



Agronomía Mesoamericana

ISSN: 1021-7444

pccmca@cariari.ucr.ac.cr

Universidad de Costa Rica

Costa Rica

Boschini, Carlos

Degradabilidad in situ de la materia seca, proteína y fibra del forraje de morera (morus alba)

Agronomía Mesoamericana, vol. 12, núm. 1, 2001, pp. 79-88

Universidad de Costa Rica

Alajuela, Costa Rica

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43712111>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

## DEGRADABILIDAD *IN SITU* DE LA MATERIA SECA, PROTEÍNA Y FIBRA DEL FORRAJE DE MORERA (*Morus alba*)<sup>1</sup>

Carlos Boschini<sup>2</sup>

### RESUMEN

**Degradabilidad *in situ* de la materia seca, proteína y fibra del forraje de morera (*Morus alba*).** Con el propósito de conocer la degradabilidad ruminal de la materia seca, de la proteína cruda, de la fibra neutro detergente y de sus fracciones contenidas en rebrotes de morera de 56, 84 y 112 días. Se determinó la degradación en hojas, tallos y la planta entera. La degradabilidad potencial en los tres componentes estudiados fue disminuyendo conforme aumentó la edad del rebrote. La fracción soluble en la materia seca varió de 29 a 25% en la hoja y de 27 a 19% en el tallo al aumentar la edad de 56 a 112 días. La fracción degradable en la hoja se mantuvo constante en las tres edades (61-63%) con tasas de degradación ruminal de 14, 10 y 9%/h a 56, 84 y 112 días. En el tallo la fracción degradable disminuyó de 42 a 30% entre 56 y 112 días con velocidades de degradación de 8,4, 6,7 y 5,3%/h al aumentar la edad. La proteína cruda soluble disminuyó de 41 a 33% en la planta entera, conforme aumentó la edad, y la fracción degradable permaneció constante en 49-51%. La tasa de degradación fue superior a 9,4%/h. La fibra neutro detergente presentó una fracción degradable de 71%, 62% y 43% a 56, 84 y 112 días respectivamente, con tasas de degradación de 13, 10 y 9%/h en el mismo orden. La degradación de la fibra neutro detergente se inició en el rumen con un tiempo de rezago de 1,5 a 3,2 horas.

### ABSTRACT

**Degradability *in situ* of dry matter, protein and fodder fiber of mulberry (*Morus alba*).** The purpose of this study was to determine the ruminal degradability of dry matter, crude protein, neutral detergent fiber and their fractions, contained in regrowth of mulberry at 56, 84 and 112 days. The degradation of leaves, stems and the whole plant was calculated. The potential degradability of these three components diminished as the regrowth aged. The soluble fraction of the dry matter was reduced from 29% to 25% in the leaves and from 27% to 19% in the stems between the 56th and the 112th day. The degradable fraction in the stem remained constant (61-63%) on the three measuring days, with ruminal degradation levels of 14%, 10% and 9%/h respectively. In the stem the degradable fraction diminished from 42% to 30% between the 56th and 112th day, with degradation speeds of 8.4%, 6.7 % and 5.3%/h. The soluble crude protein diminished with age from 41% to 33% in the entire plant and the degradable fraction remained constant between 49% and 51%. The degradation rate was higher than 9.4%/h. The neutral detergent fiber had a degradable fraction of 71%, 62% and 43% on the 56th, 84th and 112th day, with degradation rates of 13%, 10% and 9%/h respectively. The degradation of the neutral detergent fiber began in the rumen with a lag time of 1.5 to 3.2 hours.



### INTRODUCCION

En Centroamérica la planta entera de morera ha sido una fuente de alimento forrajero para la alimentación de bovinos y caprinos de leche (Castro, 1989; Ortiz, 1992; Benavides *et al.*, 1994). Así mismo, en Brasil, China e India se emplean la hojas para la alimentación de bovinos, caprinos y ovinos (Ting-Zing *et al.*, 1988; Liu *et al.*, 2000 ). El contenido de proteína cruda (Boschini *et al.*, 1999), de energía (Eswara y Reddy, 1992) y la digestibilidad (Ortiz, 1992) reporta-

da es superior a la encontrada en las gramíneas y leguminosas tropicales; inclusive superior a la alfalfa producida en áreas subtropicales (Van Soest, 1982). Muchos subproductos fibrosos tienen un alto contenido de fibra fermentable (más del 62% de la fibra neutro detergente es degradada en rumen) (Nocek y Russell, 1988) y por esta razón pueden reemplazar una porción del grano en las dietas para vacas lecheras. El National Research Council (1989) recomienda que al menos el 75% de la fibra neutro detergente en las dietas para vacas lecheras venga del forraje.

<sup>1</sup> Inscrito en la Vicerrectoría de Investigación, No. 737-98-318

<sup>2</sup> Estación Experimental Alfredo Volio Mata. Facultad de Agronomía. Universidad de Costa Rica. San Pedro, San José, Costa Rica.

