

Evaluación de bloques nutricionales que incluyen vainas maduras de leguminosas arbóreas

Evaluation of nutrient blocks including mature pods of tree legumes

Marco Antonio Ayala-Monter¹ , Gerardo Noe Rosales-Martínez² , Ricardo Martínez-Martínez³ , Paulino Sánchez Santillan^{1*} 

¹Universidad Autónoma de Guerrero, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia No. 2. Carretera federal Acapulco-Pinotepa Nacional Km 197 CP. 41940. Cuajinicuilapa, Guerrero, México.

²Universidad Autónoma de Tamaulipas. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. División de Estudios de Posgrado e Investigación. Carretera Ciudad Victoria-Ciudad Mante km 5, CP. 87274. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

³Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de la Costa Sur. Av. Independencia Nacional No. 151. CP. 48900. Autlán, Jalisco, México.

*Autor de correspondencia: sanchezsantillanp@gmail.com

Artículo científico

Recibido: 05 de mayo 2024

Aceptado: 22 de noviembre 2024

RESUMEN. Los bloques nutricionales (BN) son una estrategia para complementar las deficiencias nutricionales de los animales. El objetivo fue determinar características fermentativas ruminales *in vitro* y preferencias de consumo de BN en ovinos. Se utilizaron cuatro ovinos criollos (30 ± 3.0 kg PV). La alimentación consistió en pasto pangola y los tratamientos *ad libitum*. Los tratamientos fueron: Testigo = BN testigo (sin vaina); algarrobo = BN con 15% de vaina de algarrobo y parota = BN con 15% de vaina de parota. Se caracterizó la fermentación ruminal *in vitro* y preferencia de consumo. El diseño experimental para caracterización ruminal *in vitro* fue un diseño completamente al azar y la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para comparar medias. En la preferencia de consumo se realizó un análisis descriptivo. En el ensayo *in vitro* algarrobo mostró la mayor ($P \leq 0.05$) producción acumulada de biogás a las 2 h de incubación; ($P \leq 0.05$); mientras que testigo mostró mayor producción de biogás a las 6, 8, 10, 12, 24, 36, 48 y 72 h de incubación y producción acumulada, energía metabolizable, degradación de materia seca y fibra detergente neutro ($P \leq 0.05$). En el ensayo *in vivo*, el consumo de pasto pangola fue 16.4% mayor ($P \leq 0.05$) comparado con el consumo de bloques nutricionales. El consumo de bloques con vaina de parota aumentó 53.4% ($P \leq 0.05$) comparado con el que contenía vaina de algarrobo y el bloque testigo. Se concluye, la inclusión de la vaina de parota puede ser una alternativa para su uso en bloques nutricionales debido a la preferencia registrada en ovinos.

Palabras clave: Algarrobo, digestibilidad, ovinos, parota, bloques nutricionales.

ABSTRACT. Nutritional blocks (NB) are a strategy to supplement nutritional deficiencies in animals. This study aimed to determine *in vitro* ruminal fermentative characteristics and NB consumption preferences in sheep. Four criollo sheep (30 ± 3.0 kg BW) were used. Feeding consisted *ad libitum* of pangola grass and treatments. The treatments were: T1 = NB control (without pods); T2 = NB with 15% algarrobo pods; and T3 = NB with 15% parota pods. *In vitro* ruminal fermentation characteristics and consumption preferences were evaluated. The experimental design for *in vitro* ruminal characterization was a completely randomized design, and Tukey's test ($P \leq 0.05$) was used to compare means. A descriptive analysis was performed for consumption preference. In the *in vitro* assay, T2 showed the highest ($P \leq 0.05$) cumulative biogas production at 2 hours of incubation. T1 showed higher biogas production at 6, 8, 10, 12, 24, 36, 48, and 72 hours of incubation, as well as cumulative production, metabolizable energy, dry matter degradation, and neutral detergent fiber ($P \leq 0.05$). In the *in vivo* trial, consumption of pangola grass was 16.4% higher ($P \leq 0.05$) compared to the consumption of nutritional blocks. The consumption of blocks with parota pods increased by 53.4% ($P \leq 0.05$) compared to those containing carob pods and the control block. It is concluded that the inclusion of parota pods can be an alternative for use in nutritional blocks due to the preference registered in sheep.

Keywords: Algarrobo, digestibility, sheep, parota, nutrient blocks.

Como citar: Ayala-Monter MA, Rosales-Martínez GN, Martínez-Martínez R, Sánchez Santillan P (2024) Evaluación de bloques nutricionales que incluyen vainas maduras de leguminosas arbóreas. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios Núm. Esp. IV: e4054. DOI: 10.19136/era.a11nIV.4054.

INTRODUCCIÓN

México tiene amplia variedad de climas y estos cambian según su elevación. En ambientes tropicales, la nutrición es un componente fundamental para mantener los índices de rendimiento y producción (Indu *et al.* 2015, Chay-Canul *et al.* 2016), al mismo tiempo que mejora la respuesta inmunitaria (López-Leyva *et al.* 2022). En estas regiones existen épocas críticas caracterizadas por altas temperaturas (De *et al.* 2017), sequía, baja producción de forraje y disminución en la calidad nutricional (Valles *et al.* 2016, Reyes-Pérez *et al.* 2022). Esto afecta principalmente a pequeños productores que necesitan estrategias de alimentación para satisfacer las necesidades nutricionales de los animales en las unidades productivas (Farooq 2017).

