



## **Rendimiento de corderos alimentados con ensilaje como alimento total a base de nopal**



Juscelino Kubitschek Bevenuto da Silva <sup>a</sup>

Gherman Garcia Leal de Araújo <sup>b</sup>

Edson Mauro Santos <sup>a</sup>

Juliana Silva de Oliveira <sup>a</sup>

Fleming Sena Campos <sup>b</sup>

Glacyane Costa Gois <sup>c\*</sup>

Tiago Santos Silva <sup>d</sup>

Alex Gomes da Silva Matias <sup>c</sup>

Ossival Lolato Ribeiro <sup>e</sup>

Alexandre Fernandes Perazzo <sup>f</sup>

Anderson de Moura Zanine <sup>f</sup>

<sup>a</sup> Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Centro de Ciências Agrárias, Paraíba, Brazil.

<sup>b</sup> Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Semiárido), Rodovia BR-428, Km 152, s/n – Zona Rural, 56302-970, Pernambuco, Brazil.

<sup>c</sup> Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), Campus de Ciências Agrárias, Pernambuco, Brazil.

<sup>d</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano (IF Sertão), Pernambuco, Brazil.

<sup>e</sup> Universidade Federal do Recôncavo Bahiano (UFRB), Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Bahia, Brazil.

<sup>f</sup> Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, Maranhão, Brazil.

\*Autor de correspondencia: glayciane\_gois@yahoo.com.br

### Resumen:

Este estudio tuvo como objetivo evaluar la ingesta, digestibilidad aparente, balance hídrico, balance de nitrógeno y rendimiento productivo en corderos alimentados con ensilaje de nopal asociado con forrajes tropicales. En el experimento se utilizaron 40 corderos machos cruzados intactos, con un peso corporal inicial de  $18.85 \pm 1.2$  kg. El diseño experimental fue completamente al azar, con 5 tratamientos y 8 repeticiones. Los tratamientos consistieron en dietas con diferentes proporciones de pasto buffel y salvado de trigo como fuentes de fibra detergente neutro (FDN), en ensilaje de alimento total (EAT) a base de nopal: EAT1 - 279 g/kg de pasto buffel; EAT2 - 240 g/kg de pasto buffel y 17 g/kg de salvado de trigo; EAT3 - 198 g/kg de pasto buffel y 34 g/kg de salvado de trigo; EAT4 - 108 g/kg de pasto buffel y 74 g/kg de salvado de trigo; EAT5 - 118 g/kg de salvado de trigo. La ingesta más baja de FDN se encontró en corderos que consumieron EAT5 (402 g/día). La digestibilidad aparente de los carbohidratos no fibrosos fue mayor para EAT5, mientras que la digestibilidad aparente de FDN de EAT5 y EAT4 fue mayor que la de EAT1. Las dietas promovieron una ganancia diaria de peso promedio de 180.8 g/día. En condiciones experimentales, el uso de nopal forrajero y concentrado en forma de raciones mixtas totales de ensilaje conduce a una mayor ingesta de proteína cruda, carbohidratos no fibrosos, extracto etéreo y mayor digestibilidad de carbohidratos no fibrosos y fibra detergente neutro, sin embargo, todas las dietas fueron viables en la alimentación de ovinos confinados, proporcionando ganancias de hasta 198 g/d según la formulación de la dieta.

**Palabras clave:** Ingesta, Conservación de alimentos, Balance hídrico, Ganancia de peso.

Recibido: 13/11/2020

Aceptado: 13/04/2021

## Introducción

El nopal (*Opuntia ficus-indica* Mill.) es un cultivo con gran potencial para las regiones áridas y semiáridas, ya que es un cultivo que tiene una característica fisiológica especial en cuanto a la absorción, uso y pérdida de agua, estando bien adaptado al suelo y a las condiciones climáticas del semiárido, soportando largos periodos de sequía, el nopal se caracteriza por ser el principal alimento suministrado a los rebaños, independientemente de la época del año<sup>(1)</sup>.