Especialmente en los países asiáticos, se recolectan sólo las hojas de morera para la alimentación de animales (Ting-Zing *et al.*, 1988). En Centroamérica, se practica la cosecha de ramas completas (rebrote completo) y se suministra en forma picada (trozos 1-2cm de largo) a los bovinos. Las vacas consumen las hojas y tallos, seleccionando especialmente hojas y tallos tiernos. La cáscara de los tallos maduros es parcialmente aprovechada. La calidad del tallo de morera es similar a la encontrada en las gramíneas forrajeras perennes (Boschini *et al.*, 1999) y dentro de ellas se ha demostrado que el estado de madurez afecta la tasa de degradación ruminal de la materia seca (Cherney *et al.*, 1992). La degradabilidad ruminal de la proteína cruda también está influenciada por el estado de madurez (Stallings *et al.*, 1991), por la especie forrajera (Nocek y Grant, 1987; Janicki y Stallings, 1988) y por el método de preservación (Tamminga *et al.*, 1991; Petit y Tremblay, 1992). El consumo de materia seca está asociado con la magnitud de la tasa de degradación de la fibra (Mertens, 1987) y en la morera la velocidad de degradación de los tallos podría limitar el consumo. El objetivo de este estudio fue evaluar la degradación ruminal de la materia seca, proteína cruda y la fibra neutro detergente contenida en hojas y tallos de morera, cosechada en diferentes estados de madurez.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en la Estación Experimental "Alfredo Volio Mata" de la Universidad de Costa Rica; ubicada en el Alto de Ochomogo, Cartago; a 1542 msnm, con una precipitación media anual de 2050 mm, distribuida de mayo a noviembre. La temperatura media es de 19,5°C y la humedad relativa media es de 84%. El suelo es de origen volcánico, clasificado como Typic Distrandepts (Vásquez, 1982) que se caracteriza por una profundidad media, buen drenaje natural y fertilidad media. El terreno empleado tiene un pH de 6. La zona se tipifica ecológicamente como bosque húmedo montano bajo (Tosi, 1970; citado por Vásquez, 1982).

Se empleó un cultivo de morera con cuatro años de establecido. Se dividió en tres lotes de tratamientos, cada uno fue uniformado a la altura de poda de 60cm. En cada edad de rebrote se separaron cuatro repeticiones. Los lotes fueron fertilizados con una dosis equivalente a 300 y 120kg/ha/año de N<sub>2</sub> y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente. No se aplicó K<sub>2</sub>O debido a que la concentración fue alta al momento de la poda (K >200 ppm). Los forrajes (rebrotos - tratamientos) fueron cosechados en tres estados de madurez: 56, 84 y 112 días de edad. En cada tratamiento y repetición se extrajo una muestra de ramas completas. Cada muestra fue separada a mano en

hojas y tallo, pesadas y secada a 55°C por 48h. Después del secado, 800g de cada estado de madurez, parte de la rama y repetición fueron molidos a través de una malla de dos mm en un molino Wiley (Arthur Thomas, Philadelphia, PA) y almacenados para la evaluación ruminal *in situ*.

La evaluación *in situ* para cada estado de madurez, parte de la planta fueron incubadas en cuatro animales machos con fístula ruminal, colocando en cada uno las repeticiones en períodos de 72h. Los animales se mantuvieron con una dieta base de pasto Estrella Africana (*Cynodon nlemfluensis*) y Morera en una proporción de uno a uno durante 15 días antes de iniciar el período de incubación ruminal y durante todo el período de prueba. La bolsas de Dacron (12 x 6cm; 52m tamaño de poro) se llenaron con cinco g de forraje seco. Las bolsas se prepararon en la forma recomendada por Shaver *et al.* (1986). Cada una de ellas se introdujo en la parte ventral del rumen, en orden inverso a cero, tres, seis, 12, 24, 48 y 72h de incubación, atadas con un cordón de nylon a la cánula ruminal. La desaparición a cero h de incubación se evaluó por inmersión de las bolsas en agua a 40°C por una hora. En el tiempo previsto, las bolsas se removieron del rumen juntas e inmediatamente lavadas en abundante agua fría. La materia seca residual se pesó, después de que las bolsas fueron secadas a 105°C. En el forraje original y en los residuos de la incubación ruminal se analizaron en el laboratorio para determinar el contenido de materia seca, de proteína cruda, de cenizas totales (AOAC, 1990) y la fibra neutro y la ácido detergente, así como la lignina de acuerdo al método descrito por Goering y Van Soest (1970).

La cinética de la degradación fue determinada con el procedimiento descrito por Orskov y McDonald (1979). Los datos fueron ajustados al modelo de Mertens y Loftén (1980):

$$P = a + b (1 - e^{-c(t-L)}),$$

Donde:

P = degradación después de t horas,

a = fracción soluble, en %,

b = fracción degradable, en %,

e = base de los logaritmos neperianos,

c = tasa de degradación, en %/h,

t = tiempo de incubación ruminal, en horas

L = tiempo de rezado (lag time), en horas

asumiendo que:

L > 0 cuando la constante a ≤ 0 y

L = 0 cuando la constante a > 0.

Las constantes a, b y c fueron calculadas por un programa de cuadrados mínimos iterativo, usando el al-

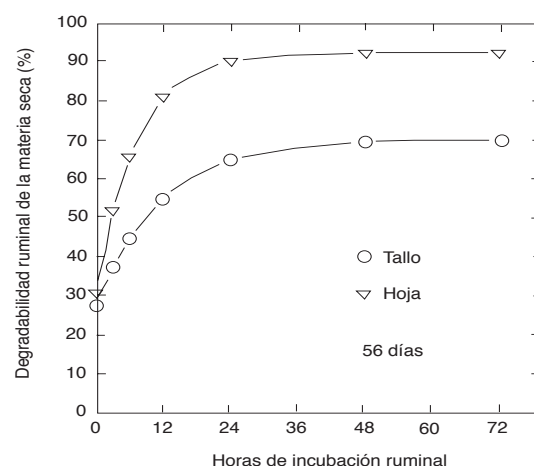
goritmo de Marquardt. Los valores de degradabilidad efectiva fueron calculados asumiendo tasas de pasaje de cuatro, cinco y 8%/h correspondiendo a los tiempos de retención ruminal de 25, 20 y 12,5h, respectivamente. Los análisis estadísticos de los parámetros de degradación fueron con un diseño experimental de bloques repetidos, y tratamientos dispuestos en arreglo factorial de edades de madurez y partes de la planta, usando el PROC GLM de SAS (1985).

