

FINALIZACIÓN DE CORDEROS CON MALATO DE CALCIO Y ACEITES ESENCIALES EN LA DIETA
FINISHING LAMBS WITH CALCIUM MALATE AND ESSENTIAL OILS IN THE DIET

María Angelica Ortiz-Heredia¹, Pedro Arturo Hernández-Martínez², Juan de Dios Guerrero-Rodríguez³, Sergio Segundo González-Muñoz¹, José Ricardo Bárcena-Gama^{1§}

¹Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad. Km. 36.5 Carretera México-Texcoco. 56230. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. ²Universidad Autónoma Chapingo, Posgrado en Producción Animal. Km 38.5 Carretera México-Texcoco. 56230, Chapingo, Estado de México, México. ³Colegio de Postgraduados, Campus Puebla, Km. 125.5, Carretera Federal México-Puebla 72760, Santiago Momoxpan, Puebla, México. [§]Autor para correspondencia: (rbarcena@colpos.mx).

RESUMEN

Los aceites esenciales y el malato de calcio han sido propuestos como aditivos alimenticios para mejorar la eficiencia de transformación de alimentos en rumiantes consumiendo dietas altas en grano. El objetivo del estudio fue analizar el comportamiento productivo y características de la canal de corderos suplementados con aceites esenciales, malato de calcio y su combinación. Cuarenta corderos cruce comercial (20 ± 3 kg) de 4 meses de edad, fueron distribuidos aleatoriamente en cuatro tratamientos: dieta basal (DB) sin aditivos, como grupo control (CTL); DB complementada con 150 g t^{-1} de aceites esenciales (AE); DB con 2.5 kg t^{-1} de malato de calcio (MC); y DB con AE+MC a las dosis usadas individualmente. La ganancia diaria de peso, consumo de alimento, conversión y eficiencia alimenticia a 14, 28, 42, 56 d no fueron diferentes ($P < 0.05$) entre tratamientos. El peso de la canal fría, rendimiento de la canal caliente y fría fueron mayores ($P < 0.05$) en corderos con AE vs. MC. El rendimiento de la canal caliente tendió ($P = 0.08$) a ser mayor en AE vs. DB. Una tendencia ($P = 0.19$) similar se observó para el rendimiento de la canal fría en AE vs. DB. La inclusión de AE, MC AE+MC no modifica la ganancia diaria de peso y eficiencia alimenticia, pero el peso de canal fría, rendimiento de la canal caliente y fría se mejoran con el uso de AE.

Palabras clave: Canal, corral de engorda, desempeño, fermentación ruminal, rendimiento.

ABSTRACT

Essential oils and calcium malate are considered feed additives that improve the efficiency of feed utilization in ruminants fed high grain diets. The aim of the study was to analyze performance and carcass traits of lambs fed a diet added with essential oils and calcium malate or their combination. Forty commercial crossbreed lambs (20 ± 3 kg) 4 months-old were randomly distributed in four treatments: basal diet (BD) without additives, as a control group (CTL); BD supplemented with 150 g t^{-1} of essential oils (EO); BD with 2.5 kg t^{-1} of calcium malate (CM); and BD with EO + CM at the used doses individually. Daily weight gain, feed intake, conversion and efficiency at 14, 28, 42 and 56 days on feed were not different ($P < 0.05$) among treatments. Cold carcass weight, hot carcass yield and cold were higher ($P < 0.05$) in lambs with OE than CM. Hot carcass yield tended to be higher ($P = 0.08$) in EO than BD. Similar trend ($P = 0.19$) was found in cold carcass yield between EO and BD. Addition of EO, CM and of EO+CM to the diet have no effect on daily weight gain and feed efficiency, but cold carcass weight, hot carcass yield and cold improve when the diet has EO.

Index words: Carcass, feedlot, performance, ruminal fermentation, yield.

