

Parámetros productivos de corderos alimentados con dietas de diferente concentración de vainas de *Prosopis laevigata*

Performance of lambs fed diets with different concentration of *Prosopis laevigata* pods

*Ignacio Mejía-Haro¹, Lesly Ivonne Soria-Rodríguez¹, Benjamín Ortiz-de la Rosa², Víctor M. Marín-Perales³,
Julio P. Ramón-Ugalde², Juan Rivera Lorca² y Mauricio Ramos-Dávila¹

¹Instituto Tecnológico El Llano, TecNM. Aguascalientes, Ags., México. Bahía de San Blas 120, Fcc. Los Sauces, Aguascalientes, Ags. México, 20016. Correo electrónico (ignacio.mh@llano.tecnm.mx).

²Instituto Tecnológico de Koncal, TecNM. Mérida, Yucatán, México.

³Instituto Tecnológico de Torreón, TecNM. Torreón, Coah., México.

*Autor de correspondencia

Resumen

El objetivo del estudio fue evaluar los efectos en los parámetros productivos y productos de la fermentación ruminal de dietas para corderos en una prueba de comportamiento con 18 corderos distribuidos al azar en tres dietas-tratamiento con diferente concentración de vainas de mezquite molidas (VMM): 0% (T1), 15% (T2) y 30% (T3). Se determinó la composición nutricional de VMM y las dietas; se midió el consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia; y se determinaron los ácidos grasos volátiles (AGV) y nitrógeno amoniacal (N-NH₃) en rumen. La ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia fueron similares ($p > 0.05$) entre tratamientos, al igual que los AGV y N-NH₃ ($p > 0.05$). La vaina de mezquite aporta un contenido nutricional adecuado para utilizarse en dietas de corderos al 15% o 30% sin afectar los parámetros productivos.

Palabras clave: Vainas de mezquite; ovinos; ganancia de peso.

Abstract

The objective of the study was to evaluate the effects on performance and products of ruminal fermentation of lamb diets in a sheep trial composed of 18 male lambs distributed randomly in three treatment diets containing different concentration of ground mesquite pods (VMM): 0% VMM (T1), 15% VMM (T2), and 30% VMM (T3). The nutritional composition of VMM and diets was determined. Feed intake, weight gain, and feed conversion were measured. In rumen, Volatile Fatty Acids (VFA) and N-NH₃ were evaluated. Weight gain, feed intake, and feed conversion were similar ($p > 0.05$) among treatments, as well as the production of VFA and N-NH₃ ($p > 0.05$). The mesquite pods provide an adequate nutritional content to be used in lamb diets without affecting the performance when used in 15% or 30%.

Keywords: Mesquite pods; lambs; weight gain.

Recibido: 02 de marzo de 2021

Aceptado: 16 de noviembre de 2021

Publicado: 15 de diciembre de 2021

Cómo citar: Mejía-Haro, I., Soria-Rodríguez, L. I., Ortiz-de la Rosa, B., Marín-Perales, V. M., Ramón-Ugalde, J. P., Rivera Lorca, J. & Ramos-Dávila, M. (2021). Parámetros productivos de corderos alimentados con dietas de diferente concentración de vainas de *Prosopis laevigata*. *Acta Universitaria* 31, e3149. doi: <http://doi.org/10.15174/au.2021.3149>

Introducción

En México hay 4 millones de hectáreas con árboles de mezquite (*Prosopis spp.*) distribuidas principalmente en las regiones árida y semiárida, y el periodo de cosecha es de julio a agosto de cada año, con una producción reportada de 3.7 t/ha (Peña-Avelino *et al.*, 2016). La vaina de mezquite es considerada un recurso forrajero importante en las zonas áridas y semiáridas de México y la recomiendan para ser utilizada en la alimentación del ganado (Andrade-Montemayor *et al.*, 2011; Sawal *et al.*, 2004); ya que los análisis bromatológicos presentan resultados adecuados para su nutrición (Tabla 1), donde sobresale el alto contenido de proteína cruda (13.2%), el total de nutrientes digestibles (64%) y un bajo contenido de cenizas (5.1%). Por su parte, la producción de ovinos en forma intensiva tiene la ventaja de producir más carne en un menor tiempo, reducir el tiempo de reingreso de la inversión y disminuir los problemas de salud causada por parasitosis y deficiencias nutricionales (Fonseca *et al.*, 2010); sin embargo, este sistema intensivo de producción demanda una fuerte inversión económica que los productores deben afrontar en un corto plazo (Nogueira *et al.*, 2004).

El fruto del mezquite constituye un recurso forrajero de las regiones árida-semiárida y templada del país, en donde los pastos nativos son escasos y se tiene la necesidad de suplementar al ganado en periodos críticos del año donde el simple hecho de recoger del suelo la vaina de mezquite y molerla puede ayudar a mitigar la escasez de alimentos sin tener que gastar en forrajes. Sin embargo, las semillas de leguminosas y, en este caso, vainas de mezquite contienen factores anti-nutricionales que pueden disminuir su digestibilidad o producir efectos nocivos, por lo que su uso debe ser racionado para evitar estos problemas (William & Jafri, 2015). El objetivo de esta investigación fue evaluar el comportamiento productivo de corderos alimentados con dietas conteniendo diferente concentración de vainas de mezquite molidas en sistemas intensivos.