## RESULTADOS

El Cuadro 1 muestra la composición química del forraje de morera en los tres estados de rebrote. Conforme aumentó la edad, disminuyó la concentración de proteína cruda y aumentó el contenido de pared celular. La porción de fibra ácida en la planta entera a los 84 días fue similar a la observada a los 56 días, a pesar de una concentración menor observada en el tallo. Esto se debe a la aparición normal de un rebrote secundario observado en las ramas de morera a los 80-90 días en condiciones tropicales, sin un aumento importante en la masa foliar, así medido, la relación hoja: tallo a los 56 días fue de 1,61 y de 1,26 y 0,93 a los 84 y 112 días, respectivamente. Este efecto se refleja en el contenido de lignina y en los índices de maduración fisiológica LAD/FND y LAD/FAD.

En el Cuadro 2 se presentan los valores de las constantes de degradabilidad ruminal de la materia seca contenida en los rebrotes y sus partes estructurales. Se observa en general que la fracción soluble (valor a) es 5-6% mayor ( $P \leq 0,05$ ) a 56 días que a 84 o 112 días. En la hoja es 4% mayor ( $P \leq 0,05$ ) que en el tallo. La

fracción soluble en la hoja tiende a mantenerse en límites muy cercanos conforme aumenta la edad, mientras que en tallo, tiende a disminuir ( $P \leq 0,05$ ) con el tiempo de crecimiento. La fracción degradable (valor b) fue disminuyendo ( $P \leq 0,05$ ) conforme aumentó la edad de la planta, dentro de un rango corto (53 a 46%). La tasa de degradación de esa fracción fue mayor a los 56 días ( $P \leq 0,05$ ) que a los 84 y 112 días y entre estas dos edades las velocidades de degradación fueron similares ( $P \leq 0,05$ ). Las hojas mostraron una fracción degradable de 62% y una tasa de degradación de 11%, mientras que esa fracción en tallos fue de 36% y la tasa de desaparición cercana a un 7%. En ambas constantes las diferencias entre hojas y tallos fueron muy marcadas ( $P \leq 0,01$ ). La cinética de degradación ruminal en hojas y tallos, en cada edad de rebrote, se observa en las Figuras 1, 2 y 3.



**Figura 1.** Degradabilidad ruminal de la materia seca de morera a los 56 días de rebrote

**Cuadro 1.** Composición química de las hojas, tallos y planta entera de morera en tres edades de rebrote. Estación Experimental Alfredo Volio Mata, Universidad de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.

Componente	Edad 56 días			Edad 84 días			Edad 112 días		
	Hoja	Tallo	Entera	Hoja	Tallo	Entera	Hoja	Tallo	Entera
<b>Materia seca</b>									
Proteína cruda (PC)	33,29	17,16	27,11	26,62	10,42	19,22	20,22	7,31	13,53
Fibra neutro detergente (FND)	34,72	72,46	49,18	46,27	64,50	54,59	37,14	79,18	58,92
Contenido celular (CC)	65,28	27,54	50,82	53,73	35,50	45,41	62,86	20,82	41,08
Fibra ácido detergente (FAD)	26,40	52,88	36,55	26,05	45,71	35,03	29,25	54,59	42,38
Hemicelulosa (HEM)	8,32	19,58	12,63	20,22	18,79	19,57	7,89	24,59	16,54
Celulosa (CEL)	21,08	43,10	29,52	21,45	38,36	29,17	23,25	43,12	33,55
Lignina ácido detergente (LAD)	5,37	9,78	7,06	4,60	7,35	5,86	6,00	11,47	8,83
Cenizas totales (CEN)	17,92	8,78	14,42	15,84	10,66	13,47	21,52	6,45	13,71
<b>Índices:</b>									
FAD/FND	76,04	72,98	74,31	56,30	70,87	64,16	78,76	68,94	71,92
HEM/FND	23,96	27,02	25,69	43,70	29,13	35,84	21,24	31,06	28,08
CEL/FND	60,71	59,48	60,02	46,36	59,47	53,43	62,60	54,46	56,93
LAD/FND	15,47	13,50	14,35	9,94	11,40	10,73	16,16	14,49	14,99
LAD/FAD	20,34	18,49	19,32	17,66	16,08	16,72	20,51	21,01	20,85

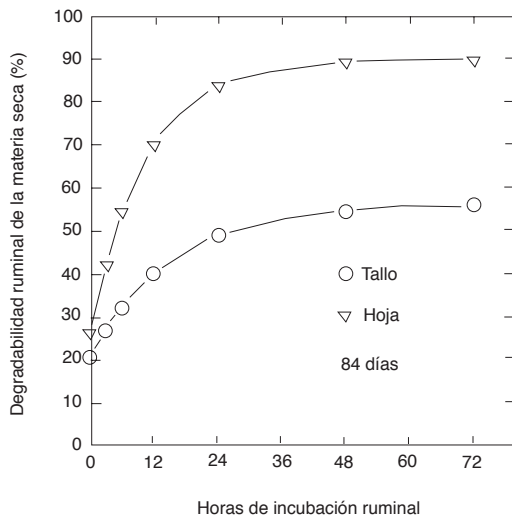
**Cuadro 2.** Degradabilidad ruminal de la materia seca de la planta de morera, de las hojas y los tallos en diferentes edades de rebrote. Estación Experimental Alfredo Volio M., Universidad de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.

