



## Degradación *in situ* del pastizal Chilliwär *Festuca dolichophylla* una alternativa para alimentación animal

### Chilliwär *Festuca dolichophylla* pasture *in situ* degradation an alternative for animal feed

Merlo-Maydana Flavio Eudaldo<sup>1\*</sup>, Loza-Murguía Manuel Gregorio<sup>2,3</sup>, Ku-Vera Juan Carlos<sup>4</sup>, Condori-Quispe Rene<sup>1</sup>,  
Pérez-Lugo Luis<sup>5</sup>, Albarracín-Villa Aldo<sup>1</sup>

#### Datos del Artículo

<sup>1</sup>Centro de Estudios y Formación de Post Grado e Investigación.  
Universidad Pública de El Alto.  
Estado Plurinacional de Bolivia.  
Av. Sucre A s/n. Zona Villa Esperanza.  
Tel: +591 2 2115217

<sup>2</sup>Universidad Católica Boliviana San Pablo-UCBSP, Unidad Académica Campe sina Carmen Pampa-UAC-CP, Ingeniería Agronómica. Corico-Nor Yungas La Paz, Estado Plurinacional de Bolivia.  
Tel: +591(2)8781991.

<sup>3</sup>Departamento de Enseñanza e Investigación en Bioquímica & Microbiología-DEI&BM. Unidad Académica Campesina Carmen Pampa-UAC-CP.

<sup>4</sup>Universidad Autónoma de Yucatán. Medicina Veterinaria y Zootecnia. Carretera Mérida-Xmatkuil Km 15.5, CP, 97100 Mérida, Yucatán, México. Calle 60 491A, Parque Santa Lucia, Centro, 97000 Mérida.  
Tel: +52 999 930 0900

<sup>5</sup>Universidad Autónoma de Chapingo. Facultad de Agronomía Estado de México. Carretera Federal México-Texcoco Km 38.5, 56230 Texcoco, México.  
Tel: +52 595 952 1500

#### \*Dirección de contacto:

Centro de Estudios y Formación de Post Grado e Investigación.  
Universidad Pública de El Alto.  
Estado Plurinacional de Bolivia.  
Av. Sucre A s/n. Zona Villa Esperanza.  
Tel: +591 73253351

Flavio Eudaldo Merlo-Maydana  
E-mail address:  
[merlomaydana@hotmail.com](mailto:merlomaydana@hotmail.com)

#### Palabras clave:

Chilliwär,  
estacionalidad,  
madurez,  
cinética de degradación,  
calidad de pasto nativo.

*J. Selva Andina Anim Sci.*  
2019; 6(2):47-56.

#### Historial del artículo.

Recibido marzo, 2019.  
Devuelto julio 2019.  
Aceptado agosto, 2019.

#### Resumen

El objetivo fue evaluar la cinética de degradación en el primer compartimento (C1) de llamas de la materia seca (MS) del forraje *F. dolichophylla* cosechado a 3, 6, 9, 12 y 15 semanas de crecimiento durante dos épocas (lluvias y secas). La cinética de la degradación de la proteína cruda (PC), fibra detergente neutra (FDN) y la fibra detergente ácida (FDA) fue evaluada sólo en la época de lluvias. La degradación *in situ* fue descrita por la ecuación de Ørskov *et al.*, (1980)  $D=a+b(1-\exp^{-ct})$ . Se usó un diseño de bloques completamente al azar con arreglo factorial 2 x 5, para la MS. La tasa (c) 3.24 % h<sup>-1</sup>, intercepto de la curva (a) 22.22 %, y el potencial de degradación de MS (a + b) 91.32 %, no fueron afectados (P>0.05) por la época, edad e interacción. Sin embargo, la degradación efectiva de MS (estimada con una tasa de flujo de  $k=2\% h^{-1}$ ) fue afectado (P<0.05) por la época y edad. La degradación efectiva de MS disminuyó 13.9 y 10.7 % de 3 a 15 semanas de crecimiento para las épocas de lluvias y secas, respectivamente. Las tasas de degradación de PC, 6.7 % h<sup>-1</sup>, FDN, 3.9 % h<sup>-1</sup> y la FDA, 3.6 % h<sup>-1</sup>, no fueron afectados (P>0.05) por la edad de crecimiento. Sin embargo, la degradación potencial y la efectiva ( $k=2\% h^{-1}$ ) fue influida por la edad de crecimiento, variando de 97.7 a 90.1 %, 86.0 a 80.8 %, y de 72.4 a 71.9 % de 3 a 15 semanas de crecimiento. La degradación efectiva de la PC, FDN y FDA fue afectada (P<0.05) por la edad de crecimiento, disminuyendo de 88.6 a 63 %, 63.5 a 57.1 %, y de 51.7 a 40.3 % de 3 a 15 semanas de crecimiento. Se concluye que la degradación acelerada de la proteína a tempranas horas, y baja degradación de paredes celulares provoca un desbalance en la disponibilidad de proteína y ausencia de energía.

© 2019. Journal of the Selva Andina Animal Science. Bolivia. Todos los derechos reservados.