Materiales y Métodos

El estudio se llevó a cabo de septiembre del 2014 a junio del 2015 en el Instituto Tecnológico El Llano (ITEL), Aguascalientes, ubicado en el km 18 de la carretera Aguascalientes–San Luis Potosí. Se inició con la colecta de aproximadamente 800 kg de vainas de mezquite en la región del Llano, Aguascalientes, México. Después, estas se secaron y molieron en un molino de martillos; además, se tomaron aproximadamente 500 g de muestra para realizar el análisis proximal (AOAC International, 2012) y la determinación de Fibra detergente neutra (FDN) y ácida (FDA) (Van-Soest *et al.*, 1991). Posteriormente, se realizaron los cálculos para carbohidratos no estructurales: $CNE = 100 - (\%FDN + \%PC + \%EE + \%Cenizas)$, total de nutrientes digestibles: $TND = PCd + EEd * 2.25 + FDNd + CNEd - 7$ y energía metabolizable: $EM = TND * 4.4 * 0.82$, en las muestras de vainas de mezquite y las dietas tratamiento (Tablas 1 y 2) de acuerdo con National Research Council (NRC, 2001). A las muestras de vainas de mezquite molidas (VMM) se les realizó una digestibilidad *in situ*, utilizando cuatro vacas Holstein no gestantes, de un peso promedio de 500 kg \pm 50 kg de una condición corporal de 3.5, fistuladas del rumen (Crowley *et al.*, 2011) y manteniendo las muestras por 48 horas en exposición a la degradación microbiana ruminal (Oerskov *et al.*, 1980). A las dietas tratamiento se les calculó la digestibilidad mediante la fórmula: $Digestibilidad\ MS = 88.9 - 0.779 * FDA$ (Moore & Undersander, 2002).

Se llevó a cabo una prueba de comportamiento productivo animal, donde se utilizaron 18 corderos machos de 40 ± 12 días de edad, sin castrar, con encaste de Katahdin X Pelibuey y Dorper X Pelibuey, de un peso promedio de $16.676 \text{ kg} \pm 2.249 \text{ kg}$; los cuales se aretaron, desparasitaron con Levamisol vía intramuscular (1 mL animal^{-1} , 150 mg/mL) y vitaminaron mediante inyección intramuscular con ADE (1 mL animal^{-1} , vigantol). Posteriormente, los corderos se colocaron en jaulas metálicas elevadas individuales, limpias, desinfectadas, provistas de bebedero automático y comedero, y fueron sometidos a un periodo de 15 días de adaptación a la dieta, manejo e instalaciones (La dieta consistió en adaptar la flora microbiana ruminal a la utilización de concentrados para evitar una acidosis ruminal, ofreciendo un 60% de forraje y un 40% de concentrado). Al finalizar el periodo de adaptación, los corderos se pesaron en una báscula electrónica dos días consecutivos a las 8:00 horas antes de servir el alimento para obtener un promedio, el cual se registró como peso inicial; posteriormente, se pesaron nuevamente en los días 30 y 49 a la misma hora y antes de servirles alimento para obtener la ganancia de peso en el periodo y por día, mediante las siguientes fórmulas: Ganancia de peso (kg) = Peso Final - Peso Inicial; Ganancia diaria de peso (g) = Ganancia de peso en gramos/Número de días en el experimento. Se utilizó un diseño completamente al azar, con tres tratamientos y seis repeticiones por tratamiento, considerando a cada animal como una unidad experimental. El tratamiento 1 (T1) consistió en ofrecer una dieta integral sin incluir vaina de mezquite (*Prosopis laevigata*) molida y sin cernir (VMM) y formulada de acuerdo con los requerimientos indicados por NRC (2007); el tratamiento 2 (T2) consistió en suministrar la dieta integral en donde se incluyó el 15% de VMM; y el tratamiento 3 (T3) consistió en ofrecer la dieta integral donde se incluyó el 30% de la VMM (Tabla 2). El alimento se ofreció a los corderos a libre acceso a las 8:00 y 15:00 horas diariamente y se registró su consumo por día, restándole al alimento ofrecido el rechazo, durante 49 días. Dividiendo los kilogramos de alimento consumido entre los kilogramos de peso vivo ganados en el periodo, se calculó la conversión alimenticia.

En la última semana del periodo experimental se tomaron muestras de fluido ruminal (aproximadamente 400 ml) al total de los corderos de los tres tratamientos mediante succión, introduciendo por la boca del borrego hasta el rumen una sonda de plástico con calibre de $\frac{1}{2}$ pulgada con varias perforaciones en uno de sus extremos y una bomba de vacío. El fluido se filtró mediante una doble gasa y se midió el pH con un potenciómetro portátil (Hanna HI 98130). Las muestras (80 ml) fueron procesadas con ácido metafosfórico a una proporción de 4:1 y conservadas en refrigeración hasta la determinación de la producción de ácidos grasos volátiles (AGV), proporciones de ácido acético, propiónico y butírico (Erwin *et al.*, 1961) por cromatografía de gases (Perkin Elmer CO., Clarus 560 D) y la concentración de nitrógeno amoniacal (N-NH_3) de acuerdo con McCullough (1967).

Los datos se analizaron con el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS 2008), utilizando el modelo lineal generalizado y realizando análisis de varianza y comparación múltiple de medias por Tukey ($p < 0.05$); el modelo estadístico fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + e_{ij}$$

donde Y_{ij} = Respuesta de variable; μ = media general; t_i = efecto del $i^{\text{ésimo}}$ tratamiento; y e_{ij} = error experimental.