Edad de rebrote días	Parte de la planta	Valor de a (%)	Valor de b (%)	Valor de c (%/h)	Sin degradar (%)	Degradabilidad efectiva		
						4%	5%	8%
56	Hoja	28,81	62,73	14,26	8,47	77,79	75,25	68,99
	Tallo	27,42	42,86	8,45	29,72	56,51	54,35	49,44
	Entera	28,28	55,12	12,03	16,61	69,64	67,21	61,38
84	Hoja	25,58	63,30	10,12	11,12	70,95	67,95	60,94
	Tallo	20,44	35,82	6,68	43,74	42,85	40,93	36,74
	Entera	23,61	52,77	8,80	23,62	59,90	57,27	51,26
112	Hoja	25,22	61,05	8,95	13,73	67,41	64,38	57,45
	Tallo	18,91	30,73	5,27	50,36	36,38	34,68	31,12
	Entera	22,80	49,43	7,54	27,77	55,10	52,52	46,78
56		28,11a	52,79a	11,35a	19,09a	67,15a	64,77a	59,08a
84		23,01b	49,56b	8,40b	27,43b	56,59b	54,08b	48,40b
112		22,06b	45,89c	7,11b	32,05c	51,43c	49,01c	43,66c
	Hoja	26,54x	62,36x	11,11x	11,11x	72,39x	69,54x	62,79x
	Tallo	22,26z	36,47z	6,80z	41,27z	45,22z	43,28z	39,02z
	Entera	24,90y	52,44y	9,46y	22,66y	61,75y	59,20y	53,31y

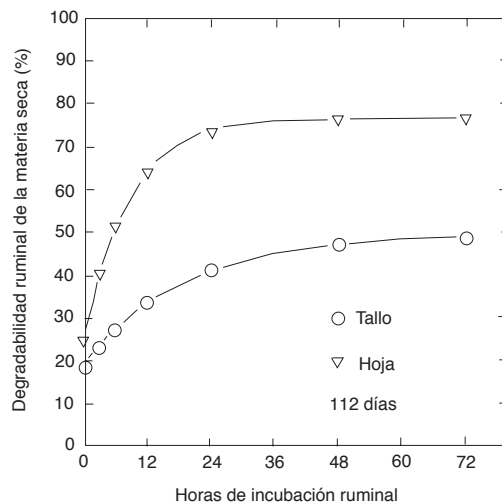
a, b, c Indica diferencias ( $P \leq 0,05$ ) entre edades de rebrote

x, y, z Indica diferencias ( $P \leq 0,05$ ) entre partes de la planta

Los valores de degradabilidad ruminal de la proteína cruda, la pared celular y de las diferentes fracciones fibrosas, así como la solubilización de las cenizas totales durante el proceso de degradación ruminal de las materias orgánicas, se presentan en los Cuadros 3 y 4. La fracción soluble de la proteína varió de 41 a 33% al aumentar la edad del rebrote, encontrándose una diferencia significativa ( $P \leq 0,05$ ) entre los 56 días y las edades mayores. La porción de proteína degradable fue si-



**Figura 2.** Degradabilidad ruminal de la materia seca de morera a los 84 días de rebrote.



**Figura 3.** Degradabilidad ruminal de la materia seca de morera a los 112 días de rebrote.

milar en las tres edades estudiadas; sin embargo, las tasas a las cuales se degradan están diferenciadas a un nivel de significancia  $P \leq 0,01$ , siendo altas en la edad de 56 días y decayendo progresivamente con la edad de crecimiento. En los tallos la fracción de proteína soluble fue 2,5 veces a la hallada en la hoja ( $P \leq 0,01$ ) e inversamente, la fracción de proteína degradable en las hojas fue tres veces mayor a la contenida en los tallos ( $P \leq 0,01$ ). La velocidad de degradación de la proteína insoluble del tallo fue superior ( $P \leq 0,01$ ), aun cuando las hojas mostraron un valor alto.

**Cuadro 3.** Promedios de los estimados de degradabilidad y degradabilidad efectiva de hojas, tallos y planta entera de morera y de los rebrores en tres edades. Estación Experimental Alfredo Volio M., Universidad de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.