INTRODUCCIÓN

Las dietas para lograr altas ganancias diarias de peso en corderos en sistemas intensivos de finalización son de precio alto debido a ingredientes de alto costo como los granos energéticos maíz y sorgo y fuentes de proteína como las harinas y pastas de oleaginosas (Mendoza *et al.*, 2007). En los corderos finalizados con dietas altas en almidón es recurrente la presencia de acidosis subclínica. Una práctica común para prevenir este desorden digestivo es el empleo de ionóforos antibióticos como lasalocid y monensina, que actúan como modificadores de fermentación ruminal (Gonzalez-Momita *et al.*, 2009), sin embargo, su uso se ha limitado en los últimos 10 años por problemas de inocuidad del producto final. Ante esta situación, investigaciones recientes han buscado validar nuevos aditivos que mejoren la eficiencia de uso de estas dietas, a través de una dinámica poblacional microbiana del rumen que origine una fermentación con menor transferencia de la energía de los alimentos consumidos a compuestos como el metano que el rumiante no puede usar en sus procesos metabólicos (Murguía *et al.*, 2003; Benchaar *et al.*, 2011; Carberry *et al.*, 2014).

Los aceites esenciales vegetales agregados a dietas para rumiantes, pueden favorecer un ecosistema ruminal con menor liberación de metano, y así, aumentar la eficiencia de uso de dichas dietas logrando sostener igual ganancia diaria de peso con un menor consumo de alimento en comparación a dietas sin la adición de dichos aceites (Giannenas *et al.*, 2011). Además de aceites esenciales vegetales, compuestos como el malato de calcio, forma ionizada del ácido málico, estimula una dinámica poblacional de *Selenomonas ruminantium* que favorece una fermentación ruminal con una mayor extensión de uso del lactato evitando la transferencia de la energía de los alimentos consumidos a compuestos que el rumiante no puede integrar a su metabolismo (Evans y Martin, 1997; Martínez-González, 2015).

Existe escasa investigación sobre un posible efecto sinérgico sobre la dinámica ruminal de corderos que puede tener el uso concomitante de aceites esenciales y malato de calcio cuando se incluyen en la dieta. El objetivo del este estudio fue analizar el proceso de finalización de corderos alimentados con una dieta para alta ganancia diaria de peso con la adición de aceites esenciales y malato de calcio mediante un ensayo controlado de alimentación para generar información objetiva que valide el uso de los aditivos mencionados como opciones para la mejora de este proceso.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio recibió la aprobación institucional y se condujo de acuerdo con lo establecido en el reglamento de uso y cuidado de animales destinados a la investigación en el Colegio de Postgraduados y la norma mexicana para el cuidado de animales (NOM-062-ZOO-1999). El experimento fue llevado a cabo en las instalaciones de la Granja Experimental del Colegio de Posgraduados campus Montecillo, Estado de México, México (coordenadas: 19.52°N, 98.88°O y 2250 msnm), con temperaturas medias de 24 °C, entre septiembre y noviembre de 2020.

Para esta investigación se usaron 36 corderos machos y cuatro hembras con peso inicial de 20 ± 3 kg y 4 meses de edad, que fueron agrupados por peso inicial en cinco bloques, cada uno de ocho corderos, los corderos dentro de cada bloque fueron asignados al azar a uno de cuatro tratamientos. El diseño experimental fue de bloques completos al azar con dos unidades experimentales por tratamiento dentro de bloque, la unidad experimental fue un cordero alojado en una corraleta individual de 2 m² equipada con comedero y bebedero. En este ensayo se evaluaron cuatro tratamientos: dieta basal sin aditivos fue el grupo control (CTL); dieta basal con 150 g t⁻¹ de una mezcla de aceites esenciales (AE; Emerald®, Nutryplus, México); dieta basal con 2.5 kg t⁻¹ de malato de calcio (MC; Rumalato®, Norel México); y dieta basal con 50 g t⁻¹ de los aceites esenciales y 2.5 kg t⁻¹ de malato de calcio (AE+MC). La mezcla de aceites esenciales contenía timol, carvacrol y eucaliptol. La dieta basal se muestra en el cuadro 1, la formulación de la misma se hizo siguiendo las recomendaciones y estimaciones nutrimentales del NRC (2007) para una ganancia diaria de peso de 300 g/d.

Cuadro 1. Ingredientes y aporte nutrimental de la dieta basal.