Tabla 1. Composición bromatológica de la vaina del mezquite** (%).

	VMM cernida		VMM sin cernir	
	Base húmeda	Base seca	Base húmeda	Base seca
Humedad	9.43		7.03	
MS		90.57		92.97
Ceniza	3.90	4.31	4.77	5.13
Proteína cruda	13.04	14.40	12.29	13.22
Grasa	2.34	2.58	1.88	2.02
Fibra cruda	19.09	21.08	24.64	26.50
ELN	52.20	57.63	49.39	53.12
FDA	22.69	25.05	32.25	34.69
FDN	30.67	33.86	38.56	41.48
CNE*	40.62	44.85	35.47	38.15
TND*	61.59	68.72	59.77	64.81
ENl* (Mcal/kg)	1.45	1.64	1.26	1.39
ENm* (Mcal/kg)	1.46	1.61	1.36	1.46
ENg* (Mcal/kg)	0.83	0.92	0.71	0.76
Digestibilidad <i>in situ</i> , % 48 h	55.99	61.8	46.4	49.9

*De acuerdo con NRC (2001).

** Análisis realizado en el laboratorio de Bromatología de la Forrajera de Ganaderos de Aguascalientes S. A. de C. V.(Fogasa).

ELN = Elementos libres de nitrógeno; TND = Total de nutrientes digestibles; FDA = Fibra detergente ácida; ENl = Energía neta de lactancia = $1.044 - (0.0119 * \% \text{ FDA}) * 2.2$; FDN = Fibra detergente neutra; CNE = $100 - (\% \text{ FDN} + \% \text{ PC} + \% \text{ EE} + \% \text{ Cenizas})$ = Carbohidratos no estructurales; ENm = Energía neta de mantenimiento; Eng = Energía neta de ganancia; VMM = Vaina de mezquite molida.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Ingredientes y Composición Nutricional de las dietas utilizadas (% MS) con diferentes concentraciones de VMM**.

	T1	T2	T3
Alfalfa	25	20	14
Aluminosilicatos	0.300	0.300	0.300
NaHCO ₃	1.0	1.0	0.850
VMM	0.0	15	30
Harina de soya	11.5	10	8.8
Melaza	8.0	7.8	8.0
Pollinaza	10	12	10
Sal común	0.300	0.300	0.300
Sebo	4.0	4.0	5.0
Sorgo	39.5	29.1	22.0
Urea	0.400	0.473	0.750
TOTAL	100	100	+100
MS	90.15	90.71	90.90
Cenizas	7.92	8.71	7.32
Proteína	19.06	20.63	20.90
Grasa	7.74	6.22	6.69
Fibra Cruda	11.56	12.01	15.17
ELN	53.72	52.44	49.92
FDA	14.93	18.58	19.14
FDN	19.27	23.18	26.42
CNE	46.01	41.26	38.67
TND*	75.9	71.97	72.60
EM (Mcal/kg)*	2.74	2.60	2.62
ENm (Mcal/kg)*	1.76	1.70	1.69
ENg (Mcal/kg)*	1.08	1.01	1.01
Digestibilidad MS%	77.2	74.4	73.9

*De acuerdo a NRC (2001); Digestibilidad MS, % = $88.9 - 0.779 * \% \text{ FDA}$ (Moore & Undersander, 2002)

** Análisis realizado en el laboratorio de Bromatología de la Forrajera de Ganaderos de Aguascalientes S.A. de C.V.(FOGASA).

VMM = Vaina de mezquite molida; ELN = Elementos libres de nitrógeno; FDA = Fibra detergente ácida; FDN = Fibra detergente neutra; CNE = Carbohidratos no estructurales = $100 - (\% \text{ NDF} + \% \text{ PC} + \% \text{ EE} + \% \text{ Cenizas})$; TND = Total de nutrientes digestibles = $\text{PC} + \text{EE} * 2.25 + \text{FDN} + \text{CNE} - 7$; EM = Energía metabolizable = $\text{TND} * 4.4 * 0.82$; ENm = Energía neta de mantenimiento; Eng = Energía neta de ganancia; EM = Energía metabolizable (EM = $\text{TND} * 4.4 * 0.82$).

Fuente: Elaboración propia.

Resultados y Discusión

Composición nutricional de la vaina de mezquite

Algunos componentes nutricionales de la vaina de mezquite se comportan estables o sin variación entre los reportes de análisis de composición nutricional, como el contenido de proteína cruda. En el presente estudio se obtuvo 14% y 13% en la vaina de mezquite molida y cernida (utilizando una malla metálica de 1 cm de diámetro) y sin cernir (incluye parte del tegumento de semillas sin moler), respectivamente (Tabla 1); dichos valores son comparables con 12.1% reportado por Armijo-Nájera *et al.* (2019) en vainas maduras de *Prosopis*, 14.4% en *P. laevigata* (Baraza *et al.*, 2008) y 11% para *Prosopis alba* (González *et al.*, 2008). Estos contenidos indican que *Prosopis* es un ingrediente alimenticio de importancia proteica para la alimentación de ovinos. Diferente es el caso para el contenido energético, el cual presenta variaciones notables entre los diferentes análisis y resultados de ecuaciones de cálculos (Armijo-Nájera *et al.*, 2019). En la presente investigación se calculó un valor del TND de 64.5%, el cual es superior al 41.1% encontrado por Armijo-Nájera *et al.* (2019) y al 49% reportado por García *et al.* (2019) e inferior al 77.7% reportado por Baraza *et al.* (2008), lo que muestra una gran variación en el valor energético de este producto. Sin embargo, los contenidos de fibra detergente neutra y detergente ácida no difirieron en forma notable (41.5% y 34.7%, respectivamente) en las muestras de VMM en el presente estudio de los valores (43.9% y 30.9%) reportados por Armijo-Nájera *et al.* (2019). Por otro lado, Peña-Avelino *et al.* (2016) reportaron valores menores de fibra detergente neutra (35.2%) y fibra detergente ácida (27.2%), atribuyendo estas variaciones al clima y composición de los suelos.

