



CINÉTICA DE DEGRADACIÓN RUMINAL IN VITRO EN *MORUS ALBA*

Carlos Javier Meza Bone¹
cmeza@uteq.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-3911-2259>

Tito Rigoberto Soliz Barros²
tsolis@uteq.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0004-1160-6849>

Fabricio Fabian Meza Bone³
fmeza@uteq.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-1947-6044>

Ronald Cabezas Congo⁴
rcabezas@uteq.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-6017-3283>

María Gabriela Cabanilla Campos⁵
mgcc.2023@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-9494-4499>

Jessica Sayonara Meza Bone⁶
jessicameza@itscv.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-2914-189X>

Aurelio David Zapatier Santillán⁷
aurelio.zapatier@uteq.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-3290-8016>

Gary Alex Meza Bone⁸
gmeza@uteq.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-6299-5643>

Autor para correspondencia: cmeza@uteq.edu.ec

Recibido: 6/12/2024 Aceptado: 15/01/2025 Publicado: 25/01/2025

¹⁻²Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Facultad de Ciencias Pecuarias y Biológicas. Carrera de Ingeniería Zootécnica. Campus “La María”. CP. 121250 Km. 7 ½ vía al El Empalme. Cantón Mocache. Los Ríos. Ecuador

³Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Facultad de Ciencias Pecuarias y Biológicas. Carrera de Ingeniería Forestal. Campus “La María”. CP. 121250 Km. 7 ½ vía al El Empalme. Cantón Mocache. Los Ríos. Ecuador.



4-5-6-7-8 Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Facultad de Ciencias Pecuarias y Biológicas. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Campus “La María”. CP. 121250 Km. 7 ½ vía al El Empalme. Cantón Mocache. Los Ríos. Ecuador.

RESUMEN

En el litoral pacífico ecuatoriano la producción y el valor nutricional de un forraje está limitado por las bajas precipitaciones durante la época seca, comprometiendo los parámetros productivos y reproductivos de los animales. El objetivo del estudio fue evaluar la degradabilidad ruminal *in vitro* materia seca (DMS), materia orgánica (DMO), fibra en detergente neutro (DFDN) y la fibra en detergente ácido (DFDA) en *Morus alba* cosechado a diferentes edades en la época seca. El trabajo experimental se realizó 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 T1: *Morus alba* 40 días de cosecha; T2: *Morus alba* 55 días de cosecha; T3: *Morus alba* 70 días de cosecha y T4: *Morus alba* 85 días de cosecha. Los tiempos de incubación fueron: 3, 6, 12, 24, 48 y 72 horas con cuatro repeticiones por tratamiento. Los parámetros de degradación ruminal fueron mayor ($p < 0,05$), en la degradación efectiva de DMS, DMO y DFDA en T1 (44,06; 44,77 y 31,30%, respectivamente) y en la DFDN para el T2 y T1 (43,68 y 42,72%, respectivamente). La edad de cosecha a los días 40 en *Morus alba* influyó sobre las degradaciones potencial y efectiva de la MS, MO, FDN y FDA, notándose un decremento cuando aumentan las edades de cosecha.

Palabras clave: forraje, valor nutricional, arbustiva, edades de cosecha

IN VITRO RUMINAL DEGRADATION KINETICS IN MORUS ALBA

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the *in vitro* ruminal degradability of *Morus alba* harvested at different ages during the dry season. The experimental work was carried out at the "La María" Experimental Farm of the Universidad Técnica Estatal de Quevedo between August and October 2017. Four rumen fistulated bulls were used. A complete randomized design (CRD) was used. The treatments were: *Tithonia diversifolia* at 40 days of cutting (T1); *Morus alba* at 55 days of cutting (T2); *Morus alba* at 70 days of cutting (T3) and *Morus alba* at 85 days of cutting (T4). Incubation times were as follows: 3, 6, 12, 24, 48 and 72 hours with four replications per treatment. The variables evaluated were: dry matter degradation (DMD), organic matter degradation (OMD), neutral detergent fiber degradation (NDFD) and acid detergent fiber degradation (ADFD). In the

ruminal degradation parameters, statistical differences between treatments ($p < 0.05$) were found, showing the greatest effective degradation of dry matter (DM), organic matter (OM) and acid detergent fiber (ADF) in T1 (44,06; 44,77 y 31,30%, respectively). Likewise, for the, neutral detergent fiber (NDF) in T2 and T1 (43,68 y 42,72%, respectively). The highest parameters of ruminal degradation of DM, OM, NDF and ADF were associated with the cutting ages and the fibrous fractions of the bromatological composition. The cutting age at 40 days in *Tithonia diversifolia* influenced the potential and effective degradation of DM, OM, NDF and ADF. As the cutting ages increased, the ruminal degradation parameters decreased.

