



## Degradación ruminal *in vitro* en *Tithonia diversifolia*<sup>1</sup>

### *In vitro* ruminal degradation of *Tithonia diversifolia*

Gary Alex Meza-Bone<sup>2,3</sup>, Carlos Javier Meza-Bone<sup>2</sup>, Juan Humberto Avellaneda-Cevallos<sup>2</sup>, Luis Alberto Godoy-Montiel<sup>2</sup>, Marcos Antonio Barros-Rodríguez<sup>4</sup>, Fernando Jines-Fernández<sup>2</sup>

- <sup>1</sup> Recepción: 27 de noviembre, 2020. Aceptación: 8 de junio, 2021. Esta investigación fue financiada con Fondos Concursables FOCICYT-2016 Cuarta Convocatoria, de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), Ecuador.
- <sup>2</sup> Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Avenida Quito km 1 ½ Vía Santo Domingo de los Tsáchilas, Quevedo, Los Ríos, Ecuador. gmeza@uteq.edu.ec (autor para correspondencia, <https://orcid.org/0000-0002-6299-5643>), cmeza@uteq.edu.ec (<https://orcid.org/0000-0002-3911-2259>), javellaneda@uteq.edu.ec (<https://orcid.org/0000-0002-1805-4803>), lgodoy@uteq.edu.ec (<https://orcid.org/0000-0002-0551-9974>), fernandojines@yahoo.es (<https://orcid.org/0000-0001-6909-1658>).
- <sup>3</sup> Instituto Superior Tecnológico Ciudad de Valencia, km 3 1/2 Vía a Valencia Sector El Pital 1, Ecuador.
- <sup>4</sup> Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Sector el Tambo-La Universidad, Vía a Quero, 1801334, Cevallos, Ecuador. ma.barros@uta.edu.ec (<https://orcid.org/0000-0002-9608-5912>).

## Resumen

**Introducción.** El cantón Mocache (Ecuador) es una zona del trópico húmedo, con una época seca de seis meses, en el cual se ve afectado la disponibilidad y la calidad de los forrajes, situación que reduce la capacidad reproductiva y productiva de los rumiantes. **Objetivo.** Evaluar los parámetros de degradación ruminal *in vitro* aparente de la materia seca (DMS), la materia orgánica (DMO), la fibra en detergente neutro (DFDN) y la fibra en detergente ácido (DFDA) en *Tithonia diversifolia* cosechada a cuatro edades de corte durante la época seca. **Materiales y métodos.** La investigación se realizó en la Finca Experimental “La María” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador, entre agosto y octubre del 2017. Se utilizaron cuatro toros fistulados en el rumen. Se utilizó un diseño completo al azar (DCA). Los tratamientos fueron: *Tithonia diversifolia* 30 días de corte (T1), *Tithonia diversifolia* 45 días de corte (T2), *Tithonia diversifolia* 60 días de corte (T3) y *Tithonia diversifolia* 75 días de corte (T4). Los tiempos de incubación fueron: 3, 6, 12, 24, 48 y 72 horas con cuatro repeticiones por tratamiento. Las variables evaluadas fueron: DMS, DMO, DFDN y DFDA. **Resultados.** Los parámetros de degradación ruminal presentaron diferencias entre tratamientos ( $p < 0,05$ ), con T1 se obtuvieron las mejores DMS, DMO, DFDN y DFDA con 36,66, 35,44, 43,16 y 41,55 %, respectivamente. **Conclusión.** Los mayores parámetros de DMS, DMO, DFDN y DFDA estuvieron asociados a las edades de corte y a los componentes estructurales de la composición bromatológica. La edad de corte a los días 30 en *Tithonia diversifolia* influyó sobre las degradaciones potencial y efectiva de los nutrientes. A medida que se incrementaron las edades de corte disminuyeron los parámetros de degradación ruminal.

**Palabras clave:** forraje, nutrición animal, arbustiva, edades de corte, pared celular.



## Abstract

**Introduction.** The Mocache canton (Ecuador) is a humid tropical zone, with a dry season of six months, which affects the availability and quality of forage, a situation that reduces the productive and reproductive capacity of ruminants. **Objective.** To evaluate the apparent *in vitro* ruminal degradation parameters of dry matter (DMD), organic matter (OMD), neutral detergent fiber (NDFD), and acid detergent fiber (ADFD) in *Tithonia diversifolia* harvested at four different cutting ages during the dry season. **Materials and methods.** The research was carried out at the “La María” Experimental Farm of the Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador, between August and October 2017. Four rumen fistulated bulls were used. A complete randomized design (CRD) was used. The treatments were: *Tithonia diversifolia* at 30 days of cutting (T1), *Tithonia diversifolia* at 45 days of cutting (T2), *Tithonia diversifolia* at 60 days of cutting (T3), and *Tithonia diversifolia* at 75 days of cutting (T4). The incubation times were: 3, 6, 12, 24, 48, and 72 hours with four replicates per treatment. The variables evaluated were: DMD, OMD, NDFD, and AFD. **Results.** The ruminal degradation parameters showed statistical differences between treatments ( $p < 0.05$ ), with T1 the best DMD, OMD, NDFD, and AFD were obtained with 36.66, 35.44, 43.16, and 41.55 %, respectively). **Conclusion.** The highest DMD, OMD, NDFD, and AFD parameters were associated with the cutting ages and the structural components of the bromatological composition. The cutting age at 30 days in *Tithonia diversifolia* influenced the potential and the effective nutrients degradation. As the cutting ages increased, the ruminal degradation parameters decreased.