Los valores de digestibilidad *in situ* en la presente investigación, a las 48 horas de exposición dentro del rumen, fueron de 49.9% para las VMM. Batista *et al.* (2001) reportaron una digestibilidad *in situ* de 64.7% en vainas de mezquite (*Prosopis juliflora*) secadas y molidas a 3 mm y cuyo contenido de FDN fue menor (29%) al encontrado en la presente investigación. Este valor superior de digestibilidad pudo deberse al más bajo contenido de FDN y a tiempos diferentes de exposición ruminal de la muestra.

Ganancia de peso

En los corderos de los tres tratamientos se obtuvieron valores superiores a 300 gr diarios de ganancia de peso, y pueden competir con otros obtenidos cuando se utiliza una mayor concentración de granos, como es el caso del T1. No se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) en ganancia de peso entre tratamientos (Tabla 3), lo que indica que la inclusión de vaina del mezquite molida en las concentraciones de 15% y 30% en base seca no afectó la ganancia de peso y los corderos del T2 y T3 obtuvieron ganancias similares a los corderos que fueron alimentados con una dieta integral sin incluir este ingrediente alimenticio económico y disponible en la región, y sin costo para los productores (Peña-Avelino *et al.*, 2020). Ganancias diarias de peso inferiores (243 g y 254 g) fueron encontradas por Peña-Avelino *et al.* (2016) en corderos alimentados con una dieta que incluía 250 g y 500 g de vaina de mezquite molida por cordero al día, respectivamente. El uso de subproductos alimenticios utilizados adecuadamente en las dietas de ovinos es una opción para reducir costos de producción sin que se vean afectadas la ganancia de peso y la conversión alimenticia. Mejía *et al.* (2018) reportaron ganancias diarias de peso de 183 gr en corderas de reemplazo de pelo alimentadas con una dieta integral con el 30% de bagazo de manzana ensilado y el 20% de pollinaza.

Igualmente, en la variable ganancia de peso total (GT) no se presentaron diferencias significativas ($P = 0.7409$, $\alpha 0.05$) entre tratamientos, siguiendo la misma tendencia que la ganancia diaria de peso. Esto es, en parte, debido a la homogeneidad del peso inicial de los corderos, de la concentración de nutrientes en las dietas de los tres tratamientos y a la similitud en el consumo de alimento de los corderos de los tres tratamientos, de acuerdo a su peso (NRC, 2007); ya que una ingesta similar de megacalorías no lleva a cambios en el consumo de alimento y ganancia de peso, siempre y cuando las dietas aporten al menos 14% de proteína cruda (Mahgoub *et al.*, 2000; Ríos-Rincón *et al.*, 2014).

Tabla 3. Valores promedio de los parámetros productivos de corderos en crecimiento alimentados con dietas con diferentes concentraciones de vaina de mezquite molida.

Variable	T1 (0% VMM)	T2 (15%VMM)	T3 (30% VMM)	EE
PV inicial (kg)	16.69	16.62	16.74	
PV final (kg)	31.46 ^a	32.99 ^a	31.67 ^a	0.674
CDA (kg)	1.318 ^a	1.361 ^a	1.345 ^a	0.039
CA (g/kg)	54.9 ^a	55.1 ^a	56.7 ^a	5.180
CAP (kg)	64.581 ^a	66.605 ^a	66.605 ^a	5.521
GDP (g)	302 ^a	333 ^a	306 ^a	14
GT (kg)	14.79 ^a	16.32 ^a	14.99 ^a	0.674
CoA	4.4 ^a	4.1 ^a	4.4 ^a	0.137

^{a,b,c} Medias de tratamiento en la misma hilera con distinta literal indica diferencias estadísticas ($p < 0.05$).

VMM = Vaina de mezquite molida. EE. = Error estándar; PV = Peso vivo; CDA = Consumo diario de alimento; GDP = Ganancia diaria de peso; GT = Ganancia total; CoA = Conversión alimenticia; CAP = Consumo de alimento por el periodo.

Fuente: Elaboración propia.