La alimentación suplementaria es una estrategia ampliamente utilizada para complementar las deficiencias nutricionales de los animales (Tafa *et al.* 2010, Raju *et al.* 2021). Los bloques nutricionales son una opción para suministrar nutrientes concentrados como: proteínas, carbohidratos, minerales y vitaminas (Salem y Nefzaoui 2003). Entre el grupo de ingredientes comúnmente usados están la melaza, urea, sales minerales, cal y granos o salvados (Wang *et al.* 2016). Las ventajas de usarlos son su facilidad de almacenamiento, la forma sólida reduce el desperdicio, además del consumo controlado (Osuna *et al.* 1999). Incluso existen incorporaciones en los bloques de elementos de controles biológicos con el fin de mejorar las condiciones de resistencia contra parásitos (Khan *et al.* 2015).

Los estudios de árboles forrajeros son parte importante de las investigaciones como ingredientes suplementarios en el trópico (Peralta *et al.* 2004). Se ha destacado el potencial como ingrediente en las dietas de animales, principalmente por aporte de nitrógeno (Junior *et al.* 2022). Entre las principales especies utilizadas se encuentran *Enterolobium* y *Prosopis* (Yasin y Animut 2014). Por otro lado, las técnicas de evaluación de digestibilidad, adecuadas a un determinado contexto geográfico, hacen relevantes los ensayos *in vitro*, *in situ*, y sobre todo *in vivo* (Zagorakis y Milis, 2022) con el fin de conocer las características nutricionales. Por lo que, el objetivo fue determinar las características de fermentación ruminal *in vitro* e *in situ* de bloques nutricionales que contienen 15% de vaina de algarrobo (*Samanea saman*) o parota (*Enterolobium cyclocarpum*); así como la preferencia de su consumo por ovinos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de estudio

El estudio se realizó en el laboratorio de Nutrición Animal y Posta Zootécnica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia No. 2 de la Universidad Autónoma de Guerrero, Cuajinicuilapa, Guerrero, ubicada a 16 ° 28 " LN y 98 ° 11.27 " LO y 46 msnm. Las instalaciones se ubican en el municipio de Cuajinicuilapa, Guerrero, México.

Tratamientos

Para la elaboración de los bloques se recolectaron vainas maduras fisiológicamente de algarrobo (*Samanea saman*) y parota (*Enterolobium cyclocarpum*) de árboles localizados en la localidad de

Cuajinicuilapa, Guerrero, México. Todas las vainas fisiológicamente maduras (se usó el color café como guía para determinar la madurez de las vainas) se recolectaron de dos árboles al azar y se hizo una muestra compuesta para cada tipo de vaina. Posteriormente, se secaron por 6 días al sol y se procesaron en un molino de martillo sin colocar criba. El tamaño máximo de partícula de las vainas molidas fue de 2 cm. El heno de pasto pangola tenía alrededor de 210 días de rebrote y se procesó en un molino de martillos (M.A.GRO® TR-3500) con una criba de 2.54 cm de diámetro. El resto de los ingredientes se adquirieron en forrajeras locales. El tamaño de partícula del grano de maíz molido y pasta de soya fue menor a 2 mm.

Los bloques nutricionales (BN) isoproteicos fueron formulados de manera que al ser suplementados cubrieran los requerimientos nutricionales para corderos de 20 kg de PV y una ganancia de 200 g d⁻¹ según el CSIRO (2007). Los BN se elaboraron de forma manual, los ingredientes (Tabla 1) se mezclaron y posteriormente se comprimieron en un molde de plástico (2 kg) y se secaron a temperatura ambiente por 4 días hasta tener una consistencia dura, de acuerdo a lo descrito por Morales-Campos *et al.* (2022).

Tabla 1. Composición de los bloques nutricionales que incluyen vaina madura de leguminosas arbóreas

Ingredientes	Testigo	Algarrobo	Parota
Grano de maíz molido	38	27	27
Melaza de caña	20	20	20
Pasta de soya molida	9	6	6
Vaina molida	0	15	15
Urea	8	8	8
Mezcla mineral*	5	5	5
Sal	5	5	5
Cal	10	10	10
Pasto pangola molido	5	4	4

*15.5 % calcio, 5.5 % fósforo, 7.0 % sodio, 85.0 % cenizas y 6.0 % de humedad

Composición química de los bloques

Durante el experimento se recolectaron 200 g al azar de la mezcla homogénea antes de elaborar los bloques y se determinó su composición química (Tabla 2). Las muestras inicialmente se deshidrataron en una estufa (Riossa® HCF-41, México) a 60 °C por 72 h. Posteriormente, se procesaron en un molino Thomas-Wiley Mill (Thomas Scientific, Swedesboro, NJ, USA) con una criba de 1 mm para determinar el contenido de materia seca (MS; método 930.15), proteína cruda (PC; método 984.13). Las cenizas (Ce) se estimaron por incineración en un horno mufla (método 942.05) de acuerdo a los métodos descritos por la AOAC (2005). La fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) se evaluaron de acuerdo con la metodología descrita por Van-Soest (1994). El contenido de materia orgánica (MO) se determinó al restar a 100 las cenizas.