#### Abstract

The objective was to evaluate the kinetics of degradation in the first compartment (C1) of llamas of the dry matter (DM) of forage *F. dolichophylla* harvested at 3, 6, 9, 12 and 15 weeks of growth during two seasons (rainy and dry). The degradation kinetics of crude protein (PC), neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) were evaluated only in the rainy season. In situ degradation was described by the equation of Ørskov *et al.*, (1980)  $D = a + b(1 - \exp^{-ct})$ . A completely randomized block design with a 2 x 5 factorial arrangement was used for the MS. The

Disponibil en línea, octubre, 2019.

**Editado por:**  
**Selva Andina**  
**Research Society**

**Key words:**

Chilliwa,  
 seasonality,  
 maturity,  
 kinetics of degradation,  
 quality of native grass.

rate (c) 3.24% h<sup>-1</sup>, intercept of the curve (a) 22.22%, and the degradation potential of MS (a + b) 91.32%, were not affected (P > 0.05) by the time, age and interaction. However, the effective DM degradation (estimated with a flow rate of k = 2% h<sup>-1</sup>) was affected (P < 0.05) by time and age. The effective degradation of DM decreased 13.9 and 10.7% from 3 to 15 weeks of growth for the rainy and dry seasons, respectively. The degradation rates of PC, 6.7% h<sup>-1</sup>, NDF, 3.9% h<sup>-1</sup> and the FDA, 3.6% h<sup>-1</sup>, were not affected (P > 0.05) by the age of growth. However, the potential and effective degradation (k = 2% h<sup>-1</sup>) was influenced by the age of growth, ranging from 97.7 to 90.1%, 86.0 to 80.8%, and from 72.4 to 71.9% from 3 to 15 weeks of increase. The effective degradation of PC, NDF and ADF was affected (P < 0.05) by the age of growth, decreasing from 88.6 to 63%, 63.5 to 57.1%, and from 51.7 to 40.3% from 3 to 15 weeks of growth. It is concluded that the accelerated degradation of the protein at early hours, and low degradation of cell walls causes an imbalance in the availability of protein and absence of energy.

© 2019. Journal of the Selva Andina Animal Science. Bolivia. All rights reserved.

## Introducción

La utilización de pastizales nativos (PN) en alimentación de rumiantes, conocido por los productores en Latinoamérica, al igual que en el Altiplano boliviano, por medio del pastoreo. Sin embargo, las características climáticas en el Altiplano boliviano provocan un desbalance en la producción de pastos y forrajes, con rendimiento, valor nutritivo bajísimo en época seca, y abundancia en época lluviosa.<sup>1</sup> Para contrarrestar estos efectos y garantizar el alimento para los animales, el productor en algunos casos almacena el PN para épocas secas. El pastizal Chilliwar (PCh) *Festuca dolichophylla* uno de los más utilizados en regiones altiplánicas para alimentación de rumiantes, caracterizándose por su potencial productivo, resistente al pisoteo de los animales, además persistente en climas fríos extremos.<sup>1,2</sup> Con relación a la degradabilidad potencial (DP) de materia seca (MS) del PCh, se han reportado valores en rangos de 76 a 99 %, y tasas de degradación de 1.2 a 4.4 %.<sup>2,3</sup> En tanto, los pastizales de altura en la medida que maduran sus tejidos modifican su naturaleza anatómica y química, implicando una reducción de la digestibilidad, en consecuencia el consumo del forraje.<sup>4</sup> La técnica *in situ* para cuantificar el aprovechamiento digestivo de forrajes en rumiantes, por la rapidez en la obtención de resultados, simplicidad y economía.<sup>5</sup> Entre sus

ventajas en está, sólo se requiere pequeñas cantidades de muestras utilizando bolsas de material sintético incubadas en rumen, se calcula la porción que desaparece como sinónimo de la fracción degradable de ese alimento, mientras que la que permanece en las bolsas es la fracción no degradable o indigestible.<sup>6</sup> No existe información en la literatura científica sobre la digestibilidad del PN chilliwar *F. dolichophylla* en diferentes estadios fenológicos y épocas bajo las condiciones de Altiplano, de Bolivia, por lo tanto el objetivo del presente trabajo fue evaluar la degradabilidad *in situ* en llamas del forraje de *F. dolichophylla* cosechado a diferentes edades y épocas en Tiahuanacu, Bolivia.

## Materiales y métodos

**Localización.** El presente trabajo de investigación se realizó en la comunidad originaria Guaraya, del municipio de Tiahuanacu, Provincia Ingavi, del departamento de La Paz, Estado Plurinacional de Bolivia a 75 km de la sede de Gobierno, carretera Internacional La Paz-Desaguadero, entre los paralelos 18° 20' y 16° 40' latitud sur, 68° 35' y 69° 15' longitud oeste. El clima se caracteriza por ser relativamente frío con temperaturas promedio máxima

de 15.8 y mínima de 6.3 °C, con lluvias en verano, precipitación pluvial promedio anual de 450 mm.

*Muestras de forraje.* Se utilizó planta completa (hoja y tallo) del PCh *F. dolichophylla* a cinco edades (3, 6, 9, 12 y 15 semanas de crecimiento) y dos épocas del año (lluvias y secas), provenientes de un

experimento de rendimiento y composición química del PCh, provenientes del trabajo “rendimiento de PCh”.<sup>1</sup> En la tabla 1 se detalla la composición química de materiales evaluados, realizados en el laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Agronomía de la UMSS.