Componente	Edad de rebrote días	Parte planta	Valor de A	Valor de B	Valor de C	Tiempo rezago (h)	Sin degradar (%)	Degradabilidad efectiva		
			(%)	(%)	(%/h)			4%/h	5%/h	8%/h
Proteína cruda	56		41,31 b	51,70 a	12,30 a		6,99 a	80,36 c	78,11 c	72,69 a
	84		36,53 a	51,42 a	10,33 b		12,04 b	71,77 b	69,23 b	63,44 b
	112		33,24 a	49,44 a	9,41 c		17,32 c	65,63 a	63,10 a	57,47 c
		Hoja	21,49 x	76,99 z	8,84 x		1,52 x	73,12 z	69,27 x	60,60 x
		Tallo	53,10 z	24,34 x	13,21 z		22,57 z	71,69 x	70,66 y	68,15 y
		Entera	36,49 y	51,24 y	9,99 y		12,27 y	72,94 y	70,51 xy	64,84 z
Fibra neutro detergente	56		1,21 a	71,12 b	13,06 b	1,57 a	27,67 a	55,72 b	52,72 b	45,44 a
	84		0,00 a	62,60 b	10,27 a	3,21 b	37,40 a	44,46 b	41,62 b	35,03 b
	112		0,37 a	43,48 a	8,97 a	2,15 a	56,15 b	29,86 a	27,72 a	22,87 c
		Hoja	0,00 x	72,32 y	13,25 y	2,54 y	27,68 x	55,40 y	52,35 y	44,93 y
		Tallo	1,58 y	45,35 x	7,19 x	2,24 x	53,07 y	29,97 x	27,66 x	22,60 x
		Entera	0,00x	59,53 xy	11,86 y	2,15 x	40,47 xy	44,66 y	42,05 y	35,81 y
FAD	56		2,86 b	66,78 b	9,32 c	0,87 a	30,36 a	49,76 c	46,54 a	39,09 a
	84		0,00 a	55,75 a	7,10 b	5,98 c	44,25 b	35,91 b	32,99 b	26,53 b
	112		0,00 a	51,41 a	5,61 a	3,76 b	48,59 b	29,96 a	27,21 c	21,38 c
		Hoja	0,00 x	75,92 z	8,91 y	2,60 x	24,08 x	51,84 z	48,08 z	39,53 z
		Tallo	2,86 y	37,94 x	5,67 x	4,85 y	59,20 z	24,96 x	22,92 x	18,60 x
		Entera	0,00 x	60,08 y	7,45 y	3,15 x	39,92 y	38,83 y	35,74 y	28,88 y
HEM	56		2,66 a	80,65 a	12,87 a	0,03	16,69 a	64,26 a	60,84 a	52,55 a
	84		2,76 a	73,29 a	13,23 a		23,95 a	59,37 a	56,34 a	48,94 a
	112		3,59 a	69,69 a	13,59 a	0,05	26,72 a	57,39 a	54,49 a	47,41 a
		Hoja	1,12 x	96,73 z	13,80 x	0,08	2,15 x	75,98 z	71,98 x	62,20 x
		Tallo	5,39 y	47,52 x	11,81 x		47,10 z	40,70 x	38,58 y	33,53 y
		Entera	2,50 xy	79,38 y	14,08 x		18,12 y	64,34 y	61,11 z	53,17 z
CEL	56		2,64 b	71,38 b	11,05 a	0,38 a	25,98 a	54,95 a	51,74 a	44,14 a
	84		0,00 a	67,28 ab	8,39 ab	2,50 a	32,72 ab	45,30 ab	41,94 ab	34,34ab
	112		0,00 a	61,52 a	6,96 b	2,00 a	38,48 b	38,97 b	35,87 b	29,06 b
		Hoja	0,00 x	83,93 z	11,53 y	0,79 x	16,07 x	61,73 z	57,95 z	49,01 z
		Tallo	2,48 y	48,84 x	6,25 x	2,83 y	48,68 z	31,97 x	29,41 x	23,90 x
		Entera	0,16 x	67,41 y	8,63 xy	1,26 xy	32,43 y	45,54 y	42,19 y	34,63 y
CEN	56		48,95 a	31,13 a	13,36 a		19,92 a	72,87 b	71,57 b	68,38 b
	84		46,46 a	26,55 b	13,48 a		26,99 b	66,98 a	65,88 a	63,18 a
	112		47,97 a	21,85 c	13,59 a		30,18 c	64,90 a	64,00 a	61,79 a
		Hoja	34,88 x	33,02 z	14,22 y		32,10 z	60,63 x	59,29 x	55,99 x
		Tallo	61,56 z	19,94 x	12,93 x		18,49 x	76,76 z	75,91 z	73,85 z
		Entera	46,94 y	26,56 y	13,27 xy		26,50 y	67,35 y	66,24 y	63,52 y

a, b, c Señala diferencias ( $P \leq 0,05$ ) entre edades de rebrotex, y, z Señala diferencias ( $P \leq 0,05$ ) entre partes de la planta

La degradabilidad potencial de la fibra neutro detergente fue de 71% a los 56 días de edad del rebrote y disminuyó ( $P \leq 0,05$ ) a 43% a los 112 días. El proceso de degradación demandó 1,5 a 3,2h de incubación previa (tiempo de rezago). Posteriormente, el proceso se dio a una tasa de 13%/h en el forraje de 56 días y de 9%/h en el de mayor edad. Las hojas presentaron una mayor ( $P \leq 0,01$ ) fracción de fibra degradable que el tallo. Ambas partes de la planta requirieron un periodo de remojo ruminal similar (2,1-2,2 h) ( $P \leq 0,05$ ) antes de iniciarse la degradación, ella se llevó a cabo a una velocidad de 13%/h en hojas y 7%/h en tallos. La hemicelulosa contenida en la fibra neutra, presentó una fracción fermentable similar ( $P \leq 0,05$ ) entre rebrotes de distinta edad (70-80%), la cual fue degradada en forma constante a 12,8-13,6%/h ( $P \leq 0,05$ ). La fracción de he-