Tabla 2. Composición química de bloques nutricionales que incluyen vaina madura de leguminosas arbóreas

Bloque	MS (%)	PC (%)	MO (%)	Ce (%)	FDN (%)	FDA (%)	Hemi (%)
Testigo	83.56 ^c	28.93 ^b	74.42 ^a	25.58 ^a	28.70 ^b	11.88 ^a	16.82 ^b
Algarrobo	94.28 ^b	31.37 ^a	73.73 ^a	26.27 ^a	34.02 ^a	9.05 ^b	24.97 ^a
Parota	94.67 ^a	30.73 ^{ab}	73.38 ^a	26.62 ^a	31.50 ^{ab}	11.95 ^a	19.55 ^b
EEM	1.82	0.44	0.35	0.35	0.97	0.56	1.32

Literales iguales dentro de misma columna son estadísticamente iguales (Tukey, $P > 0.05$). MS: materia seca. PC: proteína cruda. MO: materia orgánica. Ce: cenizas. FDN: fibra detergente neutro. FDA: fibra detergente ácido. Hemi: hemicelulosa. EEM: error estándar de la media.

Caracterización de la fermentación ruminal *in vitro*

El medio de cultivo se preparó con 5% de solución mineral I [6 g K_2HPO_4 en 1 L de agua destilada], 5% de solución mineral II [6 g KH_2PO_4 + 6 g $(NH_4)_2SO_4$ + 12 g NaCl + 2.45 g $MgSO_4$ + 1.6 g $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ en 1 L de agua destilada], 5% de solución buffer [80 g Na_2CO_3 en 1 L de agua destilada], 4% de solución reductora [3.125 g L-cisteína, ajustada a pH 10 con NaOH (2N) + 3.125 g $Na_2S \cdot 9H_2O$ + 0.1 mL de resazurina 0.1% en 250 mL de agua destilada, todo bajo flujo de CO_2 y 250 °C], 0.1% de resazurina a 0.1%, 45.9% de agua destilada y 35% de líquido ruminal fresco. El fluido ruminal fresco se obtuvo de una vaca Suiz-bu de 450 kg de PV provista con cánula ruminal alimentado con pasto pangola con más de 150 d de rebrote *ad libitum* y 3 kg d^{-1} de vaina de algarrobo; esta se manejó de acuerdo con el reglamento interno de bioética y bienestar animal de la UAGro con fundamento en la norma oficial NOM_062-ZOO-1999 (SAGARPA 1999).

En frascos de vidrio de 120 mL se agregó 0.5 g de MS del sustrato de un tipo de bloque nutricional y 50 mL de medio de cultivo, todo bajo flujo de CO_2 . Posteriormente, los frascos se sellaron con tapón de neopreno y casquillo de aluminio. Estos se colocaron en una incubadora (Ecoshel 9082, México) a 39 °C por 72 h. A las 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24, 36, 48 y 72 h se midió la producción de gas *in vitro* por desplazamiento de un embolo de jeringa de vidrio de 50 mL. Los estimadores de la cinética de producción de gas se determinaron con el modelo de Gompertz: $Y = A \cdot \{ \exp [-b \cdot \exp(-k \cdot t)] \}$; donde, Y = volumen de biogás en el tiempo t ($mL g^{-1}$ de MS); A = potencial de producción de biogás total cuando $t = \infty$ ($mL g^{-1}$ de MS); b = tasa constante de producción de biogás del material potencialmente degradable ($\% h^{-1}$); k = tiempo de la fase lag o eficiencia microbiana (h); t = tiempo de incubación (Lavrenčič *et al.* 1997). Los estimadores A, b y k se calcularon con un análisis de regresión no lineal, utilizando el procedimiento PROC GLM de SAS (2011).

Después de las 72 h de incubación, en bolsas ANKOM® a peso constante se filtró la material residual de los frascos y se secaron a 55 °C por 72 h para estimar la degradación de la materia seca (DMSiv, Hernández-Morales *et al.* 2018) por diferencia de peso. Posteriormente, las bolsas se sellaron con calor con una selladora de impulso (Uline, H-163) y se determinó FDN para dos cosas: a) se estimó la degradación verdadera de la materia seca (DvMS) al eliminar los microorganismos adheridos durante la fermentación *in vitro* (Sánchez-Santillán *et al.* 2015); y b) se estimó la degradación de la fibra detergente neutro (DFDN, Hernández-Morales *et al.* 2018) por diferencia de peso. En la degradación de la materia orgánica (DMO) se usó la ecuación $DMO(\%) = 14.88 + 0.889 Gp + 0.45 PC + 0.0651 Ce$ y el contenido de energía metabolizable (EM) se estimó con la ecuación $EM (Mcal kg^{-1} MS) = (2.20 + 0.136 Gp + 0.057 PC) / 4.184$; donde Gp son los mL de biogás producido por 200

mg de MS durante 24 h de fermentación, PC es proteína cruda en porcentaje y Ce es cenizas en porcentaje (Menke *et al.* 1979).