Keywords: forage, animal, nutrition, shrub, cutting ages, kinetics.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción animal en el litoral ecuatoriano, la principal fuente de alimentación la constituyen los pastos y forrajes de baja calidad nutritiva (Manotoa, 2016), y altos niveles relativos de fibra y lignina presentes en el forraje. (Kurihara *et al.*, 1999)

El bajo valor nutritivo de las gramíneas forrajeras en las regiones tropicales y subtropicales representa una limitación en la productividad de los rumiantes en pastoreo, debido al elevado contenido de paredes celulares (> 700 g/kg de MS) a la baja concentración de proteína bruta (< 70 g/kg de MS) y a las bajas precipitaciones en la época seca (Rojas *et al.*, 2018) afectando la digestibilidad y el consumo voluntario, debido a un desbalance entre la materia orgánica fermentable y el contenido de nitrógeno disponible para los microorganismos ruminales (Lara *et al.*, 2009). Esto se debe a que la síntesis de proteína microbiana depende del aporte de cantidades adecuadas de proteína degradable como del tipo de carbohidrato presente en la dieta. (Hristov & Ropp 2003)

El desempeño productivo de los rumiantes está en función del valor nutricional de la dieta que consumen; así mismo, la dieta es el factor más determinante

473

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). En sistemas de producción en condiciones del litoral ecuatoriano, la principal fuente de alimentación la constituyen los pastos y forrajes de calidad nutritiva deficiente (Manotoa, 2016), y altos niveles relativos de fibra y lignina presentes en el forraje. (Kurihara *et al.* 1999)

La continua búsqueda de especies con potencial forrajero para la alimentación animal es un tema de gran interés científico, ya que puede ser mucho más sostenible que el cultivo de los pastos, en este sentido el desarrollo de la ganadería puede involucrarse directamente en la inclusión de forrajeras arbustivas y enfrentar así el déficit económico y permita mejorar la gestión de los sistemas agropecuarios (Bargas *et al.*, 2015).

Dada las características nutricionales de los pastos y forrajes, es necesario buscar alternativas que proporcionen los nutrientes necesarios a los rumiantes; una de esas alternativas puede ser el uso de la *Morus alba* ya que desde el punto de vista del contenido de N y la degradabilidad de esta fracción, estas muestran un excelente potencial como suplemento de proteína degradable dentro del rumen, además tiene nutrientes potenciales adecuados capaces de apoyar el crecimiento microbiano y posteriormente permitir un mayor rendimiento animal. (Mohamed *et al.*, 2015)

A su vez esta especie se destaca por su excelente capacidad de producción de biomasa, composición química, adaptabilidad a diversas condiciones de clima y suelo, tienen un gran potencial para mejorar los sistemas de producción animal ya que toleran mejor el mal manejo y tienen la capacidad de rebrotar y ofrecer

forraje de buena calidad en localidades con sequías prolongadas. (Cordoví *et al.* 2013)

Por consiguiente, el objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de cuatro edades de cosecha sobre los parámetros de degradación ruminal *in vitro* de los nutrientes (MS, MO, FDN y FDA) en *Morus alba* en la época seca.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del trabajo experimental

La investigación se realizó en el Laboratorio de Rumiología y Metabolismo Nutricional “RUMEN” propiedad de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Ambas instalaciones se encuentran en la Provincia de Los Ríos, del Cantón Mocache, ubicado en el km 7 de la vía Quevedo-El Empalme, Ecuador, en los meses de agosto hasta octubre (época seca) del 2017, a una altura de 73 msnm, temperatura promedio de 23,20 °C, precipitación 1840,20 mm año⁻¹, una humedad relativa del 86,34 % y una topografía plana. (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, 2017)

Muestras y tratamientos

Se trabajó en una plantación de *Morus alba* como banco forrajero durante la época seca, dicho cultivo tuvo siete meses de edad previo a la cosecha de estandarización de las plantas que se realizó a una altura de 0,50 m del suelo. La producción de biomasa (planta completa hojas y tallos) se cosecho a partir de 0,50 m del suelo. Los tratamientos fueron cuatro edades de cosecha con intervalos de 15 días en cuatro repeticiones: T1: *Morus alba* cosechado a los 40 días; T2: 55 días; T3: 70 días y T4: 85 días.

Se colectó todo el forraje verde de la planta de cada tratamiento y repetición, que fue deshidratada exponiéndola al sol. Posteriormente las muestras fueron

475

secadas en una estufa de aire forzado a 60°C por 48 horas y se molió a 1 mm en un molino a martillo (THOMAS-Wiley, USA, Model 4) para realizar los respectivos análisis bromatológicos.

Composición bromatológica

La materia seca (MS) y ceniza, determinaron según la (Asociación of Official Analytical Chemists), descrita por la (AOAC 2007). La proteína cruda (PC) se determinó como % N x 6.25, según Kjeldahl, descrita por la (AOAC 2007). Las fracciones de fibra en detergente neutro y fibra en detergente ácida (FDN y FDA) se analizaron con base en la metodología descrita por (Van Soest *et al.*, 1991), y de acuerdo a 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), señaladas en los métodos 6 y 5 para FDN y FDA, respectivamente, descritos por ANKOM® (2010).

Animales

Se utilizaron cuatro toros Brahman de 330,0 ± 20,0 kg de peso vivo, provistos de una cánula ruminal (cuatro pulgadas de diámetro interno, Bar Diamond, Parma, Idaho, EEUU). Los animales fueron pastoreados (praderas) de *Panicúm máximo*, con agua *ad libitum*.