**Keywords:** forage, animal nutrition, bushy, cutting ages, cell wall.

## Introducción

El uso de las leguminosas es una estrategia para reducir el consumo de alimentos balanceados de alto costo en los sistemas de producción del trópico (Tobía et al., 2004). En estas zonas existen numerosas especies arbóreas y arbustivas con potencial para producir elevadas cantidades de biomasa ( $32 \text{ t MS ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ) de alto valor nutritivo, que representan una alternativa al desarrollo de la producción animal sostenible (Mejía-Díaz et al., 2016; Rodríguez-García, 2017). A pesar de esta riqueza, estas plantas apenas se utilizan como alimento para los rumiantes (Valenciaga et al., 2018). Evaluar estas especies, para incorporarlas a los sistemas de producción ganadera y brindar alternativas sostenibles, que permitan mejorar los agro-ecosistemas, es un reto para los profesionales de las ciencias agropecuarias (Valenciaga et al., 2018).

El desempeño productivo de los rumiantes está en función del valor nutricional de la dieta que consumen (Barros-Rodríguez et al., 2017). La dieta es el factor más determinante sobre el tipo y las proporciones de poblaciones microbianas del rumen, así como su capacidad para degradar carbohidratos estructurales como la celulosa, hemicelulosa y compuestos tóxicos, por lo que determina el perfil de fermentación ruminal (Tan et al., 2011). La degradabilidad ruminal de los forrajes puede estar relacionada con su composición química y su etapa fisiológica (Valenciaga et al., 2018).

*Tithonia diversifolia* posee una adecuada producción de biomasa, persistencia a la época seca, resistencia a cortes frecuentes, bajo requerimiento de fertilización y alto valor nutricional de su follaje (La O-León et al., 2008). Es una especie forrajera que se evalúa como recurso para la alimentación de rumiantes, ya que contiene valor nutricional (balance proteína entre 18 a 26 % y carbohidratos solubles de 30 a 32 %), alta palatabilidad y digestibilidad (Medina et al., 2009). Los contenidos de proteína se encuentran entre 14 a 30,6 % (La O et al., 2003) y los carbohidratos estructurales en 35,5 % para FDN y 30,4 % para FDA (Soto, 2007).

Varios son los autores que han reportado que *T. diversifolia* se caracteriza por el alto contenido de nitrógeno total, elevada proporción de nitrógeno de naturaleza aminoacídica y bajo contenido de fracciones fibrosas (González-

Castillo et al., 2014; Mejía-Díaz et al., 2016; Rodríguez-García, 2017). Presenta niveles altos de carbohidratos solubles (18,41-33%) y baja cantidad de carbohidratos no estructurales, lo que indica una posible ventaja de su utilización en rumiantes y, por ende, se espera un aprovechamiento más eficiente de los nutrientes en el rumen (Rodríguez-García, 2017).

La calidad de un forraje debe contemplar a una caracterización nutricional con cuatro aspectos que se relacionan: a) potencial de producción, b) consumo y preferencia, c) valor nutritivo y digestibilidad y d) adaptación ecológica y capacidad de regeneración (Gutiérrez et al., 2012). En el caso de la degradabilidad, este es un indicador que permite conocer la magnitud y velocidad en que se fermentan los componentes del forraje, de ahí su importancia (Gutiérrez et al., 2012).

Existen evidencias de que *Tithonia diversifolia* es una de las plantas no leguminosas que resulta promisorias para la alimentación de diferentes especies animales (La O et al., 2012; Nieves et al., 2011), por lo que es necesario profundizar en el conocimiento de esta fuente alimentaria. El objetivo de este trabajo fue evaluar los parámetros de degradación ruminal *in vitro* aparente de la materia seca (DMS), la materia orgánica (MO), la fibra en detergente neutro (FDN) y fibra en detergente ácido (FDA) en *Tithonia diversifolia*, cosechada a cuatro edades de corte durante la época seca.

## Materiales y métodos

### Localización del experimento

La investigación se realizó durante los meses de septiembre y octubre (época seca) de 2017, en la Finca Experimental “La María”, propiedad de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, localizada en la Provincia de los Ríos, del Cantón Mocache, ubicado en el km 7 de la vía Quevedo-El Empalme, Ecuador; en una zona clasificada como bosque húmedo tropical (Bh-T), a una altura de 73 msnm, temperatura promedio de 23,20 °C, precipitación de 1840,20 mm año<sup>-1</sup>, una humedad relativa del 86,34 % y una topografía plana (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2017).

### Muestras y tratamientos

Se trabajó en un cultivo de *Tithonia diversifolia* como banco forrajero durante la época seca, dicha plantación tuvo seis meses de edad previo al corte de uniformidad de las plantas, el cual se realizó a una altura de 0,50 m del suelo. La biomasa (planta completa) se cosechó a partir de 0,50 m del suelo. Se trabajó con cuatro edades de corte, con intervalos de quince días en cuatro repeticiones: *Tithonia diversifolia* cosechado a los 30 días (T1); 45 días (T2); 60 días (T3) y 75 días (T4).

Se colectó todo el forraje verde de la planta íntegra (hojas y tallos) de cada tratamiento y repetición, que fue deshidratado exponiéndolo al sol por un lapso de siete días. Las muestras se secaron en una estufa de aire forzado a 60 °C por 48 h y se molieron a 1 mm en un molino a martillo (THOMAS-Wiley, USA, Model 4.), para realizar los respectivos análisis bromatológicos.