Degradabilidad *in situ*

En bolsas de poli-seda (10 x 20 cm) a peso constante se colocaron 5 g de MS de un tratamiento (tamaño de partícula de 1 mm); las cuales, se sellaron con cinchos de plástico (100 x 2.5 mm). Las bolsas se incubaron en el rumen de una vaca Suiz-bu de 450 kg de PV provista con cánula ruminal permanente (4 pulgadas de diámetro interno, Bar Diamond®, Parma, Idaho, USA). Esta se alojó en una corraleta de 4 x 10 m, se alimentó de heno de pasto pangola y agua *ad libitum* y 2 kg día⁻¹ de un suplemento (60% de grano de maíz molido, 30% de pasta de soya, 6% sal común y 4% mezcla mineral). Los tiempos de incubación en rumen fueron 2, 4, 8, 12, 20, 24, 32 y 48 h (tres repeticiones por tratamiento y hora de incubación). Las bolsas se sujetaron a una cadena de hierro galvanizado (1.5 cm x 1 m) con cinchos de plástico. La cadena se fijó al tapón de la cánula ruminal con un gancho de seguridad. La introducción de las bolsas al rumen fue inverso al tiempo de incubación para retirar las bolsas simultáneamente a las 48 h de incubación en rumen. Inmediatamente, las bolsas se enjuagaron con agua corriente fría. Las bolsas se secaron a 55 °C por 72 h y se pesaron para estimar la degradabilidad de la materia seca (DMS) por diferencia de peso. La cinética de degradabilidad *in situ* de la MS se estimó mediante un procedimiento de regresión no lineal usando la ecuación $P = a + b [1 - e^{-ct}]$ donde: P = degradabilidad ruminal en el tiempo t (%); a = fracción degradable rápidamente soluble; b = la fracción lenta o potencialmente degradable; c = velocidad a la que b se degrada; t = tiempo (h) de incubación en el rumen.

Prueba de preferencia de consumo

Los procedimientos de cuidado y manejo de los animales se realizaron de acuerdo con los lineamientos establecidos por la Ley Federal de Sanidad Animal (SENASICA 2012). Se utilizaron cuatro corderas criollas (30 ± 3.0 kg peso inicial y 8 ± 2.0 meses de edad) distribuidas aleatoriamente en jaulas individuales (1.20 x 1.0 m), con comederos y bebederos. La alimentación se basó en pasto pangola con más de 150 días de rebrote, molido (2-3 cm de tamaño de partícula), los bloques nutricionales (testigo, algarrobo y parota) y agua, todo se ofreció *ad libitum*. Antes del periodo experimental, las corderas fueron desparasitadas con Closantil (5 mg kg⁻¹ PV; Closantil® 5%, Chinoín) vía oral. Las corderas tuvieron una semana de adaptación a los tratamientos y el periodo experimental duro tres semanas.

En cada cordera se estimó el consumo de pasto (g día⁻¹), pesando el pasto ofrecido y el rechazo del día siguiente. El consumo del bloque nutricional (CBN, g día⁻¹), se estimó pesando el BN a las 08:00 horas y al día siguiente (oferta-rechazo), el consumo total (CT) se estimó sumando el consumo de pasto y consumo de BN por día.

Análisis estadístico

El diseño experimental fue completamente al azar para las variables del análisis químico, prueba *in vitro* e *in situ*. Los datos se analizaron con el paquete estadístico InfoStat versión 2020 (Di-Rienzo *et al.* 2020). Para la comparación de medias se usó la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$). En la prueba de preferencia de consumo se realizó un análisis descriptivo de los diferentes consumos usando el mismo paquete estadístico.

RESULTADOS

La composición química de los bloques nutricionales fue diferente ($P \leq 0.05$), excepto en el contenido de materia orgánica y cenizas (Tabla 2). La proteína, el componente más importante en este suplemento, fue similar en los tratamientos con algarrobo y parota, pero algarrobo fue mayor en comparación con el testigo.

La producción acumulada de biogás a las 2 h de incubación fue mayor en el tratamiento con algarrobo ($P \leq 0.05$); a las 4 h no se presentó diferencia entre tratamientos ($P > 0.05$); mientras que a las 6, 8, 10, 12, 24, 36, 48 y 72 h de incubación, el tratamiento testigo mostró mayor producción acumulada de biogás ($P \leq 0.05$, Tabla 3). Así mismo, el tratamiento testigo presentó mayor contenido de EM, DvMS, DFDN, A , k y b ($P \leq 0.05$). La DMS se mantuvo sin diferencia entre tratamientos ($P > 0.05$) y el bloque elaborado con parota tuvo la menor DMO ($P \leq 0.05$).

Tabla 3. Caracterización de fermentación ruminal *in vitro* de bloques nutricionales que incluyen vaina madura de leguminosas arbóreas

Variable	Testigo	Algarrobo	Parota	EEM
Producción acumulada de biogás (mL g ⁻¹ MS)				
2 h	0.40 b	3.53 a	0.70 b	0.48
4 h	19.52	18.73	16.90	0.74
6 h	55.78 a	36.02 b	35.18 b	2.51
8 h	85.25 a	51.20 b	49.58 b	4.07
10 h	96.82 a	61.45 b	61.17 b	4.16
12 h	105.98 a	72.75 b	72.43 b	3.94
24 h	125.10 a	97.83 b	97.07 b	3.32
36 h	140.63 a	116.17 b	111.45 b	3.34
48 h	145.40 a	122.20 b	118.88 b	3.15
72 h	155.37 a	131.75 b	125.90 b	3.35
EM (Mcal kg ⁻¹ MS)	1.73 a	1.59 b	1.57 b	1.02
DMO (%)	51.80 a	48.10 a	47.70 b	0.48
DMSiv (%)	63.24	55.35	56.75	1.75
DvMS (%)	92.66 a	77.90 b	81.87 b	2.09
DFDN (%)	81.82 a	42.44 b	50.57 b	5.94
A (mL g ⁻¹ MS)	141.73 a	120.18 b	115.91 b	2.98
k (h)	5.07 a	3.23 c	3.72 b	0.20
b (% h ⁻¹)	0.26 a	0.15 c	0.17 b	0.01

Literales iguales dentro de misma fila son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). EM: Energía metabolizable. DMO: degradación de la materia orgánica. DMS: degradación *in vitro* de la materia seca. DvMS: degradación *in vitro* verdadera de la materia seca. DFDN: degradación de la fibra detergente neutro. A : potencial de producción de biogás. k : tiempo lag o eficiencia microbiana. b : tasa constante de producción de biogás del material potencialmente degradable. EEM: error estándar de la media.