Consumo de alimento

El consumo diario de alimento (CDA) no presentó diferencias significativas ($p > 0.05$) entre tratamientos (Tabla 3); esta misma tendencia se presentó para el consumo de alimento por el periodo (CAP) y cuando el consumo fue calculado como g/kg de peso vivo d^{-1} . Posiblemente, la adición del 8% de melaza como saborizante en todas las dietas influyó en incrementar la palatabilidad de las dietas, y las vainas de mezquite fueron molidas hasta formar la consistencia de harina, lo que no muestra diferencia en el tamaño de la partícula con los ingredientes substituidos. Igualmente, en otra investigación donde se incluyó el 40% de vainas de mezquite en el concentrado utilizado en la dieta de ovinos, el consumo voluntario no fue afectado (Rao & Reddy, 1983). Chaturvedi & Sahoo (2013) tampoco encontraron diferencias en el consumo de ovinos alimentados con dietas con el 0%, 30% y 40% de *Prosopis juliflora*. Por otro lado, Peña-Avelino *et al.* (2016) encontraron mayores consumos en corderos alimentados con 250 g/d y 500 g/d de vaina de mezquite molida que en aquéllos donde no se incluyó este ingrediente alimenticio. Esto se debió en parte a la preferencia que tuvieron los ovinos a la vaina del mezquite (Sawal *et al.*, 2004) sobre la mayor concentración de rastrojo de maíz que contenía la dieta testigo, que, a diferencia del presente estudio, la dieta estaba constituida por ingredientes de alta palatabilidad y sin esquilmos.

Conversión alimenticia

Los valores obtenidos de conversión alimenticia en los diferentes tratamientos (Tabla 3) no muestran diferencias significativas ($p > 0.05$), lo cual indica que la inclusión de la vaina de mezquite molida en 15% y 30% de la dieta no afectó el consumo de alimento y su eficiencia de utilización en la ganancia de peso, requiriéndose cantidades similares de alimento para producir un kilogramo de ganancia de peso. Esto posiblemente se debe a la similitud del contenido de proteína (19% y 20%), la energía metabolizable de las dietas y el consumo voluntario entre tratamientos. Esto es respaldado por Mahgoub *et al.* (2000), quienes

señalan que la energía en la dieta es el principal factor limitante en el crecimiento de corderos y reportan una mejor eficiencia en la conversión alimenticia en dietas con una concentración media y alta de energía que una con un nivel energético bajo, reflejándose en un mayor consumo y ganancia de peso. Por su parte, Ríos-Rincón *et al.* (2014) reportaron que concentraciones de proteína en la dieta de corderos en engorda superiores a 14% no influyen sobre la ganancia de peso. Valores de conversión alimenticia de 4.5 y 4.7 fueron reportados en corderos alimentados con una dieta con 250 g y 500 g de vaina de mezquite molida al día, respectivamente (Peña-Avelino *et al.*, 2016), los cuales son ligeramente superiores a los de la presente investigación. Otros estudios en ovinos en que se utilizaron otros subproductos, y que tuvieron ganancias de peso rentables para los productores, también han reportado parámetros de conversión alimenticia aceptables. Por ejemplo, Mejía *et al.* (2018) reportaron valores de 5.72 kg de alimento por kilogramo de ganancia de peso en corderas alimentadas con una dieta conteniendo el 50% entre pollinaza y bagazo de manzana fermentado. Por su parte, Pereira *et al.* (2014) no reportaron diferencias en consumo, ganancia de peso y conversión alimenticia cuando las vainas del mezquite substituyeron al grano de maíz en un 30%, 60% y 90% en una dieta para ovinos con el 30% de alfalfa y 70% de concentrado.

Prosopis es un género que comprende diversas especies, y estas varían en su contenido nutricional, al igual que en el contenido de compuestos anti-nutricionales, reflejándose en los parámetros productivos ganancia de peso y conversión alimenticia. Al respecto, Mahgoub *et al.* (2004) alimentaron corderos Omani de 24 kg de peso con vainas molidas de *Prosopis cineraria*, reemplazando a heno de pasto Rhodex en 0%, 15%, 30% y 45% y reportaron efectos negativos en ganancia de peso y conversión alimenticia (10.3 kg alimento/kg de aumento de peso a 13.5 kg alimento/kg de aumento de peso) con el uso de *Prosopis*, atribuyendo estos efectos a los compuestos anti-nutricionales y a la dificultad de adaptabilidad del consumo de esta especie.

Productos de la fermentación ruminal

En los valores de pH y la producción molar del total de AGV no se observaron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre tratamientos (Tabla 4). Igualmente, las proporciones de acetato, propionato y butirato no presentaron diferencias entre tratamientos ($p > 0.05$), las proporciones promedio fueron 62:25:13, en dietas con vaina de mezquite molida. Proporciones similares (58:29:12) fueron obtenidas por Mejía *et al.* (2019) con dietas que contenían el 20% y 40% de bagazo de manzana ensilado. Sawal *et al.* (2004) tampoco reportaron efectos sobre la producción de ácidos grasos volátiles en rumen cuando la vaina de mezquite substituyó hasta en un 75% al concentrado ofrecido a ovinos. De la misma manera, Chaturvedi & Sahoo (2013) no encontraron diferencias significativas en la producción total de AGV y el pH ruminal de ovinos alimentados con una dieta donde se substituyó el concentrado en 0%, 30% y 40% por vainas de *Prosopis juliflora* molidas. Freyre *et al.* (2003) reportan que el perfil de ácidos grasos de *Prosopis* está conformado principalmente por ácidos grasos insaturados y, de acuerdo con Fievez *et al.* (2003), la suplementación a ovinos con aceites no modificó la producción de AGV totales ni la de los ácidos acético, propiónico y butírico, lo que ayuda a explicar la falta de diferencias en la proporción de los ácidos grasos volátiles en el rumen determinados en los ovinos de los tratamientos con diferentes concentraciones de vaina de mezquite molida.