### Composición nutricional

Los contenidos de materia seca (MS) y de cenizas, se determinaron con base en la metodología descrita por la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (Association of Official Analytical Chemists [AOAC], 2007). La proteína cruda (PC) se obtuvo como % N x 6,25 según Kjeldahl (Association of Official Analytical Chemists,

2007). Las fracciones de fibra en detergente neutro y fibra en detergente ácido (FDN y FDA) se analizaron con base en la metodología descrita por Van-Soest et al. (1991); de acuerdo con las modificaciones para el uso de bolsas filtrantes (F-57 ANKOM® Technology) y a los procedimientos para el uso del analizador semiautomático de fibras (ANKOM® Fiber Analyzer A200, ANKOM Technology), señalados en los métodos 6 y 5 para FDN y FDA, respectivamente (ANKOM Technology, 2010).

## Animales

Se utilizaron cuatro toros Brahman de 350,0±25,0 kg de peso vivo, provistos de una cánula ruminal (cuatro pulgadas de diámetro interno, Bar Diamond, Parma, Idaho, EEUU). Los animales pastorearon en praderas de *Panicum máximum* a una edad de sesenta días, con disponibilidad de agua para consumo *ad libitum*. Las dimensiones de los potreros fueron de 10 m x 20 m, donde los toros permanecían durante cinco días, para luego realizar una rotación entre los potreros

## Variables evaluadas

Se evaluó la degradación ruminal *in vitro* de la materia seca (MS), materia orgánica (MO), fibra en detergente neutro (FDN) y fibra en detergente ácido (FDA) de *Tithonia diversifolia* cosechada a los 30, 45, 60 y 75 días, durante la época seca. Se recolectó el líquido ruminal de cuatro toros en horas de la mañana (8:00 am), con los animales en ayuno, y se transportaron en termos precalentados con agua a 39,5 °C hasta el Laboratorio de Rumiología y Metabolismo de la UTEQ. Ya en el laboratorio, los líquidos ruminales se filtraron a través de cuatro capas de gasa y de inmediato se gasearon con CO<sub>2</sub> y se conservaron en baño maría. La solución buffer es un medio líquido, compuesto por macro y micro minerales, fuentes de nitrógeno y agentes reductores según el procedimiento descrito por Menke & Steingass (1988). Para la digestión ruminal se utilizó la proporción 4:1 de solución buffer (1600 mL por jarra: inóculo ruminal 400 mL por jarra). Se utilizaron cuatro jarras de digestión, y en cada una se incubaron al azar cuatro repeticiones de cada muestra de forraje (16 bolsas/jarra). Se incluyó una bolsa como blanco (bolsa vacía y sellada sin muestra) para generar el factor de corrección por ingreso de partículas o pérdida de peso de las bolsas. Se siguió el protocolo recomendado por el fabricante para el incubador DaisyII® (ANKOM Technology, Fairport, NY-USA A220) (ANKOM Technology, 2010), a una temperatura de 39,5±0,2 °C, con bolsas F-57 de un tamaño de poro de 25 μm y dimensiones de 5 x 4 cm fabricadas de poliéster/polietileno, en las cuales se depositaron 0,25 g de muestra de cada tratamiento y se incubaron por 3, 6, 12, 24, 48 y 72 h. Las bolsas se removieron al final de los periodos de incubación, se lavaron con agua corriente y se secaron a 60 °C. La desaparición de los nutrientes se calculó como una proporción del material incubado y residual. Luego se determinó la FDN y FDA con la metodología de Van-Soest et al. (1991) (ANKOM® FIBER ANALYZER A220 Technology Method). Los datos se ajustaron a la ecuación:  $Y = a + b(1 - e^{-ct})$  (Ørskov & McDonald, 1979).

Donde:

$Y$  = degradabilidad potencial.

$t$  = tiempo de incubación.

$a$  = intercepto con el eje “ $Y$ ” en el tiempo cero. Representa el sustrato soluble y degradable que sale de la bolsa.

$b$  = la diferencia entre el intercepto ( $a$ ) y la asíntota, representa la fracción insoluble, pero con potencial degradable del sustrato, el cual es degradado por los microorganismos.

$c$  = tasa constante de la degradación de la fracción  $b$  (% h<sup>-1</sup>).

$(a+b)$  = simboliza la fracción potencial degradable de la muestra.

## Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño completo al azar (DCA) con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Los resultados se sometieron a un análisis de varianza mediante el procedimiento PROC GLM (Statistical Analysis System, 2011). Las medias se evaluaron con la prueba de Tukey, a excepción de la cinética de degradación ruminal *in vitro* de los nutrientes (MS, MO, FDN y FDA) en la época seca, la cual se analizó con el programa Graphpad Prism 6 (San Diego, EEUU).

## Resultados

Los datos obtenidos de la composición nutricional del forraje de *Tithonia diversifolia* a diferentes edades de corte para el ensayo de la degradabilidad ruminal *in vitro* se observan en el Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Composición nutricional de *Tithonia diversifolia*, cosechada a diferentes edades de corte durante la época seca. Laboratorio de Rumiología y Metabolismo, Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Mocache, Ecuador. 2017.

**Table 1.** Nutritional composition of *Tithonia diversifolia*, harvested at different cutting ages during the dry season. Rumiology and Metabolism Laboratory, Universidad Tecnica Estatal de Quevedo. Mocache, Ecuador. 2017.