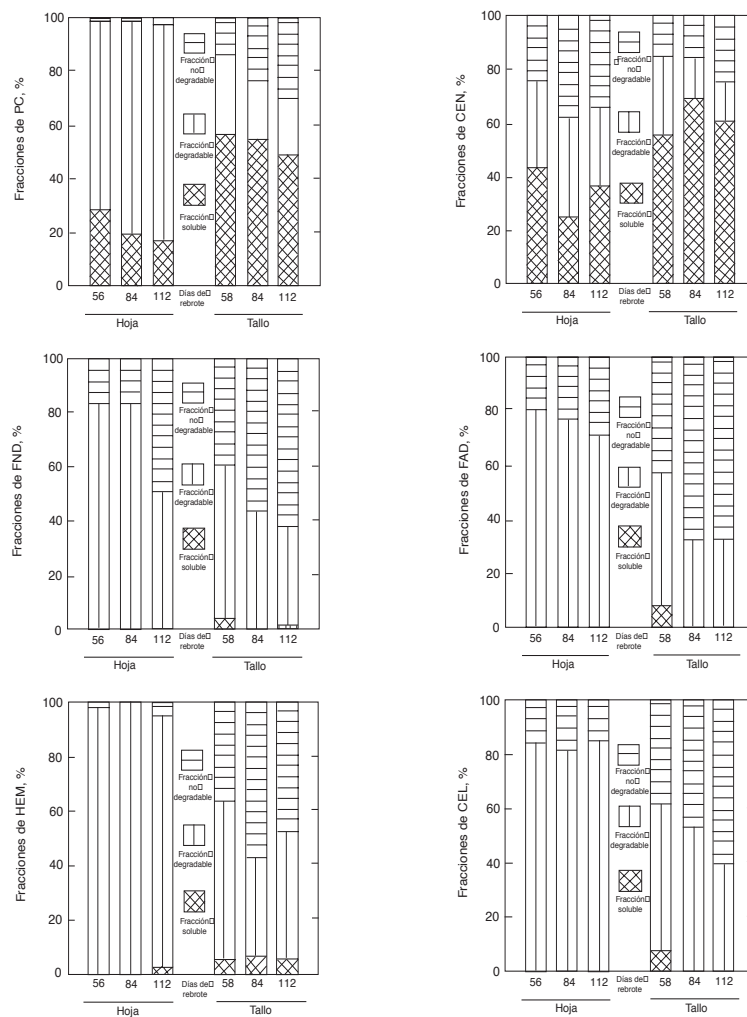
micelulosagradable fue de 97%, el doble de lo encontrado en el tallo ( $P \leq 0,01$ ), con una tasa de fermentación de 12-14%/h ( $P \leq 0,05$ ). La fracción degradable de celulosa fue de 71 a 61% entre las edades de 56 y 112 días ( $P \leq 0,05$ ) y se degradó a una velocidad de 11 y 7%/h, respectivamente. El proceso de degradación se inició después de dos horas de reposo ruminal. En hojas la parte degradable fue de 84% y en tallos es de 49%, requiriendo un tiempo de rezago ruminal de 0,8 y 2,8h, respectivamente. Con la metodología aplicada a los materiales orgánicos, se determinó la solubilización de las cenizas totales durante el proceso fermentativo. Se observó que los minerales se encontraban en un 46-48% en la fracción soluble de la materia seca, estando un 35% de esta forma en las hojas y 62% en los tallos. Entre un 20 y 30 % se encontraron en la fracción de-

**Cuadro 4.** Parámetros de degradabilidad estimados y degradabilidad efectiva de hojas, tallos y planta entera de morera en tres edades de rebrote.