**Tabla 1 Composición química (%) de *F. dolichophylla* diferentes edades y épocas utilizadas en la degradación *in situ***

Época	Edad	MO	PC	FDN	FDA	LIG
Lluvias	3	80.5	18.4	49.3	29.9	7.1
	6	82.2	14.9	51.8	31.4	6.3
	9	85.5	14.0	63.8	31.9	7.6
	12	88.4	7.0	66.2	36.8	8.9
	15	86.3	5.3	79.9	42.7	10.1
Secas	3	88.2	10.4	36.3	28.1	5.5
	6	89.5	9.0	45.8	28.3	5.7
	9	87.5	8.5	59.8	33.7	5.6
	12	90.1	5.9	61.2	32.2	7.1
	15	88.7	6.1	70.6	35.7	9.3

MO materia orgánica, PC proteína cruda, FDN fibra detergente neutra, FDA fibra detergente ácida, LIG lignina. Cosecha 2016.

*Animales.* Para la degradación *in situ* de MS de *F. dolichophylla* se utilizaron 4 llamas machos (*Lama glama*) de aproximadamente de 2 años de edad, con peso promedio de 75.5±2.4 kg de peso vivo (PV) con cánula permanente en el primer compartimento (C1), alojados en corrales de 3 x 5.5 m con piso de tierra y sin techo. Las llamas se pastorearon en el mismo PCh durante el proceso de desarrollo de la investigación.

*Degradabilidad de las muestras.* La degradabilidad *in situ* de *F. dolichophylla* evaluada<sup>5</sup>, se utilizaron 768 bolsas de poliéster obtenidas de Bar Diamond Inc (Parma-USA) de 14 x 7 cm con 50 µm de poro.<sup>7</sup> Cada bolsa fue identificada y pesada en balanza electrónica con precisión de 0.01 g, utilizándose 3 g de muestra de pasto (22 mg/cm<sup>2</sup>). Para cada edad y época se prepararon 2 bolsas (réplicas) por animal en los tiempos señalados. Antes de incubarse en el C1 las muestras se hidrataron en agua 15 min, se colocaron en una bolsa de malla plástica de 30 x 40

cm, introduciéndose al C1, se sujetó el exterior de la cánula con un cordel de plástico. Las bolsas con muestras se introdujeron al primer compartimento en tiempos regresivos es decir, empezando con tiempos largos y terminando con tiempos cortos, retirando todas las bolsas simultáneamente al final. Las bolsas fueron lavadas<sup>6</sup>, junto a las bolsas del que se estimaron la pérdida de material soluble al tiempo 0 h (So<sup>(1)</sup>). Las bolsas ya lavadas se secaron en estufa de aire forzado a 60 °C por 72 h aproximadamente, hasta obtener el peso constante.

*Parámetros de la degradación ruminal.* Los parámetros de la degradación ruminal de MS se derivaron con base a la ecuación exponencial,  $D=a+b(1-\exp^{-ct})$ .<sup>5</sup>

Se empleó el programa NOWAY<sup>8</sup>, para estimar los parámetros *a*, *b*, *c*, *a+b*, y se estimó la Degradación Efectiva (DE) a tasas de flujo de pasaje “k” de 2 h<sup>-1</sup>.

*Análisis químico de los residuos.* Se realizó análisis de proteína cruda (PC), fibra detergente neutra

(FDN) y fibra detergente acida (FDA) en residuos de degradación de MS de la época de lluvias.<sup>9,10</sup> Se eligió la época de lluvias para estos análisis por presentar el mayor rango de variación de producción agronómica, además por no presentar variación de degradación de MS entre épocas.

**Diseño experimental.** Se utilizó un diseño de bloques completamente a azar (DBCA) con un arreglo factorial de 3x4, es decir tres épocas y cinco edades con 4 animales (bloques), bajo el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_k + \beta_i + \gamma_j + (\alpha\beta)_{ij} + E_{ijk}$$

**Análisis estadísticos.** Se analizó por varianza los parámetros de degradación  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $a+b$ , y la DE a tasas de flujo de pasaje “ $k$ ” de 2 y 4 %  $h^{-1}$  en MS a diferentes épocas y edades y para PC y FDA en época de lluvias ( $P < 0.05$ ) usando SAS 9.1 (PROC GLM), el contraste de medias en épocas a través de la prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ), para la degradabilidad entre edades dentro de las épocas se realizaron superficies de respuestas para determinar las tendencias (lineal y/o cuadrática), cuando hubieron diferencias significativas en análisis de varianza entre edades e interacción época por edad y se generaron ecuaciones de predicción de acuerdo a los resultados de superficie de respuestas.<sup>11</sup>