El tratamiento algarrobo mostró la menor DMS a las 12 y 24 h ($P \leq 0.05$); mientras que a las 48 h no hubo diferencia entre tratamientos ($P > 0.05$, Tabla 4). En los estimadores de la cinética de

degradabilidad, el tratamiento parota mostró la mayor *a*, pero la menor *c* ($P \leq 0.05$); mientras que en *c* no se mostraron diferencias entre tratamientos ($P > 0.05$).

Tabla 4. Degradabilidad *in situ* de la materia seca de bloques nutricionales que incluyen vaina madura de leguminosas arbóreas

Variable	Testigo	Algarrobo	Parota	EEM
Degradabilidad de la materia seca (%)				
12 h	79.51 a	72.80 b	82.27 a	1.49
24 h	90.01 a	87.23 b	90.91 a	0.57
48 h	92.79	93.84	94.40	0.40
Estimadores de la cinética de d degradabilidad				
<i>a</i> (%)	60.76 b	46.87 c	72.39 a	3.70
<i>b</i> (%)	37.47 b	54.48 b	24.03 c	4.44
<i>c</i> (%)	0.05	0.05	0.05	0.0017

Literales iguales dentro de misma fila son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$). *a*: fracción degradable rápidamente soluble. *b*: fracción lenta o potencialmente degradable. *c*: velocidad a la que *b* se degrada. EEM: error estándar de la media.

Los resultados del consumo de pasto y de cada bloque nutricional, estimado como promedio diario, distribución del consumo y consumo en porcentaje de cada bloque de las corderas se presenta en la Tabla 5. El consumo de pasto pangola fue 16.4% mayor respecto al consumo de bloques nutricionales, por otro lado, el consumo de bloques con vaina de parota incremento 53.4% en comparación con el que contenía vaina de algarrobo y el bloque testigo.

Tabla 5. Preferencia en el consumo de borregas por bloques nutricionales que incluyen vaina madura de leguminosas arbóreas

Variable	Media	Mediana	Desviación estándar	Error estándar de la media
Consumo (g/d)				
Total	1051.6	1065.7	244.7	28.1
Pasto pangola	572.9	589.6	180.2	20.7
Total de bloques	478.8	485.4	138.6	15.9
Bloque algarrobo	157.0	131.2	135.0	15.5
Bloque parota	299.0	300.6	163.4	18.8
Bloque Testigo	22.8	1.6	60.6	7.0
Respecto al consumo total (%)				
Pasto pangola	53.8	55.2	13.8	1.6
Bloque	46.2	44.8	13.8	1.6
Bloque algarrobo	14.7	13.5	13.8	1.6
Bloque parota	29.3	27.7	18.4	2.1
Bloque Testigo	2.2	0.2	5.2	0.6
Respecto al consumo de bloques (%)				
Bloque algarrobo	32.9	31.0	26.2	3.0
Bloque parota	61.6	64.3	27.8	3.2
Bloque Testigo	5.6	0.4	12.4	1.4

DISCUSIÓN

La producción de biogás es producto de la fermentación principalmente de los carbohidratos (Amanzougarene y Fondevila 2020), por lo que al tener 11% más grano de maíz en el tratamiento testigo, este presentó mayor cantidad de almidones que se fermentaron y se reflejó en la producción de biogás y los estimadores de la cinética de fermentación (A , k y b). Así como en la EM, determinada con base en la producción de biogás, dado que el contenido de PC fue similar en los tres tratamientos.

Es importante destacar los valores de la $DMSiv$ y $DvMS$, ya que en la $DMSiv$ se puede asumir que ninguno de los tratamientos mostró una diferencia en la degradación de la materia seca y que la composición de estos no influyó en su degradación. Sin embargo, al eliminar los microorganismos adheridos a la materia seca fermentada mediante un detergente neutro, se observó que la $DvMS$ del testigo fue 16% superior, indicando que contenía mayor cantidad de ingredientes fermentables a nivel ruminal. Por otra parte, la $DvMS$ se basa en que todo el contenido celular se fermenta durante la incubación; por lo que, al someter la muestra residual a un detergente neutro, se determinan los componentes de la pared celular que no se fermentaron; así los tratamientos que incluyeron vaina mostraron que estas mejoraron la adherencia de los microorganismos ruminales, bajo las condiciones del presente experimento. Lo anterior, toma fundamento por la mayor DFDN del tratamiento testigo, ya que los tratamientos con vaina disminuyeron la DFDN por la composición de la pared celular, al ser vainas fisiológicamente maduras desarrollaron tejido de xilema para el transporte de agua, acumularon celulosa y otros carbohidratos estructurales que se enlazaron con lignina, lo cual dificultó la adherencia y degradación por parte de los microorganismos ruminales (Hoffman *et al.* 2007). Valores similares de $DMSiv$ (54.26%) a las 72 h de fermentación fueron reportados en bloques elaborados con 20% melaza, 5% urea, 14% maíz molido, 35% vaina de algarrobo, 10% pasta de soya, 3% sal común, 3% sal mineral y 10% cal (Morales-Campos *et al.* 2022). Así mismo, en bloques elaborados con 10% de urea, 5% de sal, 3% de mezcla mineral, 10% de cemento, 5% de heno de pasto pangola, 20% de pasta de coco, 17% de mazorca de maíz molida y 30% de melaza se reportaron valores inferiores de A (81.24 mL g⁻¹ MS), b (0.023 h), $DMSiv$ (55.89%) y DFDN (32.71%); y similares en k (5.63 h) al presente estudio (Sánchez-Santillán *et al.* 2019). En una comparación de los valores obtenidos en la prueba *in vitro* e *in situ* se observó que la $DvMS$ es similar a los valores de la DMS . Esto se puede asumir a que la $DMSiv$ contiene microorganismos adheridos y este trabajo puede ser usado para establecer que la $DvMS$ presenta mejor relación con la digestibilidad *in situ*, bajo las condiciones del presente estudio. Por lo que, se requiere mayores investigaciones entre dichas variables, junto con las pruebas *in vivo* para establecer la mejor relación y se puedan mejorar las predicciones cuando se usa únicamente la prueba *in vitro*.