Degradabilidad ruminal *in vitro*

Para la degradabilidad ruminal *in vitro* de la MS, MO, FDN y FDA se evaluó a la *Morus alba* cosechada a diferentes edades (40, 55, 70 y 85 días) durante la época seca. La solución buffer compuesta por minerales, fuentes de nitrógeno y agentes reductores según el procedimiento descrito por Menke y Steingass (1988).

El inóculo ruminal necesario para el procedimiento (proporción 4:1 de solución medio de cultivo: inóculo ruminal). Se siguió el protocolo recomendado por el fabricante para el incubador DaisyII®, (ANKOM Technology, Fairport, NY-USA A 220) (ANKOM 2004) a una temperatura de $39,2 \pm 0,5$ °C, usando bolsas FN° 57 con un tamaño de poro de 25 μm y dimensiones de 5 x 4 cm fabricadas de poliéster/polietileno y se depositaron 0,30 g de muestra de cada tratamiento y se incubaron a las 6, 12, 24, 48, 72 y 96 h.

Las bolsas fueron removidas al final de los periodos de incubación, lavadas con agua corriente y secadas a 60 °C. La desaparición de los nutrientes fue calculada como una proporción del material incubado y residual. Posteriormente, se determinó la FDN y FDA con la metodología de ANKOM® FIBER ANALYZER A 220 Technology Method de (Van Soest *et al.* 1991). Los datos fueron ajustados 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 completamente degradable que sale rápidamente de la bolsa

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

c = tasa constante de la degradación de la fracción b ($\% \text{ h}^{-1}$)

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

Diseño experimental

Se aplicó un diseño completamente al azar (DCA) con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones (T1= *Morus alba* a los 40 días; T2= *Morus alba* a los 55 días; T3= *Morus alba* a los 70 días y T4= *Morus alba* a los 85 días) en época seca.

Los resultados se sometieron a un análisis de varianza mediante PROC GLM del SAS (2011). Las medias se evaluaron usando la prueba de Tukey ($p < 0.05$), exceptuándose la cinética de degradación ruminal *in vitro* de los nutrientes (MS, MO, FDN y FDA) la cual se analizó con el programa Graphpad Prism 6 (San Diego, EEUU).

RESULTADOS

Composición bromatológica

Los resultados de la composición bromatológica de la *Morus alba* cosechada a diferentes edades de cosecha se detalla en la tabla 1.

Tabla 1. Composición bromatológica de *Morus alba*, cosechada a diferentes edades en la época seca.

Tratamientos	Composición bromatológica (%)				
	MS	MO	PC	FDN	FDA
T1	22,52	89,32	22,17	51,66	16,13
T2	27,75	91,09	19,84	53,53	24,93
T3	31,04	88,68	17,04	56,74	27,20
T4	33,81	88,60	13,95	56,40	22,86

MS: materia seca; MO: materia orgánica; PC: proteína cruda; FDN: fibra detergente neutra; FDA: fibra detergente ácida.

T1: *Morus alba* cosechado a los 40 días; T2: *Morus alba* cosechado a los 55 días; T3: *Morus alba* cosechado a los 70 días; T4: *Morus alba* cosechado a los 85 días.

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

La degradación ruminal de la MS no registró diferencias ($p > 0.6046$) entre tratamientos, para la fracción soluble (a). En cuanto a la fracción insoluble, pero potencialmente degradable (b) se evidencia diferencias ($p < 0,0001$) entre tratamientos, los mayores porcentajes de degradación lo presentaron el T1 y T2 (64,19% y 63,09%). En relación a la tasa de degradación (c) se registró diferencia ($p < 0,0339$) siendo el T4 (0,09%). La degradación potencial (a+b) y la degradación efectiva (DE) muestra diferencias ($P < 0,0001$) entre tratamientos, siendo el T1 (71,76 y 44,06%) respectivamente (tabla 2 y figura 1).

Tabla 2. Parámetros de degradación ruminal de la MS (%) *in vitro* en *Morus alba* cosechada a diferentes edades de cosecha en la época seca

	Tratamientos				EEM	Valor P
	T1	T2	T3	T4		
A	7,57 a	4,72 a	6,88 a	8,22 a	1,90	0,6046
B	64,19 a	63,09 a	53,78 b	47,21 b	1,89	0,0001
c	0,07 ab	0,06 b	0,07 ab	0,09 a	0,01	0,0339
a+b	71,76 a	67,80 b	60,66 c	55,43 d	0,45	0,0001
DE (0.05%)	44,06 a	39,11 b	38,36 b	38,21 b	0,42	0,0001

^{abcd} Medias con letras distintas entre filas difieren significativamente ($p < 0.05$)

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

T1: *Morus alba* cosechado a los 40 días; T2: *Morus alba* cosechado a los 55 días;

T3: *Morus alba* cosechado a los 70 días; T4: *Morus alba* cosechado a los 85 días