La relación acetato:propionato (A:P) tampoco presentó diferencias entre tratamientos ($p > 0.05$); la proporción de A:P se mantuvo en el rango de 2.48 a 2.84. Mora-Jaimes *et al.* (2002) obtuvieron proporciones acetato:propionato de 2.0 cuando evaluaron dietas en ovinos con 50% de sorgo y 30% rastrojo de maíz suplementadas con enzimas exógenas para aumentar la digestibilidad del almidón, y esperaban que la concentración de propionato en rumen fuera mayor (Proporción A:P menor) al incrementar la digestibilidad ruminal del almidón a través de enzimas exógenas; sin embargo, esto no sucedió ni mejoraron los parámetros productivos. En experimentos donde se han estudiado dietas bajas y altas en

concentrado, se ha observado que, aun cuando la concentración de acetato se reduce con el nivel alto de concentrado, su nivel de producción no cambia considerablemente. Es posible que, al mismo tiempo que se incrementa la producción de propionato, se incrementa considerablemente la tasa de absorción de todos los ácidos grasos (Rodríguez & Llamas, 1990). Resultados similares a los del presente estudio fueron reportados por Szczechowiak *et al.* (2016), donde no encontraron diferencias ($p > 0.05$) en la proporción acetato:propionato (2.0) cuando suplementaron o no vacas Holstein con diferentes aceites, incluyendo el de pescado y soya.

Tabla 4. Valores promedio de pH ruminal, producción de ácidos grasos volátiles y nitrógeno amoniacal en fluido ruminal de corderos.

Variable	T1 (0% VMM)	T2 (15%VMM)	T3 (30% VMM)	EE
AGV totales mM L ⁻¹	48.82 ^a	60.29 ^a	60.85 ^a	4.88
% Acético	63.69 ^a	61.85 ^a	61.88 ^a	1.54
% Propiónico	22.45 ^a	24.98 ^a	23.35 ^a	2.17
% Butírico	13.86 ^a	13.16 ^a	14.76 ^a	1.57
Acetato/Propionato	2.84 ^a	2.48 ^a	2.65 ^a	0.25
pH ruminal	7.19 ^a	6.87 ^a	6.98 ^a	0.14
N- NH ₃ mg dL ⁻¹	11.18 ^a	5.88 ^a	5.27 ^a	1.87

^{a,b,c} Medias de tratamiento o efecto principal con distinta literal indican diferencias estadísticas ($p < 0.05$).

VMM = Vaina de mezquite molida; EE = Error estándar; AGV = Ácidos grasos volátiles; N-NH₃ = Nitrógeno amoniacal.

Fuente: Elaboración propia.

La concentración de N-NH₃ en rumen es un balance entre la producción y su utilización o absorción, es además un nutriente crítico para los microorganismos ruminales y se ha reportado en concentraciones con un rango amplio, desde 1 mg/100 ml hasta 29 mg/100 ml (Khalili & Sairanen, 2000). Una buena producción de proteína microbiana en el rumen requiere de una adecuada disponibilidad de N-NH₃ y carbohidratos, y son varios los factores que considera que influyen en este proceso y así lograr un uso eficiente del nitrógeno disponible en el rumen (Castillo-Lopez & Domínguez-Ordóñez, 2019). En la presente investigación no se reportan diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 4), y los dos tratamientos que incluían la vaina de mezquite mantuvieron un valor medio cercano a 5 mg/100 ml y 6 mg/100 ml, valores similares a 5 mg/100 ml (Kim *et al.*, 2010), y de 5.6 mg/100 ml a 7.7 mg/100 ml (Peña-Avelino *et al.*, 2020), considerado óptimo para una buena producción de proteína microbiana. En otras investigaciones donde se utilizó la VMM en ovinos tampoco encontraron diferencias significativas con respecto al grupo control (Chaturvedi & Sahoo, 2013; Peña-Avelino *et al.*, 2016).

Conclusiones

Los parámetros productivos consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia en corderos se mantienen sin cambio al incluir la vaina del mezquite molida al 15% y 30% en la dieta en un sistema intensivo y la producción total de ácidos grasos volátiles. Las proporciones de ácido acético, propiónico y butírico y la concentración de nitrógeno amoniacal en el rumen no son afectadas con la inclusión de 0%, 15% y 30% de vaina de mezquite molida en las dietas de corderos.

Agradecimientos

Se agradece al Tecnológico Nacional de México y al Instituto Tecnológico El Llano por las facilidades que brindaron para que ese estudio se llevara a cabo. Al CONACYT por otorgarle beca a la estudiante de maestría que realizó su tesis.