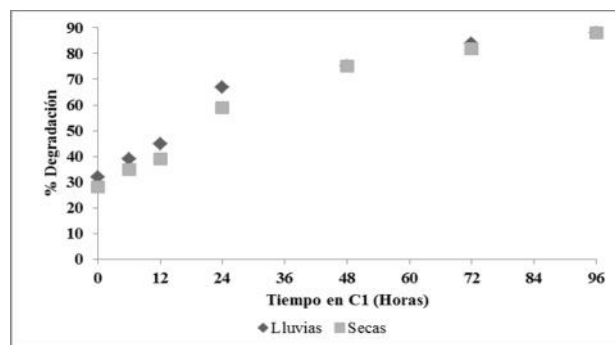
## Resultados

**Degradabilidad in situ de la MS del pasto chilliwar.** La degradabilidad de MS (%) de *F. dolichophylla* entre diferentes épocas, figura 1 y 2, expone promedios de degradabilidad de MS a diferentes edades. La degradación en edades tempranas del pasto son mayores con respecto a las edades avanzadas, esto probablemente sea efecto de la fracción soluble inicial ( $S_0$ ) ya que al avanzar el tiempo en el C1, las diferencias se acortan.

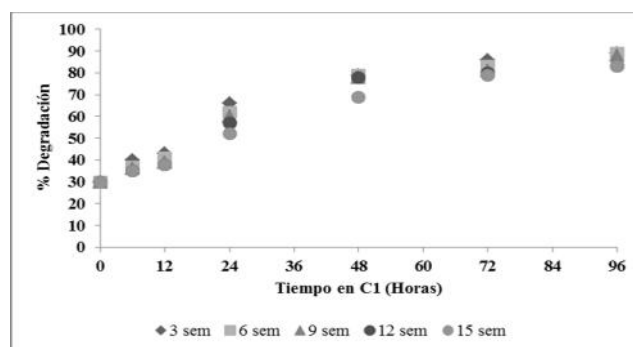
Los valores de tasa de degradación “ $c$ ” de la MS del pasto chilliwar (tabla 2) no fueron estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ ) entre épocas, edades e interacción época por edad y bloques (animales).

La  $S_0$  al tiempo cero (tabla 3) fue diferente entre épocas ( $P < 0.05$ ). No obstante, el intercepto de la curva ( $a$ ) de degradación al tiempo cero, no fue diferente entre épocas, edades y bloques (tabla 3). La superficie de respuesta para  $S_0$  de edades dentro de época fue cuadrática, así mismo la media general del intercepto ( $a$ ) fue cuadrática.

**Figura 1** Patrón de degradación de MS (%) del pasto chilliwar en dos épocas, evaluadas en llamas



**Figura 2** Promedios de degradación de MS (%) de pasto chilliwar a diferentes edades, evaluadas en llamas



La degradación de la fracción no soluble “ $b$ ” de la MS (tabla 4), reveló diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre épocas, y no fue diferente en edad, interacción época por edad, y bloques. El compor-

tamiento de las edades fue lineal para lluvias y cuadrática para época seca.

La degradabilidad potencial “a+b” (tabla 5) de MS entre épocas, edades e interacción época por edad y bloques (animales) no fueron estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ ), siendo la superficie de respuesta lineal para edades (media).

*Degradación efectiva* ( $k=2 h^{-1}$ ). La DE de MS (tabla 6), con tasa de flujo de  $2\% h^{-1}$  reporta diferencias significativas ( $P < 0.05$ ), entre épocas, edades, y no fueron diferentes en interacción época por edad y bloques. El comportamiento de la degradación fue cuadrática en cada época.

**Tabla 2 Tasa de degradación (c) de MS ( $\% h^{-1}$ ) de *F. dolichophylla* a diferentes edades y épocas (secas, lluvias)**

Edad semanas	Época		Media*
	Lluvias	Secas	
3	3.15	4.14	3.65
6	3.13	3.83	3.48
9	3.38	3.30	3.34
12	3.40	3.52	3.46
15	2.33	2.17	2.25
Media	3.08	3.39	3.24
EE	0.20	0.34	0.25

**Tabla 3 Fracción soluble medida (So) y estimada (a) de MS (%) de *F. dolichophylla* a diferentes edades y épocas**

Edad Semanas	Época				Media	
	Lluvias		Secas		So <sup>(1)</sup>	a <sup>(2)</sup>
	So <sup>(1)</sup>	a <sup>(2)</sup>	So <sup>(1)</sup>	a <sup>(2)</sup>		
3	30.62	24.64	28.33	22.38	29.48	23.51
6	30.95	23.83	28.90	22.39	29.93	23.11
5	33.44	23.28	27.32	19.23	30.38	21.25
12	33.56	21.20	26.43	18.22	30.00	19.71
15	33.54	24.93	25.43	22.07	29.49	23.50
Media	32.42 A	23.58	27.28 B	20.86	29.85	22.22
EE	0.67	0.66	0.63	0.89	0.17	0.75
Lineal	0.0425	NAL	0.0211	NAL	NAL	0.5982
Cuadrática	0.1314	NAL	0.0769	NAL	NAL	0.0419

A, B: Medias con letras diferentes entre columnas son estadísticamente diferentes (Tukey 0.05).

(1) Fracción soluble real medida en laboratorio a tiempo cero

(2) Intercepto de la curva a tiempo cero. EE: Error estándar de medias. Lineal Cuadrática = Valor de P; NAL: No se aplicó linealidad.