Edad de cosecha (días)	Composición nutricional (%)				
	MS	MO	PC	FDN	FDA
30	8,64	80,20	24,68	41,56	29,69
45	9,86	80,60	22,60	42,73	31,78
60	16,35	84,76	15,17	46,94	35,80
75	21,80	84,85	12,37	47,10	34,96

MS: materia seca; MO: materia orgánica; PC: proteína cruda; FDN: fibra en detergente neutro; FDA: fibra en detergente ácido. / MS: dry matter; MO: organic matter; PC: crude protein; FDN: neutral detergent fiber; FDA: acid detergent fiber.

### Parámetro de degradación ruminal *in vitro* de la materia seca (MS)

La degradación ruminal de la MS no registró diferencias ( $p > 0,4308$ ) para la fracción soluble (a), ni para la tasa de degradación (c) ( $p > 0,7163$ ), en las edades de corte evaluadas. Se registraron diferencias para la fracción insoluble, pero con potencial degradable (b) ( $p < 0,0291$ ), la degradación potencial (a+b) ( $p < 0,0486$ ) y la degradación efectiva (DE) ( $p < 0,0339$ ) cuando la cosecha se realizó a los 30 días con valores promedio de 69,84 %, 86,66 % y 36,66 %, respectivamente (Cuadro 2 y Figura 1).

### Parámetro de degradación ruminal *in vitro* de la materia orgánica (MO)

La degradación ruminal de la MO presentó diferencias para la fracción soluble (a) ( $p < 0,0001$ ), la degradación potencial (a+b) ( $p < 0,0002$ ) y la degradación efectiva (DE) ( $p < 0,0001$ ) cuando la cosecha se realizó a los 30 días de edad, con promedios de 17,88 %, 84,86 % y 35,44 %, respectivamente. Asimismo, la fracción insoluble pero potencialmente degradable (b) registró diferencias ( $p < 0,0001$ ) a los 30 y 45 días de edad de cosecha (66,99 % y

62,57 %, respectivamente). De la misma forma, la tasa de degradación (*c*) se evidenció diferencias ( $p < 0,0060$ ) a los 75 y 60 días con valores de 0,030 % y 0,027 %, respectivamente (Cuadro 2 y Figura 2).

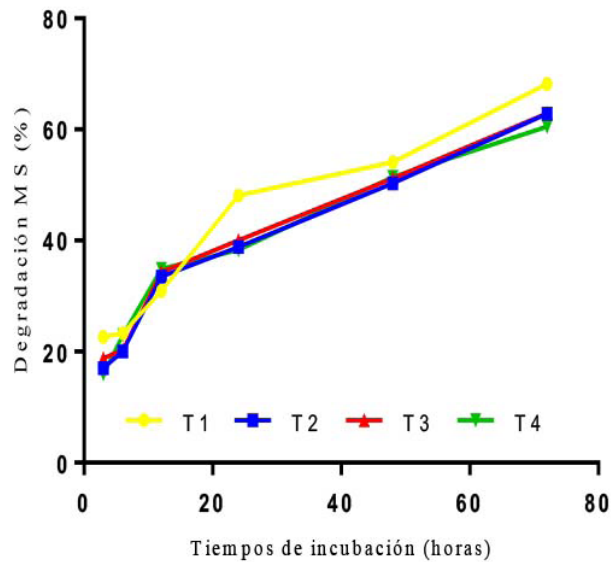
**Cuadro 2.** Parámetros de degradación ruminal *in vitro* en *Tithonia diversifolia* cosechada a diferentes edades de corte durante la época seca. Laboratorio de Rumiología y Metabolismo, Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Mocache, Ecuador. 2017.

**Table 2.** *In vitro* ruminal degradation parameters in *Tithonia diversifolia* harvested at different cutting ages during the dry season. Rumiology and Metabolism Laboratory, Universidad Tecnica Estatal de Quevedo. Mocache, Ecuador. 2017.

	Días de cosecha				EEM	Valor P
	30	45	60	75		
<b>Degradación de la MS (%)</b>						
a	16,83 a	14,11 a	14,94 a	13,78 a	1,37	0,4308
b	69,84 a	59,69 ab	55,82 ab	50,52 b	3,96	0,0291
c	0,02 a	0,02 a	0,03 a	0,03 a	0,01	0,7163
a+b	86,66 a	73,79 ab	70,76 ab	64,30 b	5,0	0,0486
DE	36,66 a	32,79 b	33,74 ab	33,47 ab	0,85	0,0339
<b>Degradación de la MO (%)</b>						
a	17,88 a	12,79 b	14,78 b	13,56 b	0,72	0,0016
b	66,99 a	62,57 a	54,36 b	51,36 b	1,68	0,0001
c	0,018 b	0,022 ab	0,027 a	0,030 a	0,002	0,0060
a+b	84,86 a	75,36 b	69,14 bc	65,19 c	2,12	0,0002
DE	35,44 a	31,52 c	33,74 b	32,81 bc	0,03	0,0001
<b>Degradación de la FDN (%)</b>						
a	24,84 a	14,10 c	23,05 ab	21,19 b	0,70	0,0001
b	53,47 a	57,95 a	43,09 b	41,74 b	1,89	0,0001
c	0,026 b	0,028 b	0,035 b	0,052 a	0,003	0,0002
a+b	78,31 a	72,06 ab	66,13 bc	62,93 c	2,01	0,0008
DE	43,16 a	34,52 c	40,62 b	42,62 a	0,26	0,0001
<b>Degradación de la FDA (%)</b>						
a	9,05 b	8,83 b	12,57 b	28,66 a	2,28	0,0001
b	58,19 a	53,26 a	44,51 b	21,59 c	1,82	0,0001
c	0,06 a	0,04 a	0,04 a	0,15 a	0,03	0,1004
a+b	67,24 a	62,09 b	57,07 c	50,24 d	0,91	0,0001
DE	41,55 a	32,14 b	32,86 b	43,38 a	0,69	0,0001