El nopal es una especie forrajera con un alto potencial de producción de materia seca (10-20 t/ha) al año en condiciones secas. Tiene una excelente palatabilidad, alto valor energético (66 -74 % de nutrientes digeribles totales), alta digestibilidad (69-78 %), y es rico en agua (80 % de materia natural)<sup>(2)</sup>, lo que contribuye al suministro de agua de calidad para el animal. El uso de ensilajes de nopal en dietas de pequeños rumiantes ya está siendo estudiado en Túnez, México, Zimbabue y Brasil<sup>(3)</sup>. Miranda-Romero *et al*<sup>(4)</sup> observaron que el cordero finalizado alimentado con ensilaje de nopal tuvo una mayor ingesta de materia seca (1.1 kg/d en comparación con cordero alimentado con ensilaje de maíz (0.7 kg/día). Moura *et al*<sup>(5)</sup>, al evaluar la inclusión del nopal en la dieta de los corderos, observaron que el aumento del nopal en la composición de las dietas promovió una mayor ganancia diaria en relación con la dieta control (sin nopal). Silva *et al*<sup>(6)</sup>, al evaluar la ingesta de agua de corderos alimentados con dietas a base de ensilajes de nopal, encontraron que los corderos que ingirieron ensilaje de nopal tuvieron una mayor ingesta de materia seca (1,480 kg/día) y una mayor ingesta de agua vía alimento (2,724 kg/día) en relación con los animales que recibieron ensilaje de maíz.

Sin embargo, el uso de nopal en la dieta de pequeños rumiantes debe asociarse con la complementación de otros ricos en fibra y mediante la adición de una fuente de proteínas, manteniendo condiciones normales en el rumen y permitiendo una sincronización adecuada entre el suministro de energía y nitrógeno para los microorganismos ruminales, considerando el alto contenido de carbohidratos solubles en el nopal<sup>(7)</sup>. El pasto buffel (*Cenchrus ciliaris*) podría ser utilizado como fuente de fibra para dietas basadas en forraje (368 g/kg de FDN), ya que es un pasto también adaptado a regiones áridas y semiáridas<sup>(8)</sup>. Otra opción para integrar dietas a base de nopal para la producción de ensilaje de alimento total es el uso de coproductos con una alta cantidad de fibra detergente neutro, como es el caso del salvado de trigo, que tiene valores promedio de 394 g/kg de FDN<sup>(9)</sup>. En situaciones en las que el suministro de forraje es limitado, debido al déficit hídrico común en las regiones áridas y semiáridas, el uso de este coproducto podría permitir económicamente confinar a los corderos alimentados con alimento de nopal debido a su bajo costo. Por lo tanto, se puede utilizar como fuente de fibra en la sustitución de pastos forrajeros.

Hasta donde se sabe, los estudios sobre la asociación del ensilaje de nopal con salvado de trigo y heno de pasto buffel en la dieta de corderos confinados son escasos y deberían explorarse mejor. Por lo tanto, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar la ingesta, digestibilidad aparente, balance hídrico, balance de nitrógeno y rendimiento productivo en corderos alimentados con ensilaje de nopal asociado con forrajes tropicales.

## Material y métodos

### Descripción del lugar de estudio

El experimento se llevó a cabo en el Campo Experimental de Caatinga, en la Unidad de Metabolismo Animal, perteneciente a la Corporación Brasileña de Investigación Agrícola, Embrapa Semiárido, ubicado en el municipio de Petrolina - PE, Brasil. La precipitación media anual es de 433 mm, la humedad relativa de 36.73 %, y las temperaturas medias anuales, máximas y mínimas, rondan los 32 a 26.95 °C.

Esta investigación fue evaluada y aprobada por el Comité de Ética en el Uso de Animales (CEUA) de Embrapa Semiárido, con número de protocolo 0004/2016.

### Animales, tratamientos y dietas experimentales

En el experimento se utilizaron 40 corderos machos cruzados intactos, con un peso corporal inicial de  $18.85 \pm 1.2$  kg. Los animales fueron previamente identificados, pesados, tratados contra endoparásitos y ectoparásitos y distribuidos en corrales individuales ( $1.00 \times 1.20$  m), equipados con comederos y bebederos para las dietas y el suministro de agua, donde permanecieron durante 66 días, precedido de 10 días para la adaptación. El diseño experimental fue completamente al azar, con cinco tratamientos y ocho repeticiones.

Las dietas se formularon en forma de ensilaje de alimento total, compuesto de nopal (*Opuntia ficus-indica* Mill.) variedad Redonda, pasto buffel (*Cenchrus ciliaris*), salvado de trigo, harina de soya, maíz molido y urea (Cuadro 1). Los tratamientos consistieron en dietas con diferentes proporciones de pasto buffel y salvado de trigo como fuentes de fibra detergente neutro (FDN), en ensilaje de alimento total (EAT) a base de nopal: EAT1 - 279 g/kg de pasto buffel; EAT2 - 240 g/kg de pasto buffel y 17 g/kg de salvado de trigo; EAT3 - 198 g/kg de pasto buffel y 34 g/kg de salvado de trigo; EAT4 - 108 g/kg de pasto buffel y 74 g/kg de salvado de trigo; EAT5 - 118 g/kg de salvado de trigo en base de materia seca (MS). Las dietas se balancearon para permitir una ganancia diaria de peso promedio de 200 g/día, de acuerdo con las recomendaciones del NRC<sup>(10)</sup> (Cuadro 2).

