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2017.10.008
 - Pereira, M. C. S., Rigueiro, A. L. N., Oliveira, C. A. de, Soutello, R. V. G. de, Arrigoni, M. D. B., & Millen, D. D. (2019). Different doses of sodium monensin on feedlot performance, carcass characteristics and digestibility of Nelore cattle. *Acta Scientiarum. Technology*, 41(1), e34988. doi: 10.4025/actascitechnol.v41i1.34988
 - Ranga Niroshan Appuhamy, J. A. D., Strathe, A. B., Jayasundara, S., Wagner-Riddle, C., Dijkstra, J., France, J., & Kebreab, E. M. (2013). Anti-methanogenic effects of monensin in dairy and beef cattle: A meta-analysis. *Journal of Dairy Science*, 96(8), 5161-5173. doi: 10.3168/jds.2012-5923
 - Sabella Acedo, T., Goulard, R., Nunes de Gouvea, V., de Souza Floriano Machado de Vasconcellos, G., Roberto Leme, P., Saran Netto, A., & da Luz e Silva, S. (2018). PSXIV-24 effect of essential oils and exogenous enzyme on adaptation period of cattle fed different roughages sources. *Journal of Animal Science*, 96(Suppl. 3), 441-442. doi: 10.1093/jas/sky404.966
 - Samuelson, K. L., Hubbert, M. E., Galyean, M. L., & Löest, C. A. (2016). Nutritional recommendations of feedlot consulting nutritionists: The 2015 New Mexico State and Texas Tech University survey. *Journal of Animal Science*, 94(6), 2648-2663. doi: 10.2527/jas.2016-0282
 - Tedeschi, L. O., & 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. *Journal of Animal Science*, 96(6), 2474-2489. doi: 10.1093/jas/sky121
 - Thema, K., Mlambo, V., Snyman, N., & Mnisi, C. M. (2019). Evaluating alternatives to zinc-bacitracin antibiotic growth promoter in broilers: Physiological and meat quality responses. *Animals*, 9(12), 1160. doi: 10.3390/ani9121160
 - Toseti, L. B., Goulart, R. S., Gouvêa, V. N., Acedo, T. S., Vasconcellos, G. S. F. M., Pires, A. V., ... Silva, S. L. (2020). Effects of a blend essential oils and exogenous α -amylase in diets containing different roughage sources for finishing beef cattle. *Animal Feed Science and Technology*, 269, 114643. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2020.114643
 - Ustuner, H., Ardicli, S., Arslan, O., & Brav, F. C. (2020). Fattening performance and carcass traits of imported simmental bulls at different initial fattening age. *Large*

Animal Review, 26(4), 161-165. Recuperado de
<https://www.largeanimalreview.com/index.php/lar/article/view/161>

- Wherry, T. L. T., Dassanayake, R. P., Casas, E., Mooyottu, S., Bannantine, J. P., & Stabel, J. R. (2022). Exogenous vitamin D₃ modulates response of bovine macrophages to *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* infection and is dependent upon stage of Johne's disease. *Frontiers in Cellular Infection Microbiology*, 11, 773938. doi: 10.3389/fcimb.2021.773938
- World Health Organization. (7 de noviembre de 2017). Stop using antibiotics in healthy animals to prevent the spread of antibiotic resistance [Artículo en página web]. *World Health Organization*. Recuperado de <https://www.who.int/news/item/07-11-2017-stop-using-antibiotics-in-healthy-animals-to-prevent-the-spread-of-antibiotic-resistance>
- Zinn, R. A., Barreras, A., Owens, F. N., & Plascencia, A. (2008). Performance by feedlot steers and heifers: Daily gain, mature body weight, dry matter intake, and dietary energetics. *Journal of Animal Science*, 86(10), 2680-2689. doi: 10.2527/jas.2007-0561
- Zinn, R. A., Plascencia, A., & Barajas, R. (1994). Interaction of forage level and monensin in diets for feedlot cattle on growth performance and digestive function. *Journal of Animal Science*, 72(9), 2209-2215. doi: 10.2527/1994.7292209x



Esta obra está bajo una licencia internacional [Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Usted es libre de Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato
Adaptar — remezclar, transformar y construir a partir del material
La licencianta no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Atribución — Usted debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licencianta.

NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con propósitos comerciales.

CompartirIgual — Si remezcla, transforma o crea a partir del material, debe distribuir su contribución bajo la misma licencia del original.