**Tabla 4 Degradación de la fracción no soluble (b) de MS (%) de *F. dolichophylla* a diferentes edades y época**

Edad semanas	Época		Media*
	Lluvias	Secas	
3	66.61	70.79	68.70
6	67.42	70.32	68.87
9	71.44	71.63	71.53
12	65.92	69.57	67.74
15	68.45	69.35	68.90
Media	67.97 B	70.33 A	60.15
EE	0.96	0.42	0.63
Lineal	0.7975	0.0265	NAL

**Tabla 5 Degradación potencial (a+b) de MS (%) de *F. dolichophylla* a diferentes edades y épocas (secas, lluvias)**

Edad semanas	Época		Media*
	Lluvias	Secas	
3	90.75	93.18	91.96
6	91.25	92.71	91.98
9	94.70	90.86	92.87
12	87.12	87.80	87.46
15	93.39	91.42	92.40
Media	91.44	91.19	91.32
EE	1.30	0.95	0.98

\*Media Lineal  $P=0.0067$  Cuadrática  $P=0.3471$ ; EE: Error estándar de medias

**Tabla 6 Degradación efectiva ( $k=2\% h^{-1}$ ) de *F. dolichophylla* a diferentes edades y épocas (secas, lluvias y nortes)**

Edad semanas	Época		Media*
	Lluvias	Secas	
3	69.19 a	65.66 a	67.42
6	66.42 b	64.93 a	65.68
9	66.97 c	64.12 a	66.55
12	63.08 c	61.57 b	62.33
15	58.85 d	58.63 c	59.24
Media	65.10 A	62.98 B	59.24
EE	1.64	1.29	1.46
Lineal	0.0129	0.0040	NAL
Cuadrática	0.0573	0.0241	NAL

a, b, c, d: Medias con letras diferentes entre filas son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). A,B: Medias con letras diferentes entre columnas son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). EE: Error estándar de medias. Lineal; Cuadrática = Valor de P; NAL: No se aplicó linealidad.

*Degradación de la proteína de muestras del pasto chilliwar de la época de lluvias.* La tasa (c), el intercepto de la curva (a), la degradación de la fracción no soluble (b) y la efectiva ( $k=2 h^{-1}$  y  $4\% h^{-1}$ ) fueron diferentes ( $P<0.05$ ) entre edades (tabla 7). Sin embargo la degradación potencial (a+b) no fueron diferentes entre edades. La DE tuvo un comportamiento cuadrática, sin embargo la tasa de degradación fue lineal.

*Degradación de la fibra detergente neutra del pasto chilliwar de la época lluviosa.* Los parámetros de degradación “a+b”, “b” y “c” de la FDN (tabla 8) no fueron diferentes entre edades ( $P<0.05$ ). Sin embargo la DE ( $k=2\% h^{-1}$  y  $4\% h^{-1}$ ) y el intercepto de la curva “a” fueron diferentes ( $P<0.05$ ) entre edades de 3 a 15 semanas de corte, con un comportamiento lineal la degradación efectiva.

*Degradación de la fibra detergente ácida del pasto chilliwar en la época lluviosa.* Los parámetros de degradación “a” y “b” de FDA (tabla 9) no fueron diferentes entre edades ( $P<0.05$ ). Sin embargo la “c” y “a+b” y la DE ( $k=2\% h^{-1}$  y  $4\% h^{-1}$ ) fueron diferentes ( $P<0.05$ ) entre edades, con un comportamiento de degradación de manera lineal.

## Discusión

El comportamiento cinético de degradación de MS (figura 1), fue muy similar en las dos épocas. Se observó una aparente degradación lenta en las primeras horas de inoculación de muestras de MS, para proseguir de forma acelerada a 48 h, y nuevamente lenta hasta 96 h., similar comportamiento de degradación de PN reporta en estudios realizados por Acho-Nina<sup>3</sup>. La similitud de degradación de MS (c, a, a+b) entre épocas probablemente este asociado con la composición química del material vegetal, que no varió ampliamente entre épocas (tabla 1). Sin embargo, la diferencia de degradación entre épocas para la fracción no soluble (FNS) “b” y la fracción soluble (FS) So<sup>(1)</sup> “a”, estarían explicadas por la variación de las proporciones de paredes celulares cuando varía en las épocas, en vista que, en época de secas el crecimiento fue menor y probablemente mayor concentración de hojas, en comparación en época de lluvias los pastos llegaron a floración y fructificación. Acho-Nina<sup>3</sup>, reportó para PN de la comunidad Pujrata, tasas de degradación de MS similares al presente trabajo, en PN en diferentes meses en época de lluvias.<sup>2</sup>

La degradación de la FS “a” So<sup>(1)</sup> si bien no fue diferentes, se observa en la medida de la edad se reduce, este comportamiento explicado por la concentración de paredes celulares (celulosa, hemicelulosa) que incrementan con la edad del pasto, al respecto Merlo-Maydana et al<sup>2</sup> reportan 15 a 20.9 %, estos valores son inferiores a los datos obtenidos en el presente trabajo y probablemente esta asociadas a la naturaleza de las especies en estudio, es decir, la forma de asociación de especies, en vista de que el pastizal *F. dolichophylla* en estudio existía presencia de leguminosas y especies de tipo herbáceo, en estudios en pastizales de zonas tropicales se reporta-

ron, similares (28 a 31%) comportamientos en pas- tos hasta la edad de 8 semanas de crecimientos<sup>12,13</sup>.