Ingrediente	Aporte (g kg ⁻¹ de MS)
Maíz molido	305
Sorgo molido	300
Heno de avena	160
Pasta de soya	160
Caña melaza	50
Premezcla de minerales y vitaminas [†]	20
Grasa de sobrepaso (jabón cálcico)	5
Composición nutricional calculada	
Proteína cruda (g kg ⁻¹ de MS)	150
Energía metabolizable (MJ kg ⁻¹ de MS)	11.30
Fibra detergente ácido (g kg ⁻¹ de MS)	110.60
Fibra detergente neutro (g kg ⁻¹ de MS)	194.20
Calcio (g kg ⁻¹ de MS)	11.50
Fósforo (g kg ⁻¹ de MS)	4

[†]Composición declarada (g, mg, o UI kg⁻¹): 240 g de Ca; 30 g de P; 20 g de Mg; 80 g de Na; 120 g de Cl; 5 g de K; 5 g de S; 5 mg de Cr; 4000 mg de Mn; 2000 mg de Fe; 5000 mg de Zn; 100 mg de I; 30 mg de Se; 60 mg de Co; 500000 UI de vitamina A; 150000 UI de vitamina D; 1000 UI de vitamina E.

La dieta se sirvió diariamente a las 7:00 y 16:00 h, iniciando con 1.2 kg cordero⁻¹ d⁻¹ e incrementando 10% sobre el consumo próximo anterior en días posteriores. El alimento se ofreció *ad libitum*, para garantizar consumo voluntario. El agua se ofreció en cubetas de 20 L de capacidad, el agua consumida se reponía diariamente para asegurar que hubiese agua disponible para el cordero las 24 h, las cubetas se limpiaban totalmente cada tercer día. Las variables medidas y calculadas se registraron luego de un período de 10 días en que los corderos se adaptaron a la dieta y corraleta asignadas, y durante un período de 56 días. Las cantidades de dieta ofrecida y rechazada se pesaron diariamente, una muestra compuesta de porciones de tres días consecutivos se usó para determinar contenido de materia seca (AOAC, 1997), la diferencia de lo ofrecido menos lo rechazado por día fue el consumo diario de dieta, todo expresado en base seca. Los corderos se pesaron al inicio y luego cada 14 días, el pesaje se hizo antes del ofrecimiento matutino. La ganancia diaria de peso se calculó para cada dos pesajes consecutivos. La conversión y eficiencia alimenticia se calcularon, la primera como el resultado de dividir la ganancia de peso entre el consumo diario, la segunda al dividir el consumo entre la ganancia de peso diario.

En los días 20 y 56 del período de mediciones se midieron grosor de la grasa dorsal y área del músculo *Longissimus dorsi* en todos los corderos, para la medición se usó un equipo de ultrasonido (Sono Vet 600®, KeeboMed Inc, Illinois, USA), con un transductor de 7.5 MHz. Nueve corderos por tratamiento fueron sacrificados al final de los 56 días del período de mediciones, en ellos se registraron los pesos de la canal caliente y fría, el segundo se registró luego de 24 h de almacenamiento en refrigeración a -4 °C, con estos pesos se calcularon los rendimientos en canal, caliente y frío, ambos fueron el resultado de dividir el peso respectivo de la canal entre el peso vivo al sacrificio y expresado en porcentaje. Al sacrificio el rumen de cada cordero se vació, limpió y pesó.

Para el análisis económico se consideró el costo de adquisición de las materias primas y los corderos (2.08US\$ kg⁻¹), además del precio al que se pagaba la canal fría de cordero (5 US\$ kg⁻¹) entre septiembre y diciembre de 2020. Para el cálculo del costo de mano de obra se tomó en cuenta el salario mínimo diario en el centro de México que fue de 7.19 US\$ y se multiplicó por 56 de evaluación y se dividió entre los 40 corderos. Para el cálculo del costo de alimentación se multiplicó el consumo de cada dieta en base húmeda

por su costo, esto se sumó al costo de adquisición de los corderos y mano de obra. La suma de estos rubros se restó al ingreso por la venta de la canal fría y la diferencia fue la utilidad expresada en US\$ cordero⁻¹.