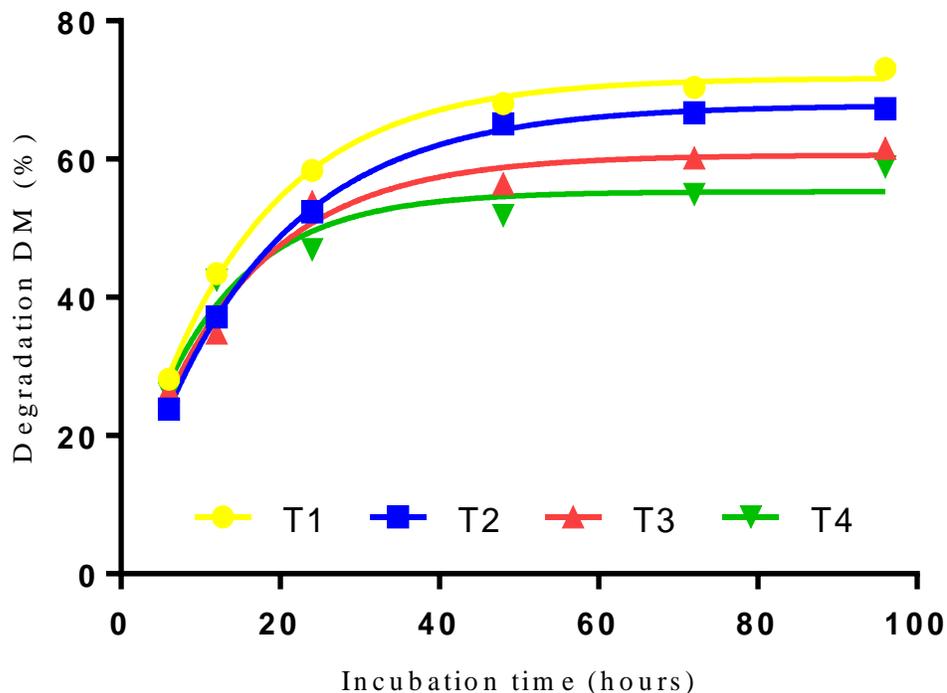


Figura 1. Cinética de degradación *in vitro* (CDIV) de la materia seca (MS) de *Morus alba* durante la época seca.

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

La degradación ruminal de la MO no presentó diferencias ($p > 0.0576$) entre tratamientos, para la fracción soluble (a) y la tasa de degradación (c). La fracción insoluble pero potencialmente degradable (b) mostró diferencia ($p < 0.0001$) entre tratamientos, obteniendo los mejores porcentajes el T2, T1 y T3 (59,66%; 57,76% y 54,86% respectivamente). Así mismo, la degradación potencial (a+b) y la degradación efectiva (DE) registró diferencia entre tratamientos ($p < 0,0001$), obteniendo los mayores resultados el T1 (68,92% y 44,77% respectivamente) (tabla 3 y figura 2).

Tabla 3. Parámetros de degradación ruminal de la MO (%) *in vitro* en *Morus alba* cosechada a diferentes edades de cosecha en la época seca

	Tratamientos				EEM	Valor P
	T1	T2	T3	T4		
A	11,16 a	7,53 a	4,54 a	9,94 a	1,61	0,0576
B	57,76 a	59,66 a	54,86 a	43,51 b	1,74	0,0001
c	0,070 a	0,065 a	0,069 a	0,076 a	0,003	0,1426
a+b	68,92 a	67,19 b	59,40 c	53,45 d	0,363	0,0001
DE	44,77 a	41,23 b	36,29 c	36,17 c	0,416	0,0001

(0.05%)

abcd Medias con letras distintas entre filas difieren significativamente ($p < 0.05$)

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

T1: *Morus alba* cosechado a los 40 días; T2: *Morus alba* cosechado a los 55 días;

T3: *Morus alba* cosechado a los 70 días; T4: *Morus alba* cosechado a los 85 días

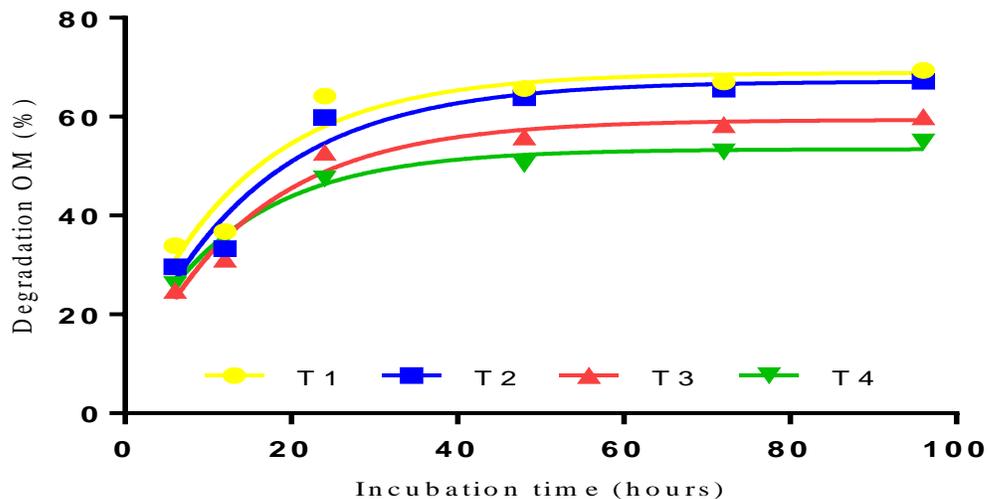


Figura 2. Cinética de degradación *in vitro* (CDIV) de la materia orgánica (MO) de *Morus alba* durante la época seca.