La suplementación con bloques nutricionales a base de árboles y arbustos en ovejas es una práctica común en la alimentación animal. En este estudio, no existió restricción en la disponibilidad de forraje durante todo el período, por lo tanto, los animales pudieron expresar libremente la selectividad; en este sentido, los ovinos presentaron mayor preferencia por el bloque al que se le agregó la parota (61.6%) en comparación con el elaborado con algarrobo y el bloque testigo, lo anterior se relaciona con la palatabilidad del bloque, proporcionada por la vaina de parota, lo cual

indica su factibilidad para incluirla en la formulación del bloques. Al respecto, García *et al.* (2008) mencionan que las variaciones en el consumo podrían estar asociadas a la calidad nutritiva y a la presencia de compuestos secundarios con características aversivas o estimuladoras del consumo y su interacción con el tipo de animal; los metabolitos secundarios como las saponinas presentes en *E. cyclocarpum* reducen el número de protozoarios ruminales y ejercen un efecto benéfico sobre la eficiencia de síntesis de proteína microbiana, por otro lado, el incremento de proteína en las dietas puede mejorar el consumo cuando los animales consumen forraje de baja calidad (Salisbury *et al.* 2004).

Las distintas características físico-químicas de los tratamientos hace que las velocidades de consumo sean diferentes (Salas *et al.* 2001). Por otro lado, en la Tabla 5, se observa que el tratamiento con mayor preferencia por el animal fue el que contenía parota, respuesta asociada a varios factores, tales como el sabor, olor, textura, composición química, pero el animal es el mejor indicador. En algunos estudios observaron mayores consumos de materia seca cuando incorporaron vaina de parota en la dieta (Albores-Moreno *et al.* 2017, Piñeiro-Vázquez *et al.* 2013), similar al encontrado en el presente estudio, pero en forma de bloques nutricionales. Autores como Reshi *et al.* (2022) mencionan que el consumo de bloques nutricionales en ovinos puede variar, esto puede estar relacionado por factores como la edad, el sexo, la raza, entre otros, y esto afecta la calidad de la carne obtenida y la producción de lana. El consumo de bloques es importante para la nutrición de los borregos ya que provee proteína y energía para maximizar el aprovechamiento del pasto (Martínez-Martínez *et al.* 2012). Esto indica que el consumo de bloques donde se incluye el forraje o vainas de árboles o arbustivas puede variar según la especie, la palatabilidad y las condiciones ambientales, además las distintas características físico-químicas de estos hace que las velocidades de consumo sean diferentes (Salas *et al.* 2001). Mientras que Robles *et al.* (2023) mencionan que las ovejas al tener bloques y alimento extra en su dieta consumen más y como respuesta se tienen ovejas más pesadas. En tanto que Ramírez (2009) reportan que los factores que afectan el consumo de forraje, están relacionados con la composición química y la digestibilidad del alimento consumido.

CONCLUSIONES

El consumo voluntario y la preferencia de consumo resaltan la complejidad del comportamiento alimenticio en corderas y la importancia de considerar múltiples factores al diseñar programas de alimentación. La inclusión de recursos forrajeros como la vaina de parota puede ser una alternativa para su utilización en bloques nutricionales, ya que su preferencia fue mejor por las corderas. La elaboración de bloques nutricionales con vainas de parota o algarrobo disminuye el uso de grano de maíz o pasta de soya en su elaboración, sin afectar el contenido nutricional de los bloques nutricionales.

CONFLICTO DE INTERÉS

Certificamos que no existe ningún conflicto de intereses con ninguna organización financiera con respecto al material discutido en el manuscrito.