**Cuadro 1:** Composición química de los ingredientes utilizados en las dietas experimentales

Fracción (g/kg MS)	Ingredientes					
	Nopal	Pasto buffel	Salvado de trigo	Harina de soya	Maíz molido	Urea
Materia seca*	144	623	886	896	892	980
Materia mineral	112	101	52.3	66.5	19.2	1.7
Proteína cruda	51.2	60.2	169	472	90.3	2822
Extracto etéreo	19.0	17.4	32.1	21.1	51.2	0
Fibra detergente neutro <sup>a</sup>	269	683	433	133	133	0
Fibra detergente ácido	193	479	153	92.3	44.5	0
Lignina	63.7	201	60.8	12.8	11.1	0
Celulosa	337	327	111	80.9	37.6	0
Hemicelulosa	192	123	339	55.5	97.8	0
Carbohidratos totales	837	834	717	442	845	0
Carbohidratos no fibrosos	552	86.9	302	282	715	0

MS= Materia seca; \*en g/kg Materia natural; a= corregido para cenizas y proteínas.

**Cuadro 2:** Composición química de las dietas experimentales

Ingredientes (g/kg)	Dietas experimentales				
	EAT1	EAT2	EAT3	EAT4	EAT5
Nopal	553	571	590	633	681
Pasto buffel	279	240	198	108	0
Salvado de trigo	0	17	34	74	118
Harina de soya	48	50	51	51	53
Maíz molido	116	119	124	132	147
Urea	4	3	3	2	1
Composición química (g/kg MS):					
Materia seca*	383	399	411	431	449
Materia mineral	70.5	88.1	82.8	79.4	71.1
Proteína cruda	134	136	142	141	139
Extracto etéreo	11.6	18.6	20.4	22.7	25.7
FDNap	511	435	433	439	338
Fibra detergente ácido	392	268	255	215	141
Lignina	63.9	43.1	40.7	40.2	29.3
Celulosa	328	225	214	175	111
Hemicelulosa	136	215	209	232	280
Carbohidratos totales	784	757	755	757	764
Carbohidratos no fibrosos	318	356	356	340	438
Energía metabolizable, Kcal/día	23.1	24.1	24.5	24.3	25.5

EAT1= 279 g/kg de pasto buffel; EAT2= 240 g/kg de pasto buffel y 17 g/kg de salvado de trigo; EAT3= 198 g/kg de pasto buffel y 34 g/kg de salvado de trigo; EAT4= 108 g/kg de pasto buffel y 74 g/kg de salvado de trigo; EAT5= 118 g/kg de salvado de trigo; MN= Materia natural; MS= Materia seca; FDNap= Fibra detergente neutro corregida

para cenizas y proteínas  
\*en g/kg materia natural.

El pasto buffel utilizado provino de un pasto establecido, cosechado a 65 días de edad, con 75 cm de altura, cortado a una altura de 15 cm sobre el nivel del suelo. La cosecha se realizó manualmente. El nopal cosechado a los 12 meses de edad después del corte de uniformidad. Los materiales fueron procesados en una picadora de forraje estacionaria (PP-35, Pinheiro máquinas, Itapira, São Paulo, Brasil) a un tamaño de partícula promedio de aproximadamente 2.0 cm. Los materiales fueron homogeneizados, según los tratamientos, y fueron ensilados en silos de tambor de plástico de 200 L (89 x 59 x 59 cm) con tapa removible sellada con un anillo metálico.

Las dietas se suministraron dos veces al día a las 0830 h y 1530 h y el agua se proporcionó *ad libitum*. Las sobras se recogieron y pesaron para determinar la ingesta y ajustar la ingesta de materia seca con el fin de permitir un 10 % de sobras del total ofrecido. Se recogieron muestras de los alimentos suministrados y las sobras semanalmente para su posterior análisis de laboratorio.

### **Ingesta y digestibilidad de nutrientes**

La ingesta de materia seca (IMS) se obtuvo por la diferencia entre la MS total de la dieta consumida y la MS total presente en las sobras de cada animal. La ingesta de nutrientes se determinó como la diferencia entre el total de nutrientes presentes en la dieta consumida y el total de nutrientes presentes en las sobras, en base de MS total.