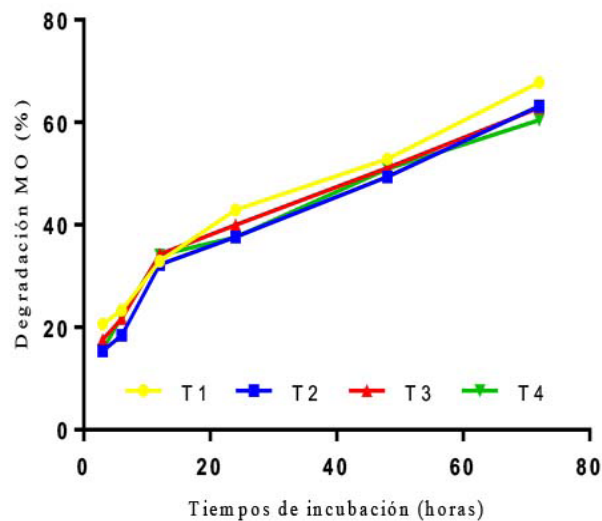
<sup>abcd</sup> Medias con letras distintas entre filas difieren significativamente ( $p < 0,05$ ) / Means with different letters between rows differ significantly ( $p < 0,05$ ).

a: fracción soluble; b: fracción insoluble pero potencialmente degradable; c: tasa de degradación en % por hora; a+b: degradación potencial %; DE: degradación efectiva; EEM: error estándar de la media / a: soluble fraction; b: insoluble but potentially degradable fraction; c: degradation rate in % by hour; a+b: potential degradation %; DE: effective degradation; EEM: standard error of the mean.



**Figura 1.** Cinética de degradación *in vitro* (CDIV) de la materia seca (MS) de *Tithonia diversifolia* durante la época seca. Laboratorio de Rumiología y Metabolismo, Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Mocache, Ecuador. 2017.

**Figure 1.** *In vitro* degradation kinetics (IVDK) of the dry matter (DM) of *Tithonia diversifolia* during the dry season. Rumiology and Metabolism Laboratory, Universidad Tecnica Estatal de Quevedo. Mocache, Ecuador. 2017.

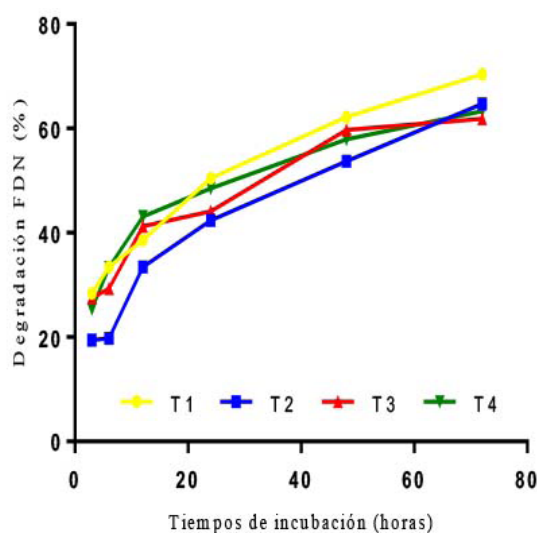


**Figura 2.** Cinética de degradación *in vitro* (CDIV) de la materia orgánica (MO) de *Tithonia diversifolia* durante la época seca. Laboratorio de Rumiología y Metabolismo, Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Mocache, Ecuador. 2017.

**Figure 2.** *In vitro* degradation kinetics (IVDK) of organic matter (OM) of *Tithonia diversifolia* during the dry season. Rumiology and Metabolism Laboratory, Universidad Tecnica Estatal de Quevedo. Mocache, Ecuador. 2017.

### Parámetro de degradación ruminal *in vitro* de la fibra en detergente neutra (FDN)

La degradación ruminal de la FDN presentó diferencias ( $p < 0,0001$ ) para la fracción soluble (a) ( $p < 0,0001$ ) y la degradación potencial (a+b) ( $p < 0,0008$ ) entre tratamientos cuando la cosecha se realizó a los 30 días de edad, con promedios de 24,84 % y 78,31 %, respectivamente. Asimismo, la fracción insoluble pero potencialmente degradable (b) registró diferencias ( $p < 0,0001$ ) a los 30 y 45 días de edad de cosecha (53,47 % y 57,95 %, respectivamente). De la misma forma, en la tasa de degradación (c) se evidenciaron diferencias ( $p < 0,0002$ ) a los 75 días con un valor de 0,052 % y la degradación efectiva (DE) registró diferencias ( $p < 0,0001$ ) a los 30 y 75 días con valores de 43,16 % y 42,62 %, respectivamente (Cuadro 2 y Figura 3).