LITERATURA CITADA

- Albores-Moreno S, Alayón-Gamboa JA, Ayala-Burgos AJ, Solorio-Sánchez FJ, Aguilar-Pérez CF, Olivera-Castillo L, Ku-Vera JC (2017) Effects of feeding ground pods of *Enterolobium cyclocarpum* Jacq. Griseb on dry matter intake, rumen fermentation, and enteric methane production by Pelibuey sheep fed tropical grass. *Tropical Animal Health and Production* 49(4): 857-866. <https://doi.org/10.1007/s11250-017-1275-y>.
- Amanzougarene Z, Fondevila M (2020) Fitting of the in vitro gas production technique to the study of high concentrate diets. *Animals* 10(10): 1935. <https://doi.org/10.3390/ani10101935>.
- AOAC (2005) Official methods of analysis. 18th edn. Arlington, VA, USA: Association of Official Analytical Chemist.
- Chay-Canul AJ, Magaña-Monforte JG, Chizzotti ML, Piñeiro-Vázquez AT, Canul-Solís JR, Ayala-Burgos AJ, Ku-Vera JC, Tedeschi LO (2016) Requerimientos energéticos de ovinos de pelo en las regiones tropicales de Latinoamérica. Revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 7(1): 105-125. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v7i1.4152>.
- CSIRO (2007) Nutrient requirements of domesticated ruminants. CSIRO Publishing. Australia. 270p.
- De K, Kumar D, Saxena V, Thirumurugan P, Naqvi S (2017) Effect of high ambient temperature on behavior of sheep under semi-arid tropical environment. *International Journal of Biometeorology* 61(7): 1269-1277. <https://doi.org/10.1007/s00484-016-1304-y>.
- Di-Rienzo J, Balzarini M, González L, Cazanoves F, Tablada M, Walter C (2020) 'InfoStat'. Cordoba, Colombia. Fecha de acceso: 19 de september de 2024.
- Farooq MZ (2017) Effect of feeding frequency on dry matter intake weight gain feed conversion efficiency and its relation with body measurements in Lohi lambs. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences* 54(03): 689-692. <https://doi.org/10.21162/PAKJAS/17.3895>.
- García DE, Medina MG, Cova LJ, Torres A, Soca M, Pizzani P, Baldizán A, Domínguez CE (2008) Preferencia de vacunos por el follaje de doce especies con potencial para sistemas agrosilvopastoriles en el Estado Trujillo, Venezuela. *Pastos y Forrajes* 31(3): 255-270.
- Hernández-Morales J, Sánchez-Santillán P, Torres-Salado N, Herrera-Pérez J, Rojas-García AR, Reyes-Vázquez I, Mendoza-Núñez MA (2018) Composición química y degradaciones *in vitro* de vainas y hojas de leguminosas arbóreas del trópico seco de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 9(1): 105-120. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v9i1.4332>.
- Hoffman PC, Lundberg LM, Shaver RD, Contreras-Govea FE (2007) El Efecto de la madurez en la digestibilidad del FDN (fibra detergente neutro). *Focus on Forage* 15(5): 1-2.
- Indu S, Sejian V, Kumar D, Pareek A, Naqvi SMK (2015) Ideal proportion of roughage and concentrate for Malpura ewes to adapt and reproduce in a semi-arid tropical environment. *Tropical Animal Health and Production* 47(8): 1487-1495. <https://doi.org/10.1007/s11250-015-0889-1>.
- Junior MSFS, De Souza KA, De Jesus AB, De Araújo FL, Da Silva CS, De Oliveira APD, Cardoso CAL, De Tonissi EBG, Bagaldo AR (2022) Mesquite pod (*Prosopis juliflora*) meal on meat quality of pasture-finishing lambs. *Tropical Animal Health and Production* 54(1): 7. <https://doi.org/10.1007/s11250-021-03015-4>.
- Khan FA, Sahoo A, Dixit SK (2015) Evaluation of administering *Duddingtonia flagrans* through complete feed block for controlling *Haemonchus contortus* in sheep. *Animal Nutrition and Feed Technology* 15(3): 447. <https://doi.org/10.5958/0974-181X.2015.00045.1>.
- Lavrenčič A, Stefanon B, Susmel P (1997) An evaluation of the Gompertz model in degradability studies of forage chemical components. *Animal Science* 64(3): 423-431. <https://doi.org/10.1017/S1357729800016027>.