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

La degradación ruminal de la FDN para la fracción soluble (a) muestra diferencias ($p < 0.0001$) entre tratamientos, registrando los mayores resultados el T3; T4 y T2 (25,49%; 25,03% y 21,78% respectivamente). La fracción insoluble pero potencialmente degradable (b) y la degradación potencial (a+b) mostraron diferencia ($p < 0,0001$) entre tratamientos, siendo el T1 (51,19 y 66,62%) respectivamente. La tasa de degradación (c) muestra diferencias ($p < 0,0005$), siendo el T2 y T1 (0,061 y 0,057%). De igual forma la degradación efectiva (DE) mostraron diferencias ($p < 0,0001$) entre tratamientos, siendo el T2 y T1 (43,68 y 42,72%). (tabla 4 y figura 3).

Tabla 4. Parámetros de degradación ruminal de la FDN (%) *in vitro* en *Morus alba* cosechada a diferentes edades de cosecha en la época seca

	Tratamientos				EEM	Valor P
	T1	T2	T3	T4		
A	15,43 b	21,78 a	25,49 a	25,03 a	1,02	0,0001
B	51,19 a	40,00 b	30,56 c	26,15 c	1,25	0,0001
c	0,057 a	0,061 a	0,042 b	0,038 b	0,003	0,0005
a+b	66,620 a	61,770 b	56,050 c	51,183 d	0,511	0,0001
DE (0.05%)	42,720 a	43,685 a	39,393 b	36,205 c	0,269	0,0001

^{abcd} Medias con letras distintas entre filas difieren significativamente ($p < 0.05$)

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

T1: *Morus alba* cosechado a los 40 días; T2: *Morus alba* cosechado a los 55 días;

T3: *Morus alba* cosechado a los 70 días; T4: *Morus alba* cosechado a los 85 días

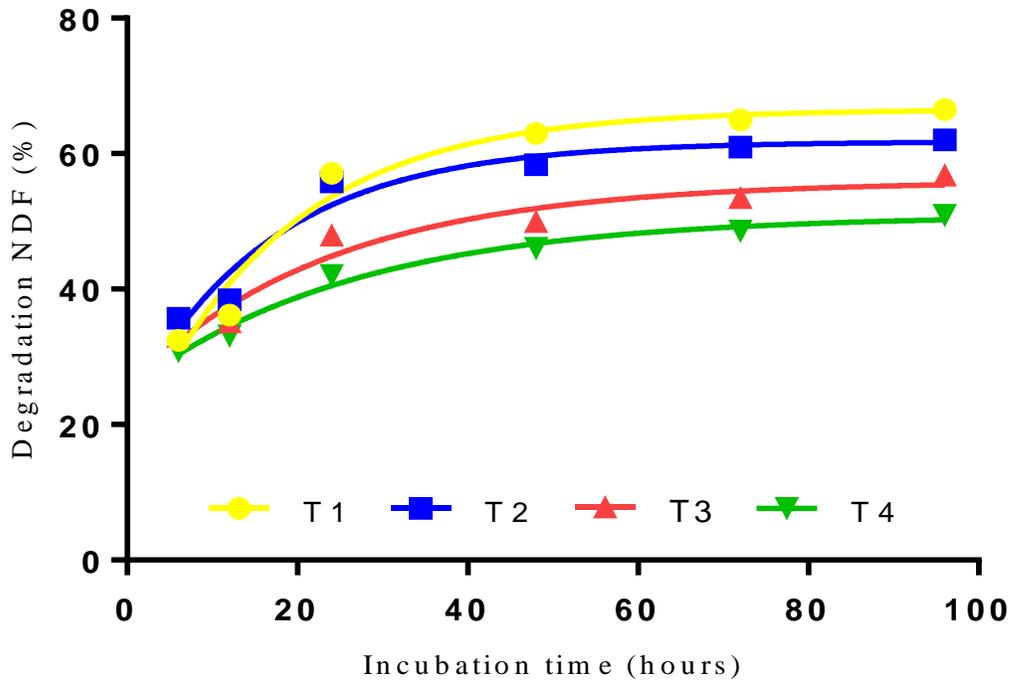


Figura 3. Cinética de degradación *in vitro* (CDIV) de la fibra en detergente neutra (FDN) de *Morus alba* durante la época seca.

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

La degradación ruminal de la FDA presentó diferencias ($p < 0.0001$) entre tratamientos, para la fracción soluble (a), la tasa de degradación (c), la degradación potencial (a+b) y la degradación efectiva (DE) siendo el T1 (17,96; 0,023; 60,12 y 31,30%) respectivamente. Así mismo, la fracción insoluble pero potencialmente degradable (b) presentó diferencias ($p < 0.0001$) siendo los mejores porcentajes el T1 y T2 (42,16% y 40,05%). (tabla 5 y figura 4).