La prueba de digestibilidad se realizó en el tercio final del periodo de rendimiento productivo, con una duración de 5 días de colecta precedida de 5 días de adaptación. Los animales se distribuyeron en jaulas de metabolismo provistas de comederos y bebederos. Las heces se muestrearon utilizando bolsas de recolección fijadas a los animales, que se adhirieron a los animales antes del periodo de muestreo. Las bolsas se pesaron y vaciaron dos veces al día (0800 h y 1500 h) y se recolectó una submuestra del 10 % de la cantidad total para su posterior análisis, que se almacenó a -20 °C.

### **Balance de nitrógeno**

La orina se recolectó y pesó una vez al día en baldes de plástico que contenían 100 ml de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) al 20 % para evitar la volatilización del nitrógeno y se muestreó (10 % del total excretado) para determinar el contenido de nitrógeno. El balance de nitrógeno (BN) fue calculado de acuerdo con Silva y Leão<sup>(11)</sup>.

### **Balance hídrico**

La ingesta de agua se evaluó diariamente. El agua se pesó antes de ser suministrada en baldes y se pesó de nuevo 24 h más tarde. Se distribuyeron tres baldes que contenían agua en el cobertizo cerca de las jaulas de los animales para determinar la evaporación diaria. El balance hídrico fue evaluado según Church<sup>(12)</sup>. La producción de agua

metabólica se estimó a partir del análisis químico de las dietas y se calculó multiplicando el consumo de carbohidratos, proteínas y extracto etéreo digerible por los factores 0.60, 0.42 y 1.10, respectivamente<sup>(12)</sup>.

### **Desempeño del crecimiento**

Los corderos se pesaron al principio, cada 15 días, y al final del periodo experimental, después de un periodo de privación de alimento sólido de 12 h (con acceso a agua) para obtener el peso inicial (PI), peso final (PF), ganancia total de peso (GTP;  $GTP = \text{peso final} - \text{peso inicial}$ ) y ganancia diaria de peso (GDP;  $GDP = GTP / \text{días en confinamiento}$ ). Al final del periodo experimental, se calculó la conversión alimenticia (CA) mediante la siguiente ecuación:  $CA = \text{IMS promedio} / \text{GDP promedio}$ .

### **Análisis de laboratorio**

Las muestras de dietas, sobras y heces se secaron previamente en un horno de ventilación forzada a 55 °C durante 72 h y se molieron a partículas de 1 mm (Wiley Mill, Marconi, MA-580, Piracicaba, Brasil). Todos los análisis químicos se realizaron utilizando los procedimientos descritos por el método de la AOAC<sup>(13)</sup> para materia seca (MS, método 967.03), materia mineral (MM, método 942.05), proteína cruda (PCr, método 981.10), extracto etéreo (EE; método 920.29) y fibra detergente ácido (FDA; método 973.18). El contenido de fibra detergente neutro corregida para cenizas y proteínas (utilizando alfa-amilasa termoestable) (FDNap)<sup>(14)</sup>. La lignina (LIG) se determinó tratando el residuo de fibra detergente ácido con ácido sulfúrico al 72 %<sup>(15)</sup>. La hemicelulosa (HEM) se calculó mediante la siguiente ecuación:  $HEM = \text{FDN} - \text{FDA}$ .

Para carbohidratos totales (CT), se utilizó la ecuación<sup>(16)</sup>:  $CT = 100 - (\%PCr + \%EE + \%Cenizas)$ . El contenido de carbohidratos no fibrosos (CNF) se calculó según lo propuesto por Hall<sup>(17)</sup> para dietas que contienen urea, debido a su presencia en la dieta suministrada:  $CNF = 100 - [(\%PCr - (\%urea \cdot \%PCr + \%urea)) + \%FDNap + \%EE + \%cenizas]$ .

El coeficiente de digestibilidad aparente (CDA) de los nutrientes se calculó según lo descrito por Silva y Leão<sup>(11)</sup>. Los nutrientes digeribles totales (NDT) se estimaron con base en los datos de digestibilidad aparente y calculados de acuerdo con Weiss *et al*<sup>(18)</sup>. Los NDT de las dietas se convirtieron en energía digestible (ED) y metabolizable (EM) utilizando las ecuaciones descritas por el Consejo Nacional de Investigación<sup>(19)</sup>.