Referencias

- Andrade-Montemayor, H. M., Cordova-Torres, A. V., Garcia-Gasca, T., & Kawas, J. R. (2011). Alternative foods for small ruminants in semiarid zones, the case of Mesquite (*Prosopis laevigata*) and Nopal (*Opuntia* spp.). *Small Ruminant Research*, *98*(1-3), 83-92. doi: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.03.023>
- AOAC International. (2012). *Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL* (19th ed.). AOAC International.
- Armijo-Nájera, M. G., Moreno, A., Blanco, E., Borroel-García, V. J., & Reyes-Carrillo, J. L. (2019). Vaina de mezquite (*Prosopis* spp.) alimento para el ganado caprino en el semidesierto. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *10*(1)113-122. doi: <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i1.1728>
- Baraza, E., Angeles, S., García, A., & Valiente-Banuet, A. (2008). Nuevos recursos naturales como complemento de la dieta de caprinos durante la época seca, en el Valle de Tehuacán, México. *Interciencia*, *33*(12), 891-896. <https://www.redalyc.org/pdf/339/33913805.pdf>
- Batista, A. M., Mustafa, A. F., McKinnon, J. J., & Kermasha, S. (2001). In situ ruminal and intestinal nutrient digestibilities of mesquite (*Prosopis juliflora*) pods. *Animal Feed Science and Technology*, *100*(1-2), 107-112. doi: [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(02\)00136-0](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(02)00136-0)
- Castillo-Lopez, E., & Domínguez-Ordóñez, M. G. (2019). Factores que afectan la composición microbiana ruminal y métodos para determinar el rendimiento de la proteína microbiana. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, *10*(1), 120-148. doi: <https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i1.4547>
- Chaturvedi, O. H., & Sahoo, A. (2013). Nutrient utilization and rumen metabolism in sheep fed *Prosopis juliflora* pods and Cenchrus grass. *SpringerPlus*, *2*(598). doi: <https://doi.org/10.1186/2193-1801-2-598>
- Crowley, P., Fernández, A., Agüero, M., Arzone, C., Fernández, O., Klich, M. G., Vidal-Figueroa, R. (2011). Técnica de fistulación aplicada a bovinos. *Revista Veterinaria Argentina*, *38*(403), 1-12. <https://www.veterinariargentina.com/revista/2011/12/tecnica-de-fistulacion-aplicada-a-bovinos/comment-page-1/>
- Erwin, E. S., Marco, G. J., & Emery, E. M. (1961). Volatile fatty acid analyses of blood and rumen fluid by gas chromatography. *Journal of Dairy Science*, *4*(9), 1768-1771. doi: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(61\)89956-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(61)89956-6)
- Fievez, V., Dohme, F., Danneels, M., Raes, K., & Demeyer, D. (2003). Fish oils as potent rumen methane inhibitors and associated effects on rumen fermentation in vitro and in vivo. *Animal Feed Science and Technology*, *104*(1-4), 41-58. doi: [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(02\)00330-9](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(02)00330-9)
- Fonseca, J., Veiga, P., Ribeiro, L. G., de Campos, S., Soares, A., Detmann, E., de Paiva, N. K., & Moutinho, J. K. (2010). Glicerina bruta na dieta de cordeiros terminados em confinamento. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, *45*(9), 1012-1020. doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2010000900011>
- Freyre, M., Astrada, E., Blasco, C., Baigorria, C., Rozycki, V., & Bernardi, C. (2003). Valores nutricionales de frutos de vinal (*Prosopis rusciflora*): Consumo humano y animal. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, *4*(1), 41-46. doi: <https://doi.org/10.1080/11358120309487617>
- García-López, J. C., Durán-García, H. M., De Nova, J. A., Álvarez, G., Pinos, J. M., Lee, H. A., López, S., Ruiz, D., Rendón, J. A., Vicente, J., & Salinas, M. (2019). Producción y contenido nutricional de vainas de tres variantes de mezquite (*Prosopis laevigata*) en el altiplano potosino, México. *Agrociencia*, *53*(6), 821-831. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7059171>
- González, A., Duarte, A., Patto, C. M., & Piccolo, M. F. (2008). Caracterización química de la harina del fruto de *Prosopis* spp. Procedente de Bolivia y Brasil. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, *58*(3), 309-315. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222008000300015&lng=es&tlng=es.
- Khalili, H., & Sairanen, A. (2000). Effect of concentrate type on rumen fermentation and milk production of cows at pasture. *Animal Feed Science and Technology*, *84*(3-4), 199-212. doi: [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(00\)00130-9](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(00)00130-9)
- Kim, K. H., Jin, G., Oh, Y., & Song, M. (2010). Effects of starch and protein sources on starch disappearance in the gastrointestinal tract of Hanwoo (Korean native) steers. *Animal Science Journal*, *81*(3), 331-337. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1740-0929.2010.00750.x>
- Mahgoub, O., Lu, C. D., & Early, R. J. (2000). Effects of dietary energy density on feed intake, body weight gain and carcass chemical composition of Omani growing lambs. *Small Ruminant Research*, *37*(1-2), 35-42. doi: [https://doi.org/10.1016/s0921-4488\(99\)00132-7](https://doi.org/10.1016/s0921-4488(99)00132-7)