Tabla 5. Parámetros de degradación ruminal de la FDA (%) *in vitro* en *Morus alba* cosechada a diferentes edades de cosecha en la época seca

	Tratamientos				EEM	Valor P
	T1	T2	T3	T4		
A	17,96 a	15,74 b	15,06 b	16,04 b	0,27	0,0001
B	42,16 a	40,05 a	36,79 b	27,48 c	0,50	0,0001
c	0,023 a	0,020 b	0,014 c	0,009 d	0,001	0,0001
a+b	60,123 a	55,790 b	51,850 c	43,515 d	0,538	0,0001
DE (0.05%)	31,303 a	27,355 b	22,960 c	20,275 d	0,124	0,0001

abcd Medias con letras distintas entre filas difieren significativamente ($p < 0.05$)

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

T1: *Morus alba* cosechado a los 40 días; T2: *Morus alba* cosechado a los 55 días;

T3: *Morus alba* cosechado a los 70 días; T4: *Morus alba* cosechado a los 85 días.

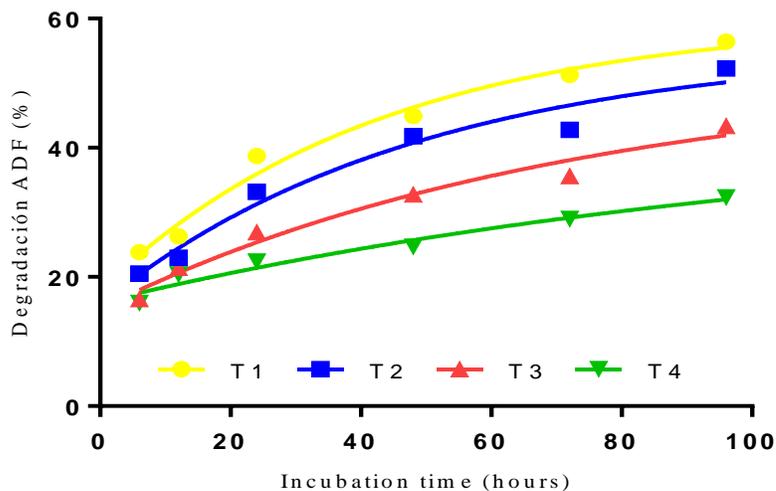


Figura 4. Cinética de degradación *in vitro* (CDIV) de la fibra en detergente ácido (FDA) de *Morus alba* durante la época seca.

Discusión

El comportamiento de los mayores parámetros de la degradabilidad *in vitro* de la MS, MO, FDN y FDA (Tabla 2) está asociado a las edades de cosecha y a las fracciones fibrosas de la composición bromatológica (Tabla 1), esto indica que a medida que se incrementan las edades de cosecha se evidencia un decremento en la degradación de los nutrientes debido a la mayor lignificación que existe en la pared celular de los forrajes. Concordando con (Avellaneda *et al.*, 2008) quienes mencionan que la degradabilidad de un forraje difiere en sus características nutritivas en función de la edad y especie. Así mismo, la madurez es uno de los principales factores que afectan a la morfología de la planta, determinando esto la calidad del forraje. (Nelson & Moser 1994)

De igual forma, Tuárez (2008) menciona que los estados de madurez fisiológica de una planta influyen en los componentes estructurales de la fibra y por ende su degradabilidad. A su vez (Salem *et al.*, 2011) y (Peng *et al.*, 2014) indica que un menor contenido de carbohidratos estructurales propicia mayor acceso a los microorganismos ruminales y facilita su degradación.

La edad de la planta influye en el contenido de la pared celular, haciéndolo más difícil y lenta su digestión por parte de los microorganismos ruminales. (Gutiérrez *et al.*, 2015; Barros *et al.*, 2017)

Un forraje a temprana edad de cosecha tendrá una menor lignificación de la pared celular lo que facilita la acción de los microorganismos del rumen y aumenta la degradación ruminal y la tasa de degradación por hora (McSweeney *et al.* 2001; Ferreira *et al.* 2016). A su vez (Barrera *et al.* 2015) menciona que la degradabilidad ruminal de los nutrientes de un forraje depende de la edad de cosecha.

Al aumentar la edad de rebrote se incrementa la síntesis de carbohidratos estructurales, disminuyendo los azúcares solubles, y afectando su calidad (Santana *et al.* 2010; González-Garduño *et al.* 2011; Nava *et al.* 2013). La calidad del forraje disminuye conforme aumenta la edad de cosecha. (Rodríguez *et al.*, 2011)

A su vez Salem *et al.* (2011; Peng *et al.* (2014) indican que también se le atribuyen al menor contenido de carbohidratos estructurales que tiene la biomasa de la *Morus alba*, ya que el menor contenido de carbohidratos propicia mayor acceso a los microorganismos ruminales y facilita su degradación. La madurez fisiológica de la planta está relacionada con la MS, MO, PC FDN, FDA y esta favorece la solubilidad de la pared celular, mayor disponibilidad de nutrientes (compuestos nitrogenados y energía), elementos que favorecen la proteólisis como resultado del incremento de la actividad enzimática de los microorganismos. Lo que concuerda con Olafadehan y Okunade (2018) quienes manifiestan que por su excelente valor biológico la *Morus alba* es un forraje considerado de rápida degradación ruminal, rápida velocidad de degradación, digestión de los elementos de la pared celular y de los compuestos nitrogenados.