### **Análisis estadístico**

Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software Statistical Analysis System version (SAS University), utilizando el GLM, con un nivel de significancia del 5 %, según la prueba de Tukey.

## Resultados

Las dietas dieron lugar a diferencias para las ingestas de PCr ( $P=0.012$ ), con valores medios más bajos para EAT1, con menor porcentaje de ensilaje de nopal en su composición, sin diferir de las dietas EAT2, EAT3 y EAT4 (Cuadro 3). La ingesta más baja de CNF fue mostrada por los animales que recibieron la dieta EAT1, sin diferir de la dieta EAT2 ( $P=0.006$ ). La dieta EAT1 también proporcionó a los animales una menor ingesta de EE a comparación de las otras dietas evaluadas ( $P=0.023$ ). Se observaron mayores ingestas de MO, EE y EM para EAT5; esta misma dieta promovió una menor ingesta de FDN ( $P<0.05$ ).

**Cuadro 3:** Ingesta, digestibilidad de materia seca y nutrientes y rendimiento productivo de corderos alimentados con ensilaje como alimento total que contiene nopal

Variables	Dietas experimentales					Valor	
	EAT1	EAT2	EAT3	EAT4	EAT5	EEM	P
Ingesta (g/d):							
Materia seca	958	950	1071	1047	1189	0.06	0.067
Materia seca, %PC	30.2	30.2	33.0	33.2	33.4	0.06	0.089
Materia orgánica	867 <sup>b</sup>	891 <sup>b</sup>	982 <sup>b</sup>	984 <sup>b</sup>	1005 <sup>a</sup>	37.3	0.016
Proteína cruda	128 <sup>b</sup>	129 <sup>ab</sup>	150 <sup>ab</sup>	147 <sup>ab</sup>	165 <sup>a</sup>	4.37	0.012
Carbohidratos no fibrosos	305 <sup>c</sup>	339 <sup>bc</sup>	382 <sup>b</sup>	357 <sup>b</sup>	521 <sup>a</sup>	17.8	0.006
Extracto etéreo	11.1 <sup>d</sup>	17.6 <sup>c</sup>	21.8 <sup>bc</sup>	23.8 <sup>b</sup>	30.6 <sup>a</sup>	0.15	0.023
Fibra detergente neutro	490 <sup>a</sup>	463 <sup>a</sup>	449 <sup>ab</sup>	414 <sup>bc</sup>	402 <sup>c</sup>	25.8	0.019
Energía metabolizable, Kcal/día	2.22 <sup>b</sup>	2.29 <sup>b</sup>	2.55 <sup>ab</sup>	2.62 <sup>ab</sup>	3.04 <sup>a</sup>	71.9	0.028
Digestibilidad (g/kg):							
Materia seca	692	643	690	642	697	13.6	0.414
Proteína cruda	818	832	833	817	788	13.8	0.170
Carbohidratos no fibrosos	758 <sup>c</sup>	780 <sup>c</sup>	796 <sup>bc</sup>	830 <sup>ab</sup>	853 <sup>a</sup>	37.5	0.001
Materia orgánica	869	846	853	866	846	27.4	0.131
Extracto etéreo	771	842	849	860	874	27.9	0.072
Fibra detergente neutro	522 <sup>ab</sup>	542 <sup>ab</sup>	535 <sup>ab</sup>	578 <sup>a</sup>	580 <sup>a</sup>	35.3	0.001
Rendimiento productivo (kg):							
Peso inicial	20.8	21.5	21.9	19.9	22.1	0.27	0.295
Peso final	31.8	31.6	31.7	31.1	34.0	0.36	0.551
Ganancia total de peso	11.0	10.1	10.9	11.2	11.9	0.19	0.598
Ganancia diaria, g/día	183	168	169	186	198	0.02	0.596
Conversión alimenticia	5.23	5.97	6.63	6.43	6.16	0.36	0.613

EEM= Error estándar de la media;

<sup>abc</sup> Medias seguidas de letras diferentes difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al nivel de 5 % de probabilidad.

El CDA de CNF ( $P=0.001$ ) fue menor en EAT1, aumentando gradualmente con el aumento del nivel de ensilaje de nopal en las dietas (Cuadro 3). Las dietas EAT4 y EAT5 tuvieron un CDA más alto de FDN en comparación con EAT1 ( $P=0.001$ ). El CDA de MS, PCr, MO y EE no mostró diferencias entre el rendimiento del EAT ( $P>0.05$ ). No se detectaron diferencias para las variables de rendimiento productivo ( $P>0.05$ ).