Los datos fueron analizados de acuerdo a un diseño de bloques completos al azar y el criterio de bloqueo fue el peso inicial. Se tuvieron dos unidades experimentales por tratamiento dentro de bloque. El modelo estadístico fue el siguiente: $Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ijk}$ donde Y_{ijk} es la variable respuesta; μ = media general, τ = es el efecto de tratamiento ($i = 1 \dots 4$); β = es efecto aleatorio de bloque ($j = 1 \dots 5$); ε_{ijk} = error aleatorio con media 0 y varianza σ^2 . Se tuvieron 10 réplicas por tratamiento, excepto para características de la canal e ingreso por venta de la canal fría, donde se usaron 9. Todos los análisis de datos se realizaron empleando el PROC MIXED del programa estadístico SAS 9.4 (SAS Institute, 2013). Cuando se detectaron diferencias entre tratamientos, las medias de mínimos cuadrados fueron comparadas empleando la prueba de Tukey, considerando un efecto significativo cuando $P < 0.05$, y tendencias cuando $P \leq 0.1$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los pesos vivos en cada momento de medición, la ganancia diaria de peso, el consumo diario de dieta y la conversión y eficiencia alimenticias por período y en todo el período de medición fueron iguales ($P > 0.05$) para todos los tratamientos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Parámetros productivos de corderos finalizados con dietas complementadas con aceites esenciales, malato de calcio o su combinación.

Parámetros [§]	Tratamientos [†]				EEM [¶]	Valor de P
	CTL	AE	MC	AE+MC		
Animales, <i>n</i>	10	10	10	10		
Peso inicial, kg	20.02	20.25	19.61	20.35	0.44	0.64
Peso final a 56 d, kg	41.19	41.54	39.71	42.24	1.68	0.21
GDP, 0 a 56 d, kg d ⁻¹	0.38	0.38	0.36	0.39	0.01	0.40
CMS, 0 a 56 d, kg d ⁻¹	1.42	1.41	1.36	1.42	0.06	0.52
CA, 0 a 56 d	3.78	3.76	3.83	3.65	0.16	0.83
EFA, 0 a 56 d	0.26	0.27	0.27	0.28	0.01	0.67

Valores dentro de fila con distinta literal son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

[†]CTL, grupo control, dieta basal sin aditivos; AE, mezcla de aceites esenciales (timol, carvacrol, eucaliptol); MC, malato de calcio; AE+MC, combinación de aceites esenciales y malato de calcio. [§]GDP, ganancia diaria de peso; CMS, consumo de materia seca; CA, conversión alimenticia; EFA, eficiencia alimenticia. [¶]EEM= error estándar de la media.

La ganancia diaria de peso estuvo en un intervalo de 340 a 420 g cordero⁻¹, lo que permite señalar que la dieta usada sí promovió una alta ganancia de peso, dentro del nivel esperado ya que la dieta se calculó para ganar 300 g d⁻¹. La adición a la dieta de la mezcla de aceites esenciales, malato de calcio y la combinación de ambos, no generó mejoría en el proceso de finalización de los corderos en comparación a la dieta sin aditivos agregados, esta situación de nula mejoría contrasta con lo registrado por Chaves *et al.* (2008) quienes al agregar a la dieta aceites esenciales de canela, ajo y enebro, a una dosis de 200 mg kg⁻¹ de MS registraron mejoría en la conversión alimenticia y ganancia diaria de peso de corderos. La diferencia podría estar condicionada por la composición de aceites esenciales (timol, carvacrol, eucaliptol) y la dosis empleada en este estudio 90 mg kg⁻¹. Los resultados de este estudio también contrastan con Flores *et al.* (2003) quienes reportaron una mejora significativa de la conversión alimenticia (18%) en corderos de la raza Manchega suplementados con malato de calcio (2.5 kg t⁻¹). En este caso la diferencia entre estudios, a pesar de usar la misma dosis de malato de calcio, pudo ser dependiente del peso de entrada 14.9 kg vs. 20

kg PV, la raza y el aporte de proteína cruda de la dieta 18% vs 15% el nivel de forraje en la dieta, 0% vs. 15% el tipo de grano predominante cebada, maíz vs. maíz y sorgo. El tipo de grano predominante en la dieta que se ha probado modifica el desempeño de los corderos (Flores *et al.*, 2003).