La fracción insoluble de la MS, MO, FDN y FDA está íntimamente ligada a la composición química de la (MS, FDN y FDA) (Tabla 1), esto quiere decir que a medida que se incrementan las edades de cosecha se produce un decremento en la degradación. Lo que concuerda con Pinto-Ruiz *et al.* (2010) y Naranjo y Cuartas (2011), quienes indican que a menor edad de cosecha (follaje) hay una mayor utilización de la MS por parte de los microorganismos ruminales (mayor degradabilidad).

La tasa de degradación para la MS, MO, FDN y FDA permite indicar que existe una gran variabilidad entre las edades de cosecha, a su vez se puede deducir que a

mayor porcentaje de tasa de pasaje mayor es el consumo voluntario e ingestión del forraje, concordando con Fino *et al.* (2013).

CONCLUSIONES

La edad de cosecha en *Morus alba* influyó sobre los parámetros de degradación de la MS, MO, FDN y FDA.

Los mayores parámetros de degradación ruminal de MS, MO, FDN y FDA estuvieran asociados a las edades de cosecha y a las fracciones fibrosas de la composición bromatológica.

La madurez fisiológica de la planta influye en los parámetros de degradación ruminal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alexandra E. Barrera-Álvarez., J. H. Avellaneda-Cevallos., E. O. Tapia-Moreno., M. Peña-Galeas., C. A. Molina-Hidrovo., L., Casanova, F. (2015). Composición química y degradación de cuatro especies de *Pennisetum* sp. Chemical composition and degradation four species of *Pennisetum* sp. *Ciencia y Tecnología* 8(2): 13-27.
- AOAC. (2007). *Official Methods of Analysis* (18th ed) Association of Official Analytical Chemist: Arlington, VA, USA.
- Avellaneda, J., Cabezas, F., Quintana, G., Luna, R., Montañez, O., Espinoza, I., Zambrano, S., Romero, D., Vanegas, J., Pinargote, E. (2008). Comportamiento agronómico y composición química de tres variedades de *Brachiaria* en diferentes edades de cosecha. *Ciencia y Tecnología*. 1:87-94.

- Barros, M., Oña, J., Mera, R., Artieda, J., Curay, S., Avilés, D., Solorio, J., Guishca, C. (2017). Degradación Ruminal de Dietas a Base de Biomasa Poscosecha de *Amaranthus cruentus*: Efecto sobre los Protozoos del Rumen y Producción de Gas in vitro. *Rev Inv Vet Perú*. 28(4): 812-821
<http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v28i4.13931>
- Cordoví, E., Ray, J.V., Tamele, O., Nhantumbo, S., y Chimbambala, A. (2013). Caracterización de especies arbóreas y arbustivas forrajeras en clima semiárido del sur de Mozambique. *Pastos y Forrajes*, 36(4), 434-439.
- Ferreira, R., Bezerra, L., Edvan, R., Araújo, M., Marques, C., Torreão, J. and Parente, H. (2016). Physicochemical composition and ruminal degradability of *Leucaena* ensiled with different levels of buriti fruit peel. *Grassland Science*. 62(3): 160-166.
- Fino, J.A., Muñoz, F., y Roa, M. L. (2013). Calidad nutricional y degradabilidad de tres especies de árboles forrajeros utilizando vacas fistuladas. *Rev Sist Prod Agroecol*, 4(1), 2-18.
- González, I., Betancourt, M., Fuenmayor, A., Lugo, M. (2011). Producción y composición química de forrajes de dos especies de pasto Elefante (*Pennisetum* sp.) en el Noroccidente de Venezuela. *Zootecnia Tropical* 29(1): 103-112.
- Gutiérrez, O. (2015). La fisiología digestiva del rumiante, objeto de investigación en el Instituto de Ciencia Animal durante cincuenta años. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 49(2):179-188. I
- Herrera, R.S., Verdecia, D.M., Ramírez, J.L., García, M., y Cruz, A.M. (2017).

Metabolitos secundarios de *Leucaena leucocephala*. Su relación con algunos elementos del clima, diferentes expresiones de digestibilidad y metabolitos primarios. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 51(1), 107-116.

Hristov, A.N. & Ropp, J.K. (2003). Effect of dietary carbohydrate composition and availability on utilization of ruminal ammonia nitrogen for milk protein synthesis in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86:2416

Kurihara M, Magner T, Hunter R.A, McCrabb GJ. (1999). Methane production and energy partition of cattle in the tropics. *Br J Nutr* 81: 227-234.