- López-Leyva Y, González-Garduño R, Cruz-Tamayo AA, Arece-García J, Huerta-Bravo M, Ramírez-Valverde R, Torres-Hernández G, López-Arellano ME (2022) Protein supplementation as a nutritional strategy to reduce gastrointestinal nematodiasis in periparturient and lactating pelibuey ewes in a tropical environment. *Pathogens* 11(8): 941. <https://doi.org/10.3390/pathogens11080941>.
- Martínez-Martínez R, López-Ortiz S, Ortega-Cerrilla MaE, Soriano-Robles R, Herrera-Haro JG, López-Collado J, Ortega-Jiménez E (2012) Preference, consumption and weight gain of sheep supplemented with multinutritional blocks made with fodder tree leaves. *Livestock Science* 149(1-2): 185-189. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2012.06.032>.
- Menke KH, Raab L, Salewski A, Steingass H, Fritz D, Schneider W (1979) The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. *The Journal of Agricultural Science* 93(1): 217-222. <https://doi.org/10.1017/S0021859600086305>.
- Morales-Campos BK, Sánchez-Santillán P, Torres-Salado N, Alaniz-Gutiérrez L, Saavedra-Jiménez LA, Aguilar-Marcelino L (2022) Degradación de materia seca in vitro a diferentes tiempos de fermentación de un bloque nutricional con vaina de algarrobo. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria de México* 10(1): 23-28.
- Osuna D, Collantes D, Connell J, Ventura M, Castro C (1999) Estrategias de suplementación para rumiantes durante la estación seca.: I.: Efecto del almacenamiento sobre la calidad de los bloques nutricionales con diferentes niveles de melaza, caliza y leucaena (*Leucaena leucocephala*). *Revista Científica-Facultad de Ciencias Veterinarias* 9(2): 129-133.
- Peralta N, Palma JMa, Macedo R (2004) Effect of diets with different levels of *Enterolobium cyclocarpum* fruit meal on growth of Hair sheep in confinement. *Livestock Research for Rural Development* 16(1): 4.
- Piñeiro-Vázquez AT, Ayala-Burgos AJ, Chay-Canul AJ, Ku-Vera JC (2013) Dry matter intake and digestibility of rations replacing concentrates with graded levels of *Enterolobium cyclocarpum* in pelibuey lambs. *Tropical Animal Health and Production* 45(2): 577-583. <https://doi.org/10.1007/s11250-012-0262-6>.
- Raju J, Narasimha J, Kumari NN, Raghunanadan T, Preetam VC, Kumar AA, Reddy PRK (2021) Feeding value of sorghum stover fed to tropical hair sheep as complete rations in chop, mash, pellet, and block forms. *Veterinary World* 14(8): 2273-2281. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2021.2273-2281>.
- Ramírez LRG (2009) Nutrición de rumiantes. *Sistemas extensivos*. Trillas. México. 320p.
- Reshi PA, Tabasum T, Ganai AM, Ahmad HA, Sheikh GG, Beigh YA, Haq SA (2022) Use of urea based multinutrient blocks for enhanced performance of dairy cattle-A Review. *Skuast Journal of Research* 24(1): 12.23. <https://doi.org/10.5958/2349-297X.2022.00002.2>.
- Reyes-Pérez JJ, Méndez-Martínez Y, Espinoza-Cunuhay KA, Bastidas-Espinoza RL, Apolo-Bosquez JA, Ramírez-de la Ribera JL, Ruiz-Espinoza FH (2022) Composición química, digestibilidad y rendimiento de *Brachiaria decumbens* a diferentes edades de rebrote. *Biotecnia* 24(2): 84-93. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v24i2.1606>.
- Robles RS, García LIIG, Sánchez LR, Burgos W, Margarito LA (2023) Supplementation of creole sheep with multinutritional blocks in Tlaxcala, Mexico. *Journal of Agricultural Sciences Research* 3(7): 2-5. <https://doi.org/10.22533/at.ed.9733723300510>.
- SAGARPA (1999) NOM-062-ZOO-1999 Norma oficial mexicana NOM-062-ZOO-1999, especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio. p. 59.
- Salas CA, San Martín HF, Carcelén CF (2001) Preferencias y consumo en ovinos y su relación con las características físicas de los bloques nutricionales. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú* 12(1): 112-115. <https://doi.org/10.15381/rivep.v12i1.7362>.
- Salem BH, Nefzaoui A (2003) Feed blocks as alternative supplements for sheep and goats. *Small Ruminant Research* 49(3): 275-288. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(03\)00144-5](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(03)00144-5).

- Salisbury MW, Krehbiel CR, Ross TT, Schultz CL, Melton LL (2004) Effects of supplemental protein type on intake, nitrogen balance, and site, and extent of digestion in whiteface wethers consuming low-quality grass hay. *Journal of Animal Science* 82(12): 3567-3576. <https://doi.org/10.2527/2004.82123567x>.
- Sánchez-Santillán P, Meneses-Mayo M, Miranda-Romero L, Santellano-Estrada E, Alarcón-Zúñiga B (2015) Fibrinolytic activity and gas production by *Pleurotus ostreatus*-IE8 and *Fomes fomentarius* - EUM1 in bagasse cane. *Revista MVZ Córdoba* 20: 4907-4916. <https://doi.org/10.21897/rmvz.6>.
- Sánchez-Santillán P, Torres-Salado N, Rojas-García AR, Bottini-Luzardo MB, Maldonado-Peralta MÁ, Escobar-España JC, Reyes-Vázquez I, Manuel-Luviano D, Herrera-Pérez J (2019) Kinetics of gas production and in vitro fermentative characteristics of the substitution of cane molasses for mango pulp in the elaboration of nutritional blocks. *Agrociencia* 53(7): 957-967.
- SAS (2011) *Statistical Analysis System, SAS, User's Guide*. Cary, NC: SAS Inst. falta dirección electrónica y fecha de consulta.
- SENASICA (2012) *Ley Federal de Sanidad Animal*, gov.mx. <http://www.gob.mx/senasica/documentos/ley-federal-de-sanidad-animal>. Fecha de acceso: 19 de september de 2024.
- Tafa A, Melaku S, Peters KJ (2010) Supplementation with linseed (*Linum usitatissimum*) cake and/or wheat bran on feed utilization and carcass characteristics of Arsi-Bale sheep. *Tropical Animal Health and Production* 42(4): 677-685. <https://doi.org/10.1007/s11250-009-9475-8>.
- Valles de la MB, Castillo GE, Bernal BH (2016) Rendimiento y degradabilidad ruminal de materia seca y energía de diez pastos tropicales cosechados a cuatro edades. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 7(2): 141-158.
- Van-Soest PJ (1994) *Nutritional ecology of the ruminant*. 2nd edn. United States of America: Cornell University Press.
- Wang H, Liu Z, Huang M, Wang S, Cui D, Dong S, Li S, Qi Z, Liu Y (2016) Effects of long-term mineral block supplementation on antioxidants, immunity, and health of tibetan sheep. *Biological Trace Element Research* 172(2): 326-335. <https://doi.org/10.1007/s12011-015-0593-z>.
- Yasin M, Animut G (2014) Replacing cottonseed meal with ground *Prosopis juliflora* pods; effect on intake, weight gain and carcass parameters of Afar sheep fed pasture hay basal diet. *Tropical Animal Health and Production* 46(6): 1079-1085. <https://doi.org/10.1007/s11250-014-0615-4>.
- Zagorakis K, Milis C (2022) Prediction of degradability and digestibility parameters of protein supplements used in sheep nutrition from nutrient composition. *Tropical Animal Health and Production* 54(6): 393. <https://doi.org/10.1007/s11250-022-03389-z>.