Componente	Edad	Parte planta	Valor de	Valor de	Valor de	Tiempo rezago (h)	Sin degradar (%)	Degradabilidad efectiva		
			A (%)	B (%)	C (%/h)			4%/h	5%/h	8%/h
PC	56	Hoja	28,41	70,53	12,63		1,06	81,95	78,91	71,56
		Tallo	56,40	29,69	11,89		13,92	78,55	77,23	74,08
		Entera	39,12	54,88	12,39		6,00	80,57	78,18	72,43
	84	Hoja	19,32	79,53	7,68		1,15	71,47	67,34	58,14
		Tallo	54,54	22,14	14,43		23,32	71,89	71,00	68,80
		Entera	35,74	52,60	8,87		11,66	71,96	69,34	63,37
	112	Hoja	16,75	80,90	6,21		2,35	65,96	61,57	52,11
		Tallo	48,35	21,18	13,32		30,47	64,64	63,75	61,58
		Entera	34,61	46,24	8,72		19,15	66,30	63,99	58,72
FND	56	Hoja	0,00	83,17	13,83	2,83	16,83	64,51	61,09	52,69
		Tallo	3,62	56,28	10,70		40,10	44,57	41,96	35,80
		Entera	0,00	73,91	14,66	1,88	26,09	58,06	55,11	47,81
	84	Hoja	0,00	83,21	13,62	1,17	16,79	64,32	60,86	52,42
		Tallo	0,00	43,11	5,51	6,44	56,89	23,27	20,96	16,20
		Entera	0,00	61,46	11,68	2,02	38,54	45,78	43,03	36,47
	112	Hoja	0,00	50,56	12,30	3,62	49,44	37,38	35,10	29,67
		Tallo	1,12	36,65	5,35	0,29	62,23	22,08	20,06	15,80
		Entera	0,00	43,22	9,25	2,56	56,78	30,13	28,01	23,13
FAD	56	Hoja	0,00	80,42	10,84	1,70	19,58	58,72	55,01	46,25
		Tallo	8,58	48,76	7,11		42,66	39,74	37,17	31,49
		Entera	0,00	71,15	10,02	0,90	28,85	50,82	47,43	39,53
	84	Hoja	0,00	76,40	8,30	2,96	23,60	51,55	47,67	38,90
		Tallo	0,00	32,25	6,39	9,94	67,75	19,83	18,09	14,32
		Entera	0,00	58,61	6,63	5,03	41,39	36,35	33,21	26,37
	112	Hoja	0,00	70,95	7,61	3,15	29,05	45,25	41,56	33,43
		Tallo	0,00	32,80	3,52	4,61	67,20	15,29	13,50	9,99
		Entera	0,00	50,48	5,70	3,51	49,52	29,33	26,57	20,73
HEM	56	Hoja	0,75	97,70	13,11	0,10	1,55	75,45	71,30	61,24
		Tallo	4,98	58,97	10,97		36,05	48,22	45,53	39,14
		Entera	2,25	85,27	14,54		12,49	69,12	65,70	57,26
	84	Hoja	0,00	100,00	14,90		0,00	78,84	74,87	65,07
		Tallo	6,21	36,63	11,64		57,16	33,17	31,52	27,62
		Entera	2,07	83,26	13,15		14,68	66,10	62,62	54,14
	112	Hoja	2,61	92,50	13,38	0,15	4,89	73,66	69,77	60,31
		Tallo	4,97	46,96	12,83		48,08	40,70	38,69	33,82
		Entera	3,18	69,62	14,55		27,20	57,80	55,00	48,11
CEL	56	Hoja	0,00	85,03	13,98	0,77	14,97	66,08	62,60	54,05
		Tallo	7,43	54,27	7,11		38,29	42,13	39,26	32,94
		Entera	0,48	74,84	12,07	0,38	24,68	56,65	53,35	45,44
	84	Hoja	0,00	81,54	10,13	0,76	18,46	58,41	54,54	45,50
		Tallo	0,00	53,03	8,08	4,53	46,97	35,31	32,66	26,69
		Entera	0,00	67,28	6,97	2,21	32,72	42,19	38,62	30,83
	112	Hoja	0,00	85,22	10,47	0,85	14,78	60,69	56,71	47,48
		Tallo	0,00	39,23	3,55	3,96	60,77	18,46	16,30	12,07
		Entera	0,00	60,12	6,84	1,20	39,88	37,78	34,59	27,63
CEN	56	Hoja	43,49	32,18	13,72		24,33	68,40	67,07	63,81
		Tallo	55,33	29,90	12,94		14,77	78,08	76,80	73,71
		Entera	48,02	31,31	13,42		20,67	72,14	70,83	67,63
	84	Hoja	25,10	37,25	14,13		37,65	54,10	52,58	48,85
		Tallo	69,10	15,20	12,79		15,70	80,67	80,02	78,44
		Entera	45,18	27,19	13,51		27,63	66,17	65,03	62,27
	112	Hoja	36,07	29,63	14,83		34,31	59,40	58,22	55,31
		Tallo	60,26	14,74	13,06		25,01	71,54	70,91	69,40
		Entera	47,60	21,19	12,88		31,21	63,76	62,86	60,67

gradable de la materia seca y en igual proporción formaron parte de la fracción indegradable. La tasa de solubilización de las cenizas totales durante el proceso de degradación de la materia seca fue de 13%/h en las distintas edades ( $P \leq 0,05$ ), así mismo en las hojas y los ta-

llos. En la Figura 4 se presentan las fracciones de la proteína cruda y de los componentes estructurales de la fibra determinadas por degradación ruminal *in situ* en hojas y tallos con distintas edades de crecimiento.



**Figura 4.** Degradación *in situ* de la proteína cruda, la fibra neutro detergente y sus componentes y la solubilización de las cenizas totales en hojas y tallos de morera.

## DISCUSIÓN

La degradabilidad de la morera disminuyó conforme aumentó la edad de la planta y envejecieron las hojas y especialmente los tallos. Singh y Makkar (2000) en la India, informaron degradabilidades efectivas, a tasa de pasaje de 5%/h, de 52% para la materia seca y de 85% para la proteína cruda contenida en las hojas. Estos valores equivalen a los encontrados en la materia seca a 112 días y a la proteína cruda de la planta entera observada a los 56 días en el presente experimento. Estas degradabilidades efectivas similares en esos experimentos no guardan relación con la tasa de degradación observadas en estas condiciones. Mientras que Singh y Makkar (2000) informan valores de 4,67 y de 6,72%/h para materia seca y proteína cruda respectiva-

mente, los observados en el Cuadro 3 muestran valores en la materia seca de 9,46%/h en la planta entera, de 12,03%/h a los 56 días y de 7,54%/h a los 112 días de crecimiento y en la proteína cruda las tasa de degradación fueron de 9,99%/h en la planta entera, de 8,84%/h en hojas y 13,21%/h en el tallo. El Cuadro 4 se muestran las diferentes velocidades de degradación en las diferentes partes de la planta, en cada edad de crecimiento, con un rango de 7,68%/h en la hoja de 84 días y 14,43%/h en el tallo de la misma edad. Liu *et al.* (2000) en China encontraron valores de solubilidad en hojas de 19,2% y 32,6% en la materia seca y proteína cruda y una fracción degradable de 47,9% y 67,4%, con tasas de degradabilidad de 2,72%/h, y 2,07%/h, respectivamente. Estos valores difieren ampliamente de los observados en este experimento (Cuadros 2 y 3). Los valo-



res de la cinética de degradación de la materia seca, la proteína cruda y la fibra neutro detergente contenidos en la morera, indicados por González y Milera (2000) en Cuba y Schmedek *et al.* (2000) en Brasil fueron similares a los observados en este estudio.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se determinó la cinética de la degradación ruminal de la planta de morera en tres estados de rebrote (56, 84 y 112 días). La degradabilidad potencial de la materia seca en hoja fue superior a 85% en las edades de 56 y 84 días y superior a 70% a 112 días. Los tallos mostraron mayor variabilidad con la edad, mayor a 60% a los 56 días, 50% a los 84 días y 40% a los 112 días de rebrote. La degradabilidad de la proteína y de la fibra neutro detergente fue alta en cualquiera de las edades de rebrote estudiadas. La materia seca, la proteína y la fibra del forraje de morera tiene valores altos de degradabilidad ruminal antes de los 84 días, inclusive.