Lara, P. E.; Canché, María C.; Magaña, H.; Aguilar, E.; Sanginés, J. R. (2009). Producción de gas in vitro y cinética de degradación de harina de forraje de morera (*Morus alba*) mezclada con maíz. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 43, Número 3, 2009. 273*

Manotoa, S. (2016). Capacidad de defaunación ruminal y mitigación de gases de efecto invernadero: efecto de leguminosas forrajeras arbóreas y arbustivas. [Tesis de Magíster. Ambato: Universidad Técnica de Ambato, Ecuador]. 48 p.

McSweeney CS., Palmer, B., McNeill, BM and Krause, DO. (2001). Microbial interaction weed tannins nutritional consequences for ruminants. *Animal Feed Science and Technology* 91: 83-93.

Menke KH, Steingass H. (1988). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Anim Res Develop* 28: 7-55.

Mohamed, K.E.; Salih, A.M., Zomrawi, W.B., Hamza, M.M., Elamin, K.M., y
489

Dousa, B.M. (2015). The Effect of drying methods on chemical composition and digestibility of *Leucaena Leucocephala* leaves. *Global Journal of Animal Scientific Research*, 3(2), 419-422.

Naranjo, J. F., Cuartas, C.A. (2011). Caracterización nutricional y de la cinética de degradación ruminal de algunos de los recursos forrajeros con potencial para la suplementación de rumiantes en el trópico alto de Colombia. *Rev CES Med Vet Zootec*, 6(1), 9-19.

Nava, J., Gutiérrez, E., Herrera, R., Zavala, F., Olivares, E., Treviño, J., Valdés, C. (2013). Rendimiento y composición química del pasto CT-115 (*Pennisetum purpureum*) establecido a dos densidades y en dos fechas de siembra en Marín, Nuevo León, México. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 47(4): 419-424.

Nelson, C. J. and L. E. Moser. (1994). Plant factors affecting forage quality. In: Fahey, G. (ed) *Forage Quality. Evaluation and Utilization*. Wisconsin, USA. Pp: 115-120.

Olafadehan, O.A. & Okunade, S.A. (2018). Fodder value of three browse forage species for growing goats. *Journal of Saudi Society of Agricultural Sciences*. 17(1): 43-50.

Orskov, E.R., y McDonald, I. (1979). The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci., Camb.* 92(2), 499-503.

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. *Anim Feed Sci Technol* 194: 58-70.

Pinto-Ruiz, R., Hernández, D., Gómez, H., Cobos, M.A., Quiroga, R., y Pezo, D. (2010). Árboles forrajeros de tres regiones ganaderas de Chiapas, México: Usos y características nutricionales. *Universidad y Ciencia*, 26(1), 19 - 31.

Rodríguez, L., Torres, V., Martínez, R., Jay, O., Noda, A., Herrera, M. (2011). Models to estimate the growth dynamics of Pennisetum purpureum cv. Cuba CT-169. *Cuban Journal of Agricultural Science* 45(4): 349-354.

Rojas García, A., Hernández Ayona, A., Sánchez-Santillán, P., Alaniz Gutierrez, L., Torres Salado, N., Herrera Pérez, J., & Escobar España, J. (2018). Cinética de fermentación y degradación in vitro de tres leguminosas rastreras nativas del municipio de Cuajinicuilapa, Guerrero. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 29(4), 1229-1236.

Salem, AFZ., El Adawy, M., Gado, H., Camacho, LM., Ronquillo, M., Alseriy, H., Borhami, BE. (2011). Effects of exogenous enzymes on nutrients digestibility and growth performance in sheep and goats. *Trop Subtrop Agroecosyst* 14: 867-874.

Santana, A., Pérez, A., Figueredo, M. (2010). Efectos del estado de madurez en el valor nutritivo y momento óptimo de cosecha del forraje napier (*Pennisetum purpureum* Schum.) en época lluviosa. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 1(3): 277-286.

Tan, HY., Sieo, CC., Abdullah, N., Liang, JB., Huang, XD., Ho, YW. (2011). Effects of condensed tannins from *Leucaena* on methane production, rumen

fermentation and populations of methanogens and protozoa in vitro. *Anim Feed Sci Technol* 169: 185-193.

Tuárez, J. (2008). *Composición química y cinética de degradación in vitro del pasto King Grass (Pennisetum purpureum x Pennisetum thipoides) en tres estados de madurez.* [Tesis de grado. Universidad de Guayaquil, Ecuador.]

Valles, B., Castillo, E., Ocaña, E. y Jarillo, J. (2014). *Cratylia argentea*: Un arbusto forrajero potencial en sistemas silvopastoriles. Rendimiento y calidad de accesiones según las edades de rebrote y estaciones climáticas. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 20 (2), 277-293.

Van Soest, P.J., Robertson, J.B., y Lewis, B.A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, 74(10), 3583-3597.

Vargas, J., Alvarez, A., Quintana, Y., Vallejos, M., Ledesma, L. (2015). Comportamiento productivo de tres especies arbustivas forrajeras en la unidad experimental “La María”, Quevedo, Ecuador. *REDVET Rev. Electrón. vet.* <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>. 16(12).