La ausencia de diferencias significativas en este estudio coincide con los reportado Malekhahi *et al.* (2014) quienes no observaron diferencias en consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia en corderos Baluchi suplementados con 400 mg d⁻¹ de una mezcla aceites esenciales (timol, carvacrol, eugenol, limoneno, y cimaldehido), o 4 g d⁻¹ de malato de calcio. Mungó *et al.* (2012) tampoco observaron mejoras en el desempeño de corderos de la raza Manchega suplementados con malato de calcio a 2 kg t⁻¹ de alimento. Esta experiencia previa fue confirmada por Loya-Olguin *et al.* (2019) quienes no observaron una mejora significativa en el desempeño productivo de corderos Pelibuey al ofrecer 4 g d⁻¹ de DL-ácido málico. Los tratamientos mostraron efecto ($P < 0.05$) en el peso de la canal fría y los rendimientos en canales caliente y fría; peso de la canal caliente y de rumen, grosor de grasa y área de músculo *Longissimus dorci* a 20 y 56 d del período de mediciones se mantuvieron iguales a través de los cuatro tratamientos evaluados (Cuadro 3).

Cuadro 3. Características de la canal y peso de rumen de corderos finalizados con dietas adicionadas con aceites esenciales, malato de calcio o su combinación.

Parámetros [§]	Tratamientos [†]				EEM [¶]	Valor de P
	CTL	AE	MC	AE+MC		
Animales, <i>n</i>	9	9	9	9		
PCC, kg	21.72	22.76	20.71	22.71	0.79	0.08
PCF, kg	20.59ab	21.68a	19.29b	21.59ab	0.77	0.03
RCC, %	52.80ab	54.70a	52.61b	53.75ab	0.52	0.03
RCF, %	50.08ab	52.08a	49.05b	51.11ab	0.66	0.02
PRV, kg	1.98	2.25	2.26	2.11	0.13	0.36
GGD, mm						
20 d	2.30	2.10	2.00	2.10	0.10	0.24
56 d	4.05	4.10	4.10	4.15	0.10	0.92
AMLD, mm ²						
20 d	746.00	804.00	729.80	789.40	43.78	0.34
56 d	1139.43	1118.87	1216.18	1091.50	67.56	0.59

Valores dentro de fila con distinta literal son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

[†]CTL, dieta basal, sin aditivos; AE, mezcla de aceites esenciales, (timol, carvacrol, eucaliptol); MC, malato de calcio; AE+MC, combinación de aceites esenciales y malato de calcio. [§]PCC, peso de la canal caliente; PCF, peso de la canal fría; RCC, rendimiento de la canal caliente; RCF, rendimiento de la canal fría; PRV, peso del rumen vacío; GGD, grosor de grasa dorsal; AMLD, área del musculo *Longissimus dorci*. [¶]EEM: error estándar de la media.

El efecto significativo de los tratamientos en peso de la canal fría y los rendimientos en canal se explican en la diferencia registrada entre los corderos con la dieta adicionada con aceites esenciales vegetales en comparación con los alimentados con la dieta con malato de calcio. La canal fría en los primeros fue casi 13% más pesada que en los segundos, y los rendimientos de canal caliente y fría, de los primeros registraron 2.1 y casi 3 unidades porcentuales por arriba de los segundos, respectivamente. Los corderos alimentados con la dieta sin aditivos o con la combinación de ambos mostraron siempre valores intermedios y similares a los extremos. Estos resultados contrastan con otros investigadores (Carro *et al.*, 2006) quienes no detectaron diferencias en el peso de la canal fría (12 kg) y rendimiento de la canal fría (48.2%) de corderos de la raza Manchega suplementados con malato de calcio. El contraste en los resultados puede estar

relacionado al bajo peso de sacrificio en el estudio citado, 25 kg comparado a los 41 kg de esta investigación. Loya-Olguin *et al.* (2019) no observaron diferencia en el peso de la canal caliente y rendimiento de la canal caliente de corderos Pelibuey suplementados con 4 g d⁻¹ de DL-ácido málico, lo que coincide con lo encontrado en esta investigación y pone en evidencia que el malato de calcio no afecta la deposición de proteína muscular.

El grosor de la grasa dorsal y el área del músculo *Longissimus dorci* a los 20 y 56 días no fue diferente entre tratamientos. Tampoco el peso del rumen vacío fue afectado por la adición de AE o MC. Estos resultados coinciden con otras investigaciones (Loya-Olguin *et al.*, 2019) en cuanto a grosor de grasa dorsal, sin embargo, contrastan en el área del músculo de la espalda y esto se debió a que en su estudio Loya-Olguin *et al.* (2019) midieron el área de la sección conocida como *Longissimus lumbarum*. La ausencia de diferencias en el grosor de grasa dorsal en esta investigación puede deberse a que se sacrificaron corderos jóvenes con baja tendencia a depositar grasa, pues aún no alcanzan la madurez química.