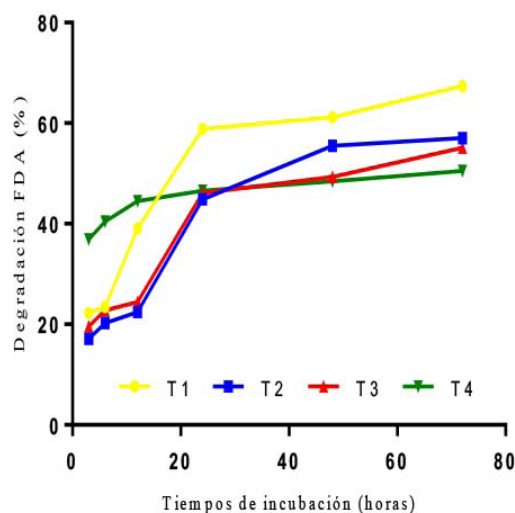


**Figura 3.** Cinética de degradación *in vitro* (CDIV) de la fibra en detergente neutro (FND) de *Tithonia diversifolia* durante la época seca. Laboratorio de Rumiología y Metabolismo, Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Mocache, Ecuador. 2017.

**Figure 3.** *In vitro* degradation kinetics (IVDK) of neutral detergent fiber (FND) of *Tithonia diversifolia* during the dry season. Rumiology and Metabolism Laboratory, Universidad Tecnica Estatal de Quevedo. Mocache, Ecuador. 2017.

### Parámetro de degradación ruminal *in vitro* de la fibra en detergente ácido (FDA)

La degradación ruminal de la FDA presentó diferencias para la fracción soluble (a) ( $p < 0,0001$ ) entre tratamientos cuando la cosecha se realizó a los 75 días de edad, con un valor de 28,66 %. Asimismo, la fracción insoluble, pero con potencial degradable (b) registró diferencias ( $p < 0,0001$ ) a los 30 y 45 días de edad de cosecha (58,19 % y 53,26 %, respectivamente). De la misma forma, la degradación potencial (a+b) presentó diferencias ( $p < 0,0001$ ) entre tratamientos, cuando la cosecha se realizó a los 30 días de edad, con un promedio de 67,24 %. Para la degradación efectiva (DE) se registraron diferencias ( $p < 0,0001$ ) a los 30 y 75 días con valores de 41,55 % y 43,38 %, respectivamente (Cuadro 2 y Figura 4).



**Figura 4.** Cinética de degradación *in vitro* (CDIV) de la fibra detergente ácido (FDA) de *Tithonia diversifolia* durante la época seca. Laboratorio de Rumiología y Metabolismo, Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Mocache, Ecuador. 2017.

**Figure 4.** *In vitro* degradation kinetics (IVDK) of the acid detergent fiber (FAD) of *Tithonia diversifolia* during the dry season. Rumiology and Metabolism Laboratory, Universidad Tecnica Estatal de Quevedo. Mocache, Ecuador. 2017.

## Discusión

La madurez fisiológica de la planta mostró un efecto directo sobre la degradación potencial y la degradación efectiva de la MS, MO, FDN y FDA. A medida que se incrementaron las edades de corte, disminuyeron los parámetros de degradación ruminal, debido a los componentes estructurales que contiene la pared celular (FDN y FDA) (Cuadro 1). Cuando una planta se cosecha a mayor edad, el contenido de nutrientes se reduce y se incrementan las fracciones fibrosas (FDN y FDA), lo que da como resultado una menor degradación ruminal (Gutiérrez et al., 2015). Sin embargo, la presencia de los factores antinutricionales en los forrajes pueden influir en la degradación de los nutrientes (Delgado et al., 2001; Keir et al., 1997).

Los mayores parámetros de degradación ruminal de MS, MO, FDN y FDA (Cuadro 2) estuvieron asociados a las edades de corte y a los componentes estructurales de la composición bromatológica (Cuadro 1). Resultados que coinciden con lo reportado por Razz et al. (2004), quienes mencionan que la degradabilidad de un forraje está ligada a las edades de corte y a sus componentes de la pared celular. Asimismo, varios trabajos han reportado que los forrajes cosechados a temprana edad, tienden a tener mayor porcentaje de proteína cruda y bajos contenidos de carbohidratos estructurales (FDN y FDA), lo que propicia una mayor degradación de los nutrientes (Ascencio-Rojas et al., 2018; Dong et al., 2017; La O et al., 2012). Por consiguiente, el menor contenido de carbohidratos propicia mayor acceso a los microorganismos ruminales y facilita su degradación (Peng et al., 2014; Salem et al., 2013).

La edad de corte en *Tithonia diversifolia* influyó en los parámetros de degradación de los nutrientes (MS, MO, FDN y FDA) (Cuadro 2). Resultados que coinciden con los reportados por Torres et al. (2013) y por Barros-Rodríguez et al. (2015). Además, de acuerdo con Estrada et al. (1998), la relación hoja:tallo de un forraje está relacionada con la edad de corte y por ende, con su degradación. En este mismo sentido, Barros-Rodríguez et al. (2017) encontraron que un forraje con mayor edad propicia una mayor lignificación y a su vez, dificulta su degradación. Se observó en el tratamiento T4 un aumento en la degradación efectiva de MS, FDN y FDA, debido a la aparición de nuevos brotes en las ramas más antiguas, lo que concuerda con Soto et al. (2009), quienes

manifestaron que estos repuntes de la digestibilidad y degradabilidad se dan en plantas no leguminosas. Cabe mencionar que, en otras investigaciones la degradación efectiva estuvo relacionada con la fracción b (Ascencio-Rojas et al., 2018; Ørskov, 2002).

## Conclusiones

Los mayores parámetros de degradación ruminal de materia seca (MS), materia orgánica (MO), fibra en detergente neutra (FDN) y fibra en detergente ácido (FDA), estuvieron asociados a las edades de corte y a los componentes estructurales de la composición bromatológica de *Tithonia diversifolia*.