El EAT no tuvo un efecto significativo en el consumo, la excreción y el balance hídrico ( $P>0.05$ ; Cuadro 4). El EAT1 presentó valores medios más bajos para los contenidos de ingesta de nitrógeno ( $P=0.027$ ), nitrógeno excretado vía heces ( $P=0.001$ ) y nitrógeno excretado vía orina ( $P=0.003$ ). No hubo efecto de las dietas para el nitrógeno absorbido, el nitrógeno retenido y el balance de nitrógeno ( $P>0.05$ ).

**Cuadro 4:** Balance hídrico y balance de nitrógeno de corderos alimentados con ensilaje de alimento total que contiene nopal

Variables	Dietas experimentales					EEM	Valor <i>P</i>
	EAT1	EAT2	EAT3	EAT4	EAT5		
Balance hídrico (L/día):							
Ingesta de agua vía bebedero	2.37	2.05	2.12	2.03	2.32	0.38	0.058
Ingesta de agua vía alimento	1.52	1.42	1.53	1.38	1.19	0.06	0.055
Agua metabólica	0.50	0.53	0.53	0.61	0.61	0.04	0.115
Ingesta total de agua	4.0	3.48	3.44	3.41	3.51	0.12	0.149
Agua excretada vía heces	0.55	0.51	0.62	0.61	0.45	0.03	0.447
Agua excretada vía orina	1.03	0.88	0.93	0.89	1.07	0.08	0.348
Excreción total de agua	1.58	1.29	1.36	1.50	1.63	0.42	0.358
Agua retenida	2.09	1.82	1.89	2.12	2.24	0.33	0.219
Balance hídrico, %	39.1	37.2	39.0	43.6	46.8	3.19	0.224
Balance de nitrógeno (g/día):							
Ingesta de nitrógeno	20.5 <sup>b</sup>	20.7 <sup>ab</sup>	24.0 <sup>ab</sup>	23.6 <sup>ab</sup>	26.4 <sup>a</sup>	2.78	0.027
Nitrógeno en heces	2.50 <sup>c</sup>	2.68 <sup>bc</sup>	2.66 <sup>bc</sup>	2.92 <sup>b</sup>	3.38 <sup>a</sup>	0.30	0.001
Nitrógeno en orina	2.48 <sup>b</sup>	3.20 <sup>a</sup>	3.19 <sup>a</sup>	3.16 <sup>a</sup>	3.22 <sup>a</sup>	0.36	0.003
Nitrógeno absorbido	18.0	18.0	21.4	20.6	23.0	1.60	0.068
Nitrógeno retenido	15.5	14.8	18.1	17.2	18.7	1.85	0.214
Balance de nitrógeno, %	75.3	71.1	74.1	72.9	74.0	3.69	0.549

EEM= Error estándar de la media.

<sup>ab</sup> Medias seguidas de letras diferentes difieren estadísticamente según la prueba de Tukey al nivel de 5 % de probabilidad

## Discusión

La ingesta de materia seca de los ensilajes de alimento total mostró valores más altos que los recomendados por el NRC<sup>(10)</sup>, que sugiere la ingesta de 820g/animal/día. Por tanto, es evidente que no hubo limitaciones en la IMS (Cuadro 3), lo que indica que los ensilajes bajo estudio presentaron una fermentación deseable y una alta aceptabilidad por parte de los animales, por lo tanto, no se notó el efecto de llenado ni un efecto limitante en la demanda de energía. Siguiendo la misma tendencia, se verificó que los valores en %PC son adecuados para ovinos, que deben presentar una IMS de 3 a 5 % según el NRC<sup>(10)</sup>. La ingesta de materia seca es un factor importante en el rendimiento de ovinos en confinamiento, siendo considerada el punto determinante del suministro de nutrientes necesarios para cumplir con los requisitos de mantenimiento y ganancia de peso de los animales<sup>(20)</sup>. Aunque las dietas tuvieron una IMS similar, los animales no alcanzaron la ganancia diaria esperada de 200 g, obteniendo una GDP de 180.8 g.

La ingesta de proteínas crudas por parte de corderos alimentados con ensilajes de alimento total fue superior a la recomendada por el NRC<sup>(10)</sup>. En relación con la EM, los corderos alimentados con EAT3, EAT4 y EAT5 presentaron un consumo superior a las 2390 kcal/día recomendadas por el NRC<sup>(10)</sup>, para animales de esta categoría (Cuadro 3).