La misma tendencia se observó para la utilidad total por cordero, donde los animales tratados con aceites esenciales mostraron una diferencia ($P < 0.05$) de 10.4 dólares respecto al grupo tratado con malato de calcio y de 4.8 dólares respecto al grupo control, aunque con este último la diferencia fue solo numérica. Los indicadores económicos observados en los corderos alimentados con las dietas complementadas con aceites esenciales o su combinación con malato de calcio en general mostraron que estas dos opciones tecnológicas pueden ayudar una opción para mejorar el proceso de finalización de corderos.

El costo de alimentación no fue diferente entre tratamientos ($P > 0.05$), sin embargo, el ingreso por la venta de la canal fría, fue 11.62 dólares mayor ($P < 0.05$) en los corderos suplementados con aceites esenciales respecto a los tratados con malato de calcio, aunque similar al grupo control y la combinación aceites esenciales y malto (Cuadro 4).

Cuadro 4. Indicadores económicos del proceso de finalización de corderos alimentados con dietas adicionadas con aceites esenciales, malato de calcio o su combinación.

Parámetros [§]	Tratamientos [†]				EEM [¶]	Valor de P
	CTL	AE	MC	AE+MC		
Animales, <i>n</i>	10	10	10	10		
Precio de la dieta, USD kg ⁻¹	0.21	0.22	0.22	0.23		
Costo de compra, USD animal ⁻¹	41.71	42.19	40.86	42.40	2.90	0.65
Costo de manejo, USD animal ⁻¹	17.19	17.19	17.19	17.19		
Costo de alimentación, USD animal ⁻¹	16.89	17.16	16.88	18.10	0.70	0.21
Ingreso por venta de CF, USD animal ⁻¹	98.22ab	103.61a	91.99b	102.83ab	3.67	0.04
Utilidad, USD animal ⁻¹	32.97ab	37.79a	27.38b	34.96ab	2.40	0.03

Valores dentro de fila con distinta literal son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

[†]CTL, grupo control, dieta basal sin aditivos; AE, mezcla de aceites esenciales (timol, carvacrol, eucaliptol); MC, malato de calcio; AE+MC, combinación de aceites esenciales y malato de calcio. [§]USD, dólares de Estados Unidos de América; CF, canal fría. [¶]EEM = error estándar de la media.

CONCLUSIONES

La finalización de corderos con dietas para alta ganancia diaria de peso puede mejorar en peso de la canal fría y rendimientos en canal caliente y fría si a la dieta se le agrega una mezcla de aceites esenciales vegetales; sin embargo, para influir positivamente en otros componentes del proceso de finalización de

corderos mediante la adición de aceites esenciales deberá hacerse mayor investigación. Los componentes del proceso de finalización de corderos no se mejoran aun cuando la dieta para alta ganancia diaria de peso sea adicionada con malato de calcio. Aunque los indicadores económicos fueron mejores en los corderos complementados con aceites esenciales.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y al Colegio de Postgraduados por el financiamiento de esta investigación. Al MC Oscar Vazquez-Mendoza por la revisión de este manuscrito.