**Tabla 7** Parámetros de degradación de la proteína (%) de *F. dolichophylla* de diferentes edades y cosechada en épocas de lluvias

Edad semanas	c <sup>(1)</sup>	a <sup>(1)</sup>	b <sup>(1)</sup>	a+b <sup>(1)</sup>	2% h <sup>-1(2)</sup>	4% h <sup>-1(2)</sup>
3	8.8 a	48.9 a	48.8 a	97.7	88.6 a	82.4 a
6	8.1 ab	33.0 b	63.2 b	96.2	83.7 a	75.4 a
9	6.8 ab	35.3 b	60.8 b	96.1	82.3 a	73.6 b
12	5.0 b	6.8 c	87.2 c	93.8	68.7 b	54.8 b
15	4.9 b	1.4 c	88.7 c	90.1	63.0 b	48.7 b
Media	6.72	31.00	69.74	94.78	77.26	66.98
EE	0.79	7.87	7.83	1.33	4.86	6.46
Lineal	0.0048	0.0135	0.0185	0.0180	0.0083	0.0085
Cuadrática	0.0473	0.0943	0.1203	0.0302	0.0429	0.0528

(1) Parámetros del modelo  $D = a + b(1 - e^{-k})$  (Orskov *et al.*, 1980). (2) Degradación efectiva con tasas de pasaje "k" de 2 y 4 % h<sup>-1</sup> de la digesta a nivel del primer compartimento. EE: Error estándar de medias. Lineal; Cuadrática = Valor de P

**Tabla 8** Parámetros de degradación de la FDN (%) de *F. dolichophylla* de diferentes edades, cosechada en épocas de lluvias

Edad semanas	c <sup>(1)</sup>	a <sup>(1)</sup>	b <sup>(1)</sup>	a+b <sup>(1)</sup>	2% h <sup>-1(2)</sup>	4% h <sup>-1(2)</sup>
3	4.1	17.0 a	69.0	86.0	63.5 a	52.1 a
6	4.2	14.0 c	71.4	85.4	62.4 a	50.6 a
9	3.6	16.4 ab	70.9	87.3	62.2 a	50.2 a
12	3.5	14.5 bc	69.0	83.4	58.3 b	46.6 b
15	4.3	6.4 d	74.1	80.8	57.1 b	45.0 b
Media	3.94	13.66	70.88	84.58	60.70	48.90
EE	0.16	1.90	0.94	1.14	1.26	1.33
Lineal	NAL	NAL	NAL	NAL	0.0136	0.0067
Cuadrática	NAL	NAL	NAL	NAL	0.0647	0.0388

(1) Parámetros del modelo  $D = a + b(1 - e^{-k})$  (Orskov *et al.*, 1980). (2) Degradación efectiva con tasas de pasaje de digesta "k" de 2 y 4 % h<sup>-1</sup> a nivel del primer compartimento. EE: Error estándar de medias. Lineal; Cuadrática = Valor de P; NAL: No se aplicó linealidad.

**Tabla 9** Parámetros de degradación de la FDA (%) de *F. dolichophylla* de diferentes edades, cosechada en épocas de lluvias

Edad semanas	c <sup>(1)</sup>	a <sup>(1)</sup>	b <sup>(1)</sup>	a+b <sup>(1)</sup>	2% h <sup>-1(2)</sup>	4% h <sup>-1(2)</sup>
3	4.6 a	3.9	68.5	72.4 b	51.7 a	40.6 a
6	4.5 a	4.0	67.5	71.5 b	50.8 a	39.8 a
9	4.1 ab	2.7	69.7	72.3 b	49.6 a	38.1 a
12	2.5 bc	4.0	72.3	76.2 a	44.3 b	31.9 b
15	2.4 c	2.9	69.0	71.9 b	40.3 c	28.5 c
Media	3.62	3.50	69.40	72.86	47.34	35.78
EE	0.49	0.29	0.81	0.85	2.18	2.38
Lineal	0.0207	NAL	NAL	NAL	0.0121	0.0111
Cuadrática	0.0181	NAL	NAL	NAL	0.0154	0.0272

(1) Parámetros del modelo  $D = a + b(1 - e^{-k})$  (Orskov *et al.*, 1980). (2) Degradación efectiva con tasas de pasaje de digesta "k" de 2 y 4 % h<sup>-1</sup> a nivel de C1. EE: Error estándar de medias. Lineal; Cuadrática = Valor de P; NAL: No se aplicó linealidad.