El aumento en las ingestas de EE y CNF puede explicarse por el aumento en el contenido de dichos nutrientes en las dietas, asociado con una IMS similar entre los corderos. De acuerdo con el NRC<sup>(10)</sup>, niveles adecuados de ingesta de energía para ovinos jóvenes son necesarios para que los animales se desarrollen y alcancen su potencial, y el requerimiento de mantenimiento de estos corderos se logra con menor ingesta en comparación con corderos con mayor peso y cuando se buscan mayores ganancias, para ello es esencial balancear el alimento y no solo cumplir con la calidad sino también con la cantidad de los nutrientes ofrecidos a los animales<sup>(20)</sup>. Por tanto, todas las dietas permitieron maximizar el consumo por parte de los animales, que no se vieron afectados por la limitación física debido al exceso de fibra o la alta concentración de energía.

Además, la mayor IEM observada para los animales que consumieron EAT5 debe dilucidarse por el aumento de los niveles de CNF, la reducción de los niveles de FDN y FDA que se produjo proporcionalmente al aumento en la adición de nopal y salvado de trigo en la producción de ensilaje de alimento total. Todos los ensilajes presentaron una concentración de FDN superior al 25 % y CNF inferior al 44 % en materia seca, como lo recomienda el NRC<sup>(19)</sup>. Sin embargo, el EAT4 y EAT5 mostraron valores más bajos de FDN del pasto buffel, así como el EAT5, que tuvo un valor de FDA más bajo (Cuadro 2).

El mayor coeficiente de digestibilidad de carbohidratos no fibrosos y FDN observado para EAT5 y EAT4, probablemente se deba a la mayor proporción de nopal y salvado

de trigo en las dietas. El nopal y el salvado de trigo tienen una menor concentración de lignina que el pasto buffel (Cuadro 1), favoreciendo la digestibilidad de estas dietas. Según Raffrenato *et al*<sup>(21)</sup>, la lignina tiene menos digestibilidad en la pared celular de las gramíneas que en los granos porque la lignina es una barrera importante para que las bacterias ruminales se muevan hacia la célula vegetal, reduciendo la digestión de la pared celular de las gramíneas. Este efecto puede explicar el hecho de que EAT1 es menos digerible, ya que la FDN de este ensilaje tuvo mayores proporciones de pasto buffel, mientras que la FDN de EAT5 tuvo mayores proporciones de salvado de trigo (Cuadro 3).

Los animales tuvieron un consumo medio de 2.178 L de agua/día, superior al recomendado por el NRC<sup>(10)</sup>, que sugiere 0.800 L de agua/d para cordero. Alrededor del 37.7 % de la ingesta total de agua provino de las dietas suministradas, lo que demuestra la importancia de la conservación del forraje en forma de ensilaje, con el objetivo de aumentar el suministro de agua para los animales criados en regiones con altos déficits de agua.

Como EAT4 y EAT5 mostraron mayores cantidades de salvado de trigo (Cuadro 1), también mostraron niveles más altos de proteína no degradable en el rumen que proporcionaron mayores pérdidas de N fecal que EAT1 (Cuadro 4). El balance positivo de nitrógeno indica que los animales no necesitaron desplazar las reservas de proteína corporal para satisfacer sus necesidades nutricionales y que la dieta fue suficiente para aumentar la ingesta de nitrógeno.

## Conclusiones e implicaciones

En condiciones experimentales, el uso de nopal forrajero y concentrado en forma de raciones mixtas totales de ensilaje conduce a una mayor ingesta de proteína cruda, carbohidratos no fibrosos, extracto etéreo y mayor digestibilidad de carbohidratos no fibrosos y fibra detergente neutro, sin embargo, todas las dietas resultaron viables en la alimentación de ovinos confinados, proporcionando ganancias de hasta 198 g/día según la formulación de la dieta.

## Agradecimientos

Agradecemos el financiamiento externo del Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPq), con el proceso número 435819/2018-6.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran que no tienen intereses contrapuestos.