A medida que se incrementaron las edades de corte disminuyeron los parámetros de degradación ruminal. Se sugiere evaluar esta especie en la época lluviosa, ya que posee un gran valor nutricional.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), Ecuador, por el financiamiento de la investigación, a través de los Fondos Concursables FOCICYT-2016 Cuarta Convocatoria. También agradecen al M.Sc. David Zapatier Santillán, Líder del laboratorio de Rumiología y Metabolismo de la UTEQ.

## Referencias

- ANKOM Technology. (2010). *Operator`s manual “Daisy” incubator*. ANKOM Technology.
- Ascencio-Rojas, L., Valles-de la Mora, B., Castillo-Gallegos, E., & Ibrahim, M. (2018). In situ ruminal degradation and effective degradation of foliage from six tree species during dry and rainy seasons in Veracruz, Mexico. *Agroforestry Systems*, 93, 123–133. <http://doi.org/10.1007/s10457-018-0184-z>
- Association of Official Analytical Chemists. (2007). *Official methods of analysis* (18<sup>th</sup> Ed). Association of Official Analytical Chemists.
- Barros-Rodríguez, M., Oña-Rodríguez, J., Mera-Andrade, E., Artieda-Rojas, J., Curay-Quispe, S., Avilés-Esquivel, & Guishca-Cunhaya, C. (2017). Degradación ruminal de dietas a base de biomasa pos-cosecha de *Amaranthus cruentus*: Efecto sobre los protozoos del rumen y producción de gas *in vitro*. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 28(4), 812–821. <http://doi.org/10.15381/rivep.v28i4.13931>
- Barros-Rodríguez, M. A., Solorio-Sánchez, F. J., Sandoval-Castro, C. A., Klieve, A., Rojas-Herrera, R. A., Briceño-Poot, E. G., & Ku-Vera, J. C. (2015). Rumen function *in vivo* and *in vitro* in sheep fed *Leucaena leucocephala*. *Tropical Animal Health and Production*, 47(4), 757–764. <https://doi.org/10.1007/s11250-015-0790-y>
- Delgado, D. C., La O, O., Chongo, B., Galindo, J., Obregón, Y., & Aldama, A. I. (2001). Cinética de la degradación ruminal *in situ* de cuatro árboles forrajeros tropicales: *Leucaena leucocephala*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Sapindus saponaria* y *Gliricidia sepium*. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 35(2), 141–145.
- Dong, S. -Z., Azarfar, A., Zou, Y., Li, S. -L., Wang, Y. -J., & Cao, Z. -J. (2017). Effects of sequence of nylon bags rumen incubation on kinetics of degradation in some commonly used feedstuffs in dairy rations. *Journal of Integrative Agriculture*, 16(1), 162–168. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(16\)61438-7](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(16)61438-7)

- Estrada, X., Ibrahim, M., Camero, A., Abarca, S., & Hidalgo, C. (1998). Degradación ruminal de forrajes tropicales cuando se sustituye king grass *Pennisetum purpureum* \* *Pennisetum typhoides* por morera *Morus alba*. *Avances de Investigación*, 5(17-18), 34–38. <http://hdl.handle.net/11554/6016>
- González-Castillo, J. C., Hahn Von-Hessberg, C. M., & Narváez-Solarte, W. (2014). Características botánicas de *Tithonia diversifolia* (Asterales: Asteraceae) y su uso en la alimentación animal. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 18(2), 45–58. [http://190.15.17.25/boletincientifico/downloads/Boletin\(18\)2\\_4.pdf](http://190.15.17.25/boletincientifico/downloads/Boletin(18)2_4.pdf)
- Gutiérrez, P., Rocha, L., Reyes-Sánchez, N., Paredes, V., & Mendieta-Araica, B. (2012). Ruminal degradation rate of *Moringa oleifera* foliage in reyna cattle using in sacco technique. *Revista Científica La Calera*, 12(18), 37–44. <https://cenida.una.edu.ni/ppericodicas/pp151g984.pdf>
- Gutiérrez, D., Borjas-Rojas, R., Rodríguez-Hernández, R., Rodríguez, Z., Stuart, R., & Sarduy, L. (2015). Evaluation of the chemical composition and *in situ* degradability of mixed silage with *Pennisetum purpureum* cv Cuba CT-169: *Moringa oleifera*. *Revista Avances en Investigación Agropecuaria*, 19(3), 7–16. <http://www.ucol.mx/revai/portal/pdf/2015/sept/1.pdf>
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2017). *Información agrometeorológica de la finca experimental “La María”*. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.
- Keir, B., Van, B. D., Preston, T. R., & Ørskov, E. R. (1997). Nutritive value of leaves from tropical trees and shrubs. 1. *In vitro* gas production and *in sacco* rumen degradability. *Livestock Research for Rural Development*, 9(4), Article 35. <http://www.lrrd.org/lrrd9/4/bren941.htm>
- La O, O., Chongo, B., Delgado, D., Ruiz, T. E., Elías, A., Stuart, J. R., & Torres, V. (2003). Degradabilidad ruminal de materia seca y nitrógeno total de seis ecotipos del género *Leucaena leucocephala*. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 37(3), 267–272. <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193018048007.pdf>
- La O, O., González, H., Orozco, A., Castillo, Y., Ruiz, O., Estrada, A., Gutiérrez, E., Bernal, H., Valenciaga, D., Castro, B., & Hernández, Y. (2012) Chemical composition, *in situ* rumen degradability, and *in vitro* digestibility of *Tithonia diversifolia* ecotypes of interest for ruminant feeding. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 46(1), 47–53.
- La O-León, O., Valenciaga Gutiérrez, D., Ruiz Vázquez, T., Ruiz Barrera, O., Castillo Castillo, Y., González García, H., Rodríguez Muela, C., Hernández, D. A., Chongo García, B., Arzola Álvarez, C., & Cairo Sotolongo, J. (2008). Efecto de la edad de corte en la capacidad fermentativa *in vitro* y la dinámica de degradación ruminal *in situ* de *Tithonia diversifolia* Orestes. *Zootecnia Tropical*, 26(3), 243–247.
- Mejía-Díaz, E., Mahecha-Ledesma, L., & Angulo-Arizala, J. (2016). *Tithonia diversifolia*: especie para ramoneo en sistemas silvopastoriles y métodos para estimar su consumo. *Agronomía Mesoamericana*, 28(1), 289–302. <http://doi.org/10.15517/am.v28i1.22673>
- Medina, M. G., García, D. E., González, M. E., Cova, J. L., & Morantinos, P. (2009). Variables morfo-estructurales y de calidad de la biomasa de *Tithonia diversifolia* en la etapa inicial de crecimiento. *Zootecnia Tropical*, 27(2), 121–134. <https://tspace.library.utoronto.ca/bitstream/1807/64348/1/zt09015.pdf>
- Menke, K. H., & Steingass, H. (1988). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. *Animal Research and Development*, 28, 5–7.
- Nieves, D., Terán, O., Cruz, L., Mena, M., Gutiérrez, F., & Ly, J. (2011). Nutrients digestibility in *Tithonia diversifolia* foliage in fattening rabbits. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14(1), 309–320. <http://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/483>