Para la degradación de la fracción b y a+b, reportó de 57 a 82 % para b y 76 a 99 % para a+b, valores similares al presente trabajo<sup>2</sup>. No obstante, la degra-

dación potencial en este estudio fue superior a otras especies de gramíneas<sup>14</sup>, aunque estas revelaron tasas de degradación superiores al *F. dolichophylla*

lo cual sugiere que la fibra de *F. dolichophylla* es menos aprovechado que otras especies de pastos. La forma de asociación de paredes celulares con lignina, composición química, tienen un efecto en la cantidad que puede estar disponible (degradable) para el rumiante que se alimente de forraje. De manera general, la materia seca de *F. dolichophylla* señala menor disponibilidad cuando la edad del pasto avanza. Estos resultados concuerdan con otros autores, quienes trabajaron con forrajes del Altiplano en diferentes meses, y forrajes tropicales a diferentes edades y observaron disminución en la digestibilidad *in situ* de materia seca con mayor edad de las plantas.<sup>2,3</sup>

La DE de la MS a un flujo de pasaje de  $2\% h^{-1}$  tuvo su efecto en relación de la edad del pasto, es decir con la edad que el pasto disminuye su degradabilidad, explicada por la composición química de este, la concentración de fracciones de paredes celulares y preferentemente la lignina, son compuestos que influyen el grado de utilización o degradación de nutrientes por los microorganismos, en *F. dolichophylla* se ha observado que las paredes celulares y lignina incrementaron con su edad, lo que repercutió en la DE, valores inferiores (34 a 41 %) han sido reportados, comparados con datos de *F. dolichophylla* a tasa de pasaje de  $2\% h^{-1}$  (59 a 67%) y de  $4\% h^{-1}$  (47% a 55), son muchos factores que influyen estas diferencias, la sincronía de degradación de los componentes como la proteína y paredes celulares y la tasa de pasaje del alimento.<sup>2,3</sup>

El promedio de la tasa de degradación de la PC del pastizal de la *F. dolichophylla* de las cinco edades evaluadas fue 6.7 %, inferior a lo reportado por Merlo-Maydana et al<sup>2</sup>, de 9.8 %, esto probablemente sea producto que las muestras utilizadas fueron de la ingesta seleccionada por las llamas lo que implica partes tiernas de las plantas (hojas e inflorescencia) donde la tasa de la degradación de este tipo de

muestras es alta en comparación de muestras de planta entera (tallos, hojas y inflorescencia). Sin embargo, la tasa de degradación de las edades de 3 y 6 (8.8 y 8.1) semanas de crecimiento fue mayor, lo cual estaría explicado en parte por lo tierno que es el pasto en el inicio de rebrote es decir en la mayoría de los pastos en crecimiento se reporta mayor proporción de hojas. Las tasas obtenidas en las edades 9, 12 y 15 semanas son similares a especies de gramíneas de subtropico y trópico como *B. brizantha* (6.5), *C. nlemfuensis* (4.5), *P. maximum* (4.2) y *B. decumbens* (4.2).<sup>14,15</sup> La degradación potencial (a+b) y efectiva, fue disminuyendo con el aumento de edad de la planta del pastizal nativo, la cual tiene relación con un incremento de paredes celulares (tabla 1), que probablemente este asociado con el mayor contenido celular a tempranas edades encontradas en el presente trabajo.

La degradación potencial (a+b) y la So (a) DE ( $k=2\% h^{-1}$  y  $4\% h^{-1}$ ) disminuyeron numéricamente con la edad. No obstante la tasa de degradación de la FDN (tabla 8), fueron similares a pastizales nativos (4 a 5 %) y a pastos de zonas tropicales como *B. brizantha* (5.1), y superior a *B. decumbens* (3.2).<sup>15</sup> Asimismo la degradación potencial fue superior a los reportes en *F. dolichophylla* (71 a 82 %), contrastando objetivamente con la disponibilidad de energía que debería existir para la síntesis de microorganismos, en las primeras horas habrá deficiencias en estas, por lo tanto probablemente no haya síntesis de microorganismos, por lo tanto se debería pensar en suplementación energética en las primeras horas en vista de que la tasa de degradación es bajo en comparación de la PC<sup>2,3,14</sup>.

Las particularidades, degradabilidad de FDA (tabla 9), se observó que la tasa de degradación (c), la degradación potencial (a+b) y la DE ( $k=2\% h^{-1}$  y  $4\% h^{-1}$ ) disminuyeron en la medida de la edad del pastizal. Sin embargo contrastando con la concen-



tración de lignina que no varió con la edad (tabla 1) con un comportamiento diferente de *F. dolichophylla* con respecto a otros pastos de zonas del Altiplano.<sup>16</sup> En este caso la disminución la DE probablemente sea efecto de degradación potencial.

Lastimosamente la carencia de información relacionada con este componente, hace que se compare con pastizales de otras regiones, sin embargo la degradación de FDA, es un factor determinante para influir en la degradación de MS, PC, y FDN, en vista de que forma parte de la FDA la lignina que deprime la degradabilidad, tanto en la FDN y FDA se observa que la degradación a primeras horas es lenta lo que significa que no existe energía, y obviamente será deprimida la síntesis bacteriana que repercute en la degradación, y al final al consumo de alimento por los animales.<sup>16</sup>

La DE de MS, de *F. dolichophylla*, fue afectada por la época y se redujo conforme a la edad del pasto. El potencial de degradación y la tasa de degradación de MS no variaron notoriamente entre las edades y las épocas evaluadas.

Así mismo la DE y potencial de PC, fueron disminuyendo con la edad del pasto, mientras que la tasa de degradación no varió con la edad.

La DE de la FDN y FDA fue disminuyendo con el incremento de la edad del pasto. La degradación potencial y la tasa no variaron en las edades evaluadas.