**Literatura citada:**

1. Paula TA, Vêras ASC, Guido SI, Chagas JCC, Conceição MG, Gomes RN, *et al.* Concentrate levels associated with a new genotype of cactus (*Opuntia stricta* [Haw]. Haw.) cladodes in the diet of lactating dairy cows in a semi-arid region. *J Agric Sci* 2019;156(10):1251-1258. <https://doi.org/10.1017/S002185961900011X> 2019 v.1.
2. Oliveira JPF, Ferreira MAF, Alves AMSV, Melo ACC, Andrade IB, Urbano SA, *et al.* Carcass characteristics of lambs fed spineless cactus as a replacement for sugarcane. *Asian-Austral J Anim Sci* 2018;31(4):529-536. <https://doi.org/10.5713/ajas.17.0375>.
3. Pereira GA, Santos EM, Oliveira JS, Araújo GGL, Paulino RS, Perazzo AF, *et al.* Intake, nutrient digestibility, nitrogen balance, and microbial protein synthesis in sheep fed spineless-cactus silage and fresh spineless cactus. *Small Ruminant Res* 2021;194(e106293):1-8. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2020.106293>.
4. Miranda-Romero LA, Vazquez-Mendoza P, Burgueño-Ferreira JA, Aranda-Osorio G. Nutritive value of cactus pear silages for finishing lambs. *J Prof Assoc Cactus Dev* 2018;20(1):196-215. <http://www.jpacd.org/jpacd/article/view/37>.
5. Moura MSC, Guim A, Batista AMV, Maciel MV, Cardoso DB, Lima Júnior DM, *et al.* The inclusion of spineless cactus in the diet of lambs increases fattening of the carcass. *Meat Sci* 2020;160(e107975):1-8. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107975>.
6. Silva TS, Araújo GGL, Santos EM, Oliveira JS, Campos FS, Godoi PFA, *et al.* Water intake and ingestive behavior of sheep fed diets based on silages of cactus pear and tropical forages. *Trop Anim Health Prod* 2021;53(e224):1-7. <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02686-3>.
7. Matias AGS, Araújo GGL, Campos FS, Moraes SA, Gois GC, Silva TS, *et al.* Fermentation profile and nutritional quality of silages composed of cactus pear and maniçoba for goat feeding. *J Agric Sci* 2020;158(4):304-312. <https://doi.org/10.1017/S0021859620000581>.
8. Carvalho GGP, Rebouças RA, Campos FS, Santos EM, Araújo GGL, Gois GC, *et al.* Intake, digestibility, performance, and feeding behavior of lambs fed diets containing silages of different tropical forage species. *Anim Feed Sci Techn* 2017;228(1):140-148. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.04.006>.
9. Silva KB, Oliveira JS, Santos EM, Cartaxo FQ, Guerra RR, Souza AFN, *et al.* Ruminal and histological characteristics and nitrogen balance in lamb fed diets containing cactus as the only roughage. *Trop Anim Health Prod* 2020;52(2):637-645. <https://doi.org/10.1007/s11250-019-02051-5>.

10. NRC. Nutrient requirements of small ruminants: Sheep, goats, cervids, and new world camelids. National Research Council. The National Academy Press, Washington, DC; 2007.
11. Silva JFC, Leão MI. Fundamentos de nutrição de ruminantes. Livroceres: Piracicaba;1979.
12. Church DC. Digestive physiology and nutrition of ruminants: Digestive physiology. 2nd ed. O & B Books Publishing, Corvallis;1976.
13. Aoac - Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis of AOAC International. Ed., Latimer Jr., G.W. 20th ed. Washington, DC; 2016.
14. Mertens DR. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beaker or crucibles: collaborative study. J AOAC Int 2000;285(6):1217-1240. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12477183/>.
15. Silva DJ, Queiroz AC. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. Editora UFV, Viçosa; 2002.
16. Sniffen CJ, O'Connor JD, Van Soest PJ. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. J Anim Sci 1992;70(11):3562–3577. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1459919>.
17. Hall MB. Challenges with non-fiber carbohydrate methods. J Anim Sci 2003;81(12):3226–3232. <https://doi.org/10.2527/2003.81123226x>.
18. Weiss WP. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: Cornell Nutrition Conference Feed Manufactures, 61, Ithaca. Proc Ithaca: Cornell University, 1993:176-185.
19. NRC. Nutrient requirements of dairy cattle. National Research Council. 7th ed. Washington, DC: The National Academy Press; 2001.
20. McGrath J, Duval SM, Tamassia LFM, Kindermann M, Stemmler RT, Gouvea VN, *et al*. Nutritional strategies in ruminants: A lifetime approach. Res Vet Sci 2018;116(1):28-39. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2017.09.011>.
21. Raffrenato E, Fievisohn R, Cotanch KW, Grant RJ, Chase LE, Van Amburgh ME. Effect of lignin linkages with other plant cell wall components on *in vitro* and *in vivo* neutral detergent fiber digestibility and rate of digestion of grass forages. J Dairy Sci 2017;100(10):8119-8131. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12364>.