LITERATURA CITADA

- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1997: Official methods of analysis, 15th edn. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA.
- Benchaar, C. and H. Greathead. 2011. Essential oils and opportunities to mitigate enteric methane emissions from ruminants. *Animal Feed Science and Technology* 166–167:338-355. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2011.04.024>.
- Ronquillo, J.C.C., J.E.H. Hernández, O.A.V. Espino-Barros, F.J.F. Guerra, y C.A.C. Becerra. 2018. Análisis económico de la engorda de ovinos en una granja integral en el estado de Puebla, México. *Revista Mexicana de Agronegocios* 42:819-827. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14156175001>.
- Carberry, C.A., D.A. Kenny, A.K. Kelly, y S.M. Waters. 2014. Quantitative analysis of ruminal methanogenic microbial populations in beef cattle divergent in phenotypic residual feed intake (RFI) offered contrasting diets. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 5:41. <http://doi:10.1186/2049-1891-5-41>.
- Carro, M.D., M.J. Ranilla, F.J. Giráldez, y A.R. Mantecón. 2006. Effects of malate on diet digestibility, microbial protein synthesis, plasma metabolites, and performance of growing lambs fed a high-concentrate diet. *Journal of Animal Science* 84:405–410. <https://doi:10.2527/2006.842405x>.
- Chaves, A.V., K. Stanford, M.E.R. Dugan, L.L. Gibson, T.A. McAllister, F. Van Herk and C. Benchaar. 2008. Effects of cinnamaldehyde, garlic and juniper berry essential oils on rumen fermentation, blood metabolites, growth performance, and carcass characteristics of growing lambs. *Livestock Science* 117:215–224. <https://doi:10.1016/j.livsci.2007.12.013>.
- Flores, C., R. Caja, R. Romero and J. Mesiá. 2003. Efectos del malato (Rumalato®) en piensos de engorde de cebada o maíz: II. Digestibilidad de nutrientes. Pages 747–749 in X Jornadas sobre Producción Animal. ITEA Vol Extra N°. 24 tomo II, Zaragoza, España. Disponible en: https://www.aida-itea.org/aida-itea/files/jornadas/2003/comunicaciones/2003_NyA_53.pdf
- Giannenas, I., J. Skoufos, C. Giannakopoulos, M. Wiemann, O. Gortzi, S. Lalas y I. Kyriazakis. 2011. Effects of essential oils on milk production, milk composition, and rumen microbiota in Chios dairy ewes. *Journal of Dairy Science* 94:5569–5577. <https://doi:10.3168/jds.2010-4096>.
- Gonzalez-Momita, M.L., J.R. Kawas, R. García-Castillo, C. Gonzalez-Morteo, J. Aguirre-Ortega, G. Hernandez-Vidal, H. Fimbres-Durazo, F.J. Picón-Rubio y C.D. Lu. 2009. Nutrient intake, digestibility, mastication and ruminal fermentation of Pelibuey lambs fed finishing diets with ionophore (monensin or lasalocid) and sodium malate. *Small Ruminant Research* 83:1–6. <https://doi:10.1016/j.smallrumres.2008.11.008>.
- Loya-Olguin, J.L., F. Ávila-Ramos, S. Martínez-González, I.A. García-Galicia, A.D. Alarcón-Rojo y F. Escalera-Valente. 2019. DL-malic acid supplementation improves the carcass characteristics of finishing Pelibuey lambs. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 10:460–472. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i2.4454>
- Malekkhahi, M., A.M. Tahmasbi, A.A. Naserian, M. Danesh Mesgaran, J.L. Kleen y A.A. Parand. 2015. Effects of essential oils, yeast culture and malate on rumen fermentation, blood metabolites, growth performance and nutrient digestibility of Baluchi lambs fed high-concentrate diets. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 99 (2): 221-229. <https://doi.org/10.1111/jpn.12230>.

- Martínez-González, S., F. Escalera-Valente, A.A. Gómez-Danés, A. Plascencia, J.L. Loya-Olguin, J.C. Ramirez-Ramirez, A. Barreras, Y.S. Valdés-García y J. Aguirre-Ortega. 2015. Influence of levels of DL-malic acid supplementation on milk production and composition in lactating Pelibuey ewes and pre-weaning weight gain of their suckling kids. *Journal of Applied Animal Research* 43(1): 92-96. <https://doi:10.1080/09712119.2014.899496>.
- Mendoza, M., G.D., F.X.P. Plata, M.M. Ramirez, M.A.D. Mejia, H.R. Lee y R.G. Bárcena. 2007. Evaluación de alimentos integrales para el engorde intensivo de ovinos. *Revista Científica, FCV-LUZ* Vol. XVII, No 1:66-71.
- Mungói, M., C. Flores, R. Casals y G. Caja. 2012. Effect of malate and starch source on digestibility and nutrient balance of growing-fattening lambs. *Animal Feed Science and Technology* 174:154–162. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.03.016>.
- National Research Council (NRC) 2007. *Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids*. National Academies Press, Washington, D.C. USA. 362 p.
- Pinos, R., J.M. y S.S.M. González. 2000. Efectos biológicos y productivos de los ionóforos en rumiantes. *Interciencia* 25: 379–385. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33905004>.
- SAS Institute (2013). *Base SAS® 9.4 Procedures guide: Statistical procedures*. Second edition. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA. 550 p.