- Mahgoub, O., Kadim, I., Al-Ajmi, D., Al-Saqry, N. M., Al-Abri, A. S., Richie, A. R., Al-Halhali, A. S., & Forsberg, N. E. (2004). Use of local range tree (*Prosopis spp.*) pods in feeding sheep and goats in the Sultanate of Oman. En H. Ben Salem, A. Nefzaoui & P. Morand-Fehr (eds). *Nutrition and feeding strategies of sheep and goats under harsh climates* (pp. 191-195). CIHEAM
https://www.researchgate.net/publication/262374556_Use_of_local_range_tree_Prosopis_spp_pods_in_feeding_sheep_and_goats_in_the_Sultanate_of_Oman
- McCullough, H. (1967). The determination of ammonia in whole blood by direct colorimetric method. *Clinica Chimica Acta*, 17(2), 297-304. doi: [https://doi.org/10.1016/0009-8981\(67\)90133-7](https://doi.org/10.1016/0009-8981(67)90133-7)
- Mejía, I., Mora, M., Martínez, J. M., Vitela, I. V., Mejía, J., & Ortiz, B. (2018). Effect of apple pomace and poultry manure in mixed diets on productive performance in replacement female lambs. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 17(2), 45-50. doi: <https://doi.org/10.36478/javaa.2018.45.50>
- Mejía, I., Azuara, A. J., Ortiz, B., Martínez, J. M., Mejía, J., Marín, V. M., & Ramos, M. (2019). Effect of the inclusion of three levels of chicken manure in diet on productive performance of finishing lambs. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 18(2), 55-60. doi: <https://doi.org/10.36478/javaa.2019.55.60>
- Moore, J. E., & Undersander, D. J. (2002). Relative forage quality: An alternative to relative feed value and quality index. Proc. Florida Ruminant Nutrition Symposium, University of Florida, Gainesville, USA.
- Mora-Jaimes, G., Bárcena-Gama, R., Mendoza-Martínez, G. D., González-Muñoz, S., & Herrera-Haro, J. (2002). Respuesta productiva y fermentación ruminal en borregos alimentados con grano de sorgo tratado con amilasas. *Agrociencia*, 36, 31-39. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30236104>
- National Research Council (NRC). (2001). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Seventh revised edition, 2001*. National Academy Press. doi: <https://doi.org/10.17226/9825>
- National Research Council (NRC). (2007). *Nutrient requirements of small ruminants (7th Ed.)*. National Academy Press. doi: <https://doi.org/10.17226/11654>
- Nogueira, N. N., Rodrigues, V. R., & Braga, R. N. B. (2004). Características de crescimento de cordeiros F1 para abate no semi-árido do Nordeste do Brasil. *Zootecnia*, 39(8), 809-814. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2004000800012>
- Oerskov, E. R., Hovell, F. D., & Mould, F. L. (1980). The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs [conferencia]. *Third Annual Conference on Tropical Animal Production, Mérida, México* (pp. 195-213). <https://www.semanticscholar.org/paper/The-use-of-the-nylon-bag-technique-for-the-of-Oerskov-Hovell/acc150f1d92ad10e113af9897b80d1198efa80d8>
- Peña-Avelino, L. Y., Pinos-Rodríguez, J. M., Juárez-Flores, B. I., & Yáñez-Estrada, L. (2016). Effects of *Prosopis laevigata* pods on growth performance, ruminal fermentation, and blood metabolites in finishing lambs. *South African Journal of Animal Science*, 46(4), 360-365. doi: <http://dx.doi.org/10.4314/sajas.v46i4.3>
- Peña-Avelino, L. Y., Ceballos-Olvera, I., Alva-Pérez, J., Vicente, J., & Pinos-Rodríguez, J. (2020). Effects of mesquite (*Prosopis laevigata*) pods as a potential feed material for kids. *Veterinarni Medicina*, 65, 289-296. doi: <https://doi.org/10.17221/106/2019-VETMED>
- Pereira, T. C., Pereira, M. L. A., Almeida, P. J. P., Carvalho, G. G. P., da Silva, F. F., Silva, H. G., & dos Santos, A. B. (2014). Substitution of corn for mesquite pod meal in diets for lambs. *Italian Journal of Animal Science*, 13(3), 473-478. doi: <https://doi.org/10.4081/ijas.2014.3278>
- Rao, N. R. S., & Reddy, M. S. (1983). Utilization of *Prosopis juliflora* pods in the concentrate feed of cattle and sheep. *The Indian Journal in Animal Science*, 53(4), 367-372. <http://epubs.icar.org.in/ejournal/index.php/IJAnS/>
- Ríos-Rincón, F. G., Estrada-Angulo, A., Plasencia, A., López-Soto, M. A., Castro-Pérez, B. I., Portillo-Loera, J. J., Robles-Estrada, J. C., Calderón-Cortés, J. F., & Dávila-Ramos, H. (2014). Influence of protein and energy level in finishing diets for feedlot hair lambs: Growth performance, dietary energetics and carcass characteristics. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*, 27(1), 55-61. doi: <https://doi.org/10.5713/ajas.2013.13307>
- Rodríguez, G. F., & Llamas, L. G. (1990). Digestibilidad, balance de nutrimentos y patrones de fermentación ruminal. En R. A. Castellanos, L. G. Llamas & S. A. Shimada (eds.), *Manual de técnicas de investigación en ruminología* (pp. 95-126). Sistemas de Educación Continua en Producción Animal en México, A. C.
- Sawal, R. K., Ratan, R., & Yadav, S. B. S. (2004). Mesquite (*Prosopis juliflora*) pods as a feed resource for livestock - A review. *Asian-Australian Journal of Animal Sciences*, 17(5), 719-725. doi: <https://doi.org/10.5713/ajas.2004.719>

- Statistical Analysis Systems (SAS). (2008). Statistical Analysis Systems Institute User's Guide (9.2 ed.). SAS Inst. Inc.
- Szczechowiak, J., Szumacher-Strabel, M., El-Sherbiny, M., Pers-Kamczyc, E., Pawlak, P., & Cieslak, A. (2016). Rumen fermentation, methane concentration and fatty acid proportion in the rumen and milk of dairy cows fed condensed tannin and/or fish-soybean oils blend. *Animal Feed Science and Technology*, 216, 93-107. doi: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.03.014>
- 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. *Journal of Dairy Science*, 74, 3583-3597. doi: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
- William, K., & Jafri, L. (2015). Mesquite (*Prosopis juliflora*): Livestock grazing, its toxicity and management. *Journal of Bioresource Management*, 2(2), 49-58. doi: <https://doi.org/10.35691/JBM.5102.0021>