- Ørskov, E.R. (2002). *Trails and trails in livestock research*. Aberdeen.
- Ørskov, E. R., & McDonald, I. (1979). The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal Agricultural Science, Cambridge*, 92(2), 499–503. <https://doi.org/10.1017/S0021859600063048>
- Peng, Q., Khan, N. A., Wang, Z., & Yu, P. (2014). Relationship of feeds protein structural makeup in common prairie feeds with protein solubility, *in situ* ruminal degradation and intestinal digestibility. *Animal Feed Science Technology*, 194, 58–70. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.05.004>
- Razz, R., Clavero, T., & Vergara-López, J. (2004) Cinética de degradación *in situ* de la *Leucaena leucocephala* y *Panicum máximum*. *Revista Científica, FCV-LUZ*, 14(5), 424–430. [https://www.researchgate.net/publication/242619149\\_CINETICA\\_DE\\_DEGRADACION\\_IN\\_SITU\\_DE\\_LA\\_Leucaena\\_leucocephala\\_Y\\_Panicum\\_maximum\\_In\\_situ\\_Degradation\\_Kinetics\\_of\\_Leucaena\\_leucocephala\\_and\\_Panicum\\_maximum](https://www.researchgate.net/publication/242619149_CINETICA_DE_DEGRADACION_IN_SITU_DE_LA_Leucaena_leucocephala_Y_Panicum_maximum_In_situ_Degradation_Kinetics_of_Leucaena_leucocephala_and_Panicum_maximum)
- Rodríguez-García, I. (2017). Potencialidades de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray en la alimentación animal. *Livestock Research for Rural Development*, 29(4), Artículo 63. <http://www.lrrd.org/lrrd29/4/idal29063.html>
- Salem, A. Z. M., Gado, H. M., Colombatto, D., & Elghandour, M. M. Y. (2013). Effects of exogenous enzymes on nutrient digestibility, ruminal fermentation and growth performance in beef steers. *Livestock Science*, 154(1-3), 69–73. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.02.014>
- Soto, S. (2007). *Digestibilidad in vitro en forrajes tropicales a diferentes edades de rebrote* (Tesis de Licenciatura, no publicada). Universidad EARTH.
- Soto, S., Rodríguez, J. C., & Russo, R. (2009). Digestibilidad *in vitro* en forrajes tropicales a diferentes edades de rebrote. *Tierra Tropical*, 5(1), 83–89.
- Statistical Analysis System. (2011). *SAS Version 9.3. Procedure guide*. SAS Inc.
- Tan, H. Y., Siew, C. C., Abdullah, N., Liang, J. B., Huang, X. D., & Ho, Y. W. (2011). Effects of condensed tannins from *Leucaena* on methane production, rumen fermentation and populations of methanogens and protozoa *in vitro*. *Animal Feed Science Technology*, 169(3-4), 185–193. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.07.004>
- Tobía, C., Rojas, A., Villalobos, E., Soto, H., & Uribe, L. (2004). Sustitución parcial el alimento balanceado por ensilaje de soya y su efecto en la producción y calidad de la leche de vaca, en el trópico húmedo de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 28(2), 27–35.
- Torres, N., Mendoza, G. D., Bárcena, J. R., González, S. S., Loera, O., Salem, A. Z. W., & Lara, A. (2013). Effect of a fibrolytic enzymatic extract from *Cellulomonas flavigena* on *in vitro* degradation and *in vivo* digestibility and productive performance of lambs. *Animal Nutrition and Feed Science Technology*, 13, 583–592.
- Valenciaga, D., López, J. R., Galindo, J., Ruíz, T., & Monteagudo, F. (2018). Cinética de degradación ruminal de materiales vegetales de *Tithonia diversifolia* recolectados en la región oriental de Cuba. *Livestock Research for Rural Development*, 30(11), Artículo 186. <http://www.lrrd.org/lrrd30/11/daiky30186.html>
- Van-Soest, P. J., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74, 3583–3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)