En base a la degradación de MS, PC, FDN y FDA se concluye que la degradación acelerada de la proteína a tempranas horas, y baja degradación de paredes celulares provocará un desbalance en la disponibilidad de proteína y ausencia de energía en animales que se alimenten de este pasto, por lo tanto lo recomendable es suministrar fuentes de energía para utilizar eficientemente la proteína.

## Conflictos de intereses

Los autores declaran que no tienen conflicto de interés.

## Agradecimientos

Se agradece a la Institución DIAA SRL por el financiamiento otorgado para la ejecución del presente trabajo, y un agradecimiento a Hermanos y colegas de México.

## Aspectos éticos

Todos los procedimientos experimentales fueron aprobados por el Comité de Bioética del Centro de Estudios y Formación de Post Grado e Investigación, Universidad Pública de El Alto, respetando las normas de bienestar animal.

## Literatura citada

1. Merlo FE, Ku Vera JC, Condori R, Pérez L. Albarracín A. Efecto de la edad y la época del año sobre el rendimiento y composición química del pastizal chilliwär *Festuca dolichophylla* en Tiahuanaco, Bolivia. En XXII Reunión Nacional de Asociación Boliviana de Producción Animal: 11 al 13 de Octubre de 2018, Santa Cruz Bolivia; 2018. p.120-7.
2. Merlo Maydana FE, Copa S, Loza L, Quispe E. Centellas N. Evaluación del rendimiento, composición florística, química y caga animal de cinco tipos de praderas nativas en la Estancia Larqa Uma de la Provincia Pacajes del Altiplano Central de Bolivia. Revista Ciencia Animal 2012.
3. Acho Nina M. Degradabilidad *in situ* de pradera nativa en llamas (*Lama glama*) en época lluviosa

- en la comunidad Pujrata-Provincia Pacajes [Tesis Licenciatura]. [La Paz]. Unidad Académica Campesina Tiahuanaco. Universidad Católica Boliviana San Pablo. La Paz, Bolivia; 2003. Recuperado a partir de <https://scholarsarchive.byu.edu/etd/5323/>
4. Ramírez Pava BL. Caracterización y alternativas productivas para fincas ganaderas establecidas en la amazonia colombiana. *Agroforestería en las Américas* 2009; 9(33-34): 53-6.
  5. Ørskov ER, DeB Hovell FD, Mould F. The use of nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. *Trop Anim Prod* 1980;5(3):195-213.
  6. Ayala Burgos AJ, Rosado Rivas CM, Capetillo Leal CM, Sandoval Castro CA. Evaluación del método de lavado de bolsas (manual vs lavadora) en la técnica de degradación ruminal *in situ*. *Téc Pecu Mex* 2003;41(3):337-42.
  7. Ayala Burgos AJ, Rosado Rivas CM. Técnica degradación ruminal *in situ*. Material de apoyo didáctico. Departamento de Nutrición Animal. FMVZ-UADY; 1999.
  8. Norway. A Program for the Calculation of Degradation Curves (C) Chris Harbron, SASS, Rowett Research Institute; 1994.
  9. American Organization of Analytical Chemists International (AOAC). Official methods of analysis. 13th ed. Arlington, VA, USA: Association of Official Analytical Chemists; 1980 [Internet]. USA: [citado 26 de octubre de 2018]. Recuperado a partir de: <https://archive.org/details/gov.law.aoac.methods.1980/page/n3>
  10. Van Soest PJ. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. *J Anim Sci* 1965;24(3): 834-44. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas1965.243834x>
  11. SAS. The SAS system. Version 9.2. SAS OnlineDoc. HTML. Format, SAS Institute, Cary, NC, USA. 2004.
  12. Grajales ZR. Evaluación de la calidad nutritiva de *B. brizantha* bajo tres presiones de pastoreo, durante la época de lluvia en el oriente de Yucatán [Tesis de Maestría]. [Yucatán]. Universidad Autónoma de Yucatán, México. 2004.
  13. Vergara López J, Araujo Febres O. Producción, Composición química y degradabilidad ruminal *in situ* de *Brachiaria humidicola* (RENDLE) Schweick en el bosque seco tropical. *Rev Cient (Maracaibo)* 2006;16(3):239-48.
  14. Mendoza NP. Producción de gas *in vitro* y la degradabilidad ruminal por la técnica de la bolsa de nailon como productores de la digestibilidad aparente *in vivo* y el consumo voluntario de pastos tropicales en ovinos [Tesis Maestría]. [Yucatán]. Universidad Autónoma de Yucatán, México. 1998.
  15. Merlo Maydana FE, Ramirez L, Ayala Burgos A, Ku Vera JC. Rendimiento y valor nutritivo de *Brachiaria brizantha* a diferentes edades y épocas del año en Yucatán, México [Tesis Maestría]. [Yucatán]. Universidad Autónoma de Yucatán, México. 2008.
  16. Merlo Maydana FE Evaluación del rendimiento y valor nutritivo del pastizal nativo Chilliwar cosechados a diferentes edades y épocas del año en el Altiplano de Bolivia [Tesis Doctorado]. [La Paz]. Universidad Pública de El Alto, Bolivia. 2018.