Se recomienda cosechar los rebrotes de morera para la alimentación de animales cuando tienen el mejor aprovechamiento ruminal, eso ocurre cuando los rebrotes tienen 12 o menos semanas de edad.

## LITERATURA CITADA

- AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS). 1990. Official methods of analysis. 15th Edition. Arlington, Virginia, USA, AOAC. p.168
- BENAVIDES, J.; LACHAUX, M.; FUENTES, M. 1994. Efecto de la aplicación de estiércol de cabra en el suelo sobre la calidad y producción de biomasa de Morera (*Morus alba*). Árboles y arbustos forrajeros en América Central. Serie Técnica. CATIE. Informe Técnico N° 236. Volumen II. p. 495-514.
- BOSCHINI, C.; DORMOND, H.; CASTRO, A. 1999. Composición química de la Morera (*Morus alba*), para uso en la alimentación animal: densidad y frecuencia de poda. Agronomía Mesoamericana 11(1):41-49.
- CASTRO, A. 1989. Producción de leche de cabras alimentadas con King Grass (*Pennisetum purpureum* x *P. typoides*), suplementados con diferentes niveles de follaje de Poró (*E. poeppigiana*) y fruto de plátano (*Musa* sp var. pelipita). Tesis M.Sc. Turrialba, Costa Rica. UCR/CATIE. 58 p.
- CHERNEY, D. J.; CHERNEY, J. H.; LUCEY, R. F. 1992. In vitro digestion kinetics of perennial forage grasses as influenced by forage maturity. Journal of Dairy Science 75 (Supplement 1):231. (Abstract).
- ESWARA, P.; REDDY, M. R. 1992. Nutritive value of Mulberry (*Morus alba*) leaves in goats and sheep. Indian Journal of Animal Science 8(4):295-296.
- GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J. 1970. Forage fiber analysis (Apparatus, Reagents, Procedures and Some Applications). Agricultural Handbook No. 379. ARS-USDA, Washington, DC.
- GONZALEZ, E. ; MILERA, M. 2000. Mulberry in livestock feeding systems in Cuba: forage quality and goat growth. First FAO Electronic Conference on "Mulberry for Animal Production" April-June 2000, <http://www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/AGRICULT/A G A / A G A P / F R G / M U L B E R R Y / P a - p e r s / H T M L / G o n z a l e z . h t m>.
- JANICKI, F. J.; STALLINGS, C.C. 1988. Degradation of crude protein in forages determined by *in vitro* and *in situ* procedures. Journal of Dairy Science 71:2240.
- LIU, J.X.; JUN YAOL, B; YU, J.Q; SHIL, Z.Q; QANG, X.Q. 2000. The nutritional value of mulberry leaves and their use as supplement to growing sheep fed ammoniated rice straw. First FAO Electronic Conference on "Mulberry for Animal Production" April-June 2000, <http://www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/AGRICULT/A G A / A G A P / F R G / M U L B E R R Y / P a - p e r s / H T M L / J i a n x i n . h t m>.
- MERTENS, D. R. 1987. Predicting intake and digestibility in mathematical models of ruminal function. Journal of Animal Science 64:1548.
- MERTENS, D. R.; LOFTEN, J. R. 1980. The effects of starch on forage fiber digestion *in vitro*. Journal of Dairy Science 63:1437.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1989. Nutrient requirements of dairy cattle. 6th revision edited of National Academy of Science. Washington, D.C. 157p.
- NOCEK, J. E.; GRANT, A. L. 1987. Characterization of *in situ* nitrogen and fiber digestion and bacterial nitrogen contamination of crop forages preserved at different dry matter percentages. Journal of Animal Science 64:552.
- NOCEK, J. E.; RUSSELL, J. B. 1988. Protein and energy as an integrated system. Relationship of rumen protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. Journal of Dairy Science 71:2070-2107.
- ORSKOV, E.R.; Mc DONALD, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to the rate of passage. Journal of Agricultural Science 92: 499-503.

- ORTIZ, G. 1992. Efecto de la alimentación con Pasto King Grass (*Pennisetum purpureum* x *P. typhoides*), suplementado con diferentes niveles de follaje de Morera (*Morus alba*) y de Banano Verde (*Musa* sp.) sobre la producción de leche de cabra. Tesis Lic. Escuela de Zootecnia. Universidad de Costa Rica. 45 p.
- PETIT, H. W.; TREMBLAY, G.F. 1992. *In situ* degradability of fresh grass and grass conserved under different harvesting methods. *Journal of Dairy Science* 75:774.
- SAS. 1985. User's Guide: Statistics, Version 5 Edition. SAS Institute, Inc. Cary, NC, USA. 373p.
- SCHMIDEK, A; TAKAHASHI, R.; RESENDE, K. T.; NUNES DE MADEIROS, A. 2000. Evaluation of potential and effective degradation and fractions of mulberry clones in goats. First FAO Electronic Conference on "Mulberry for Animal Production" April-June 2000, <http://www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/AGRICULT/AGA/AGAP/FRG/MULBERRY/P o s t e r s / H T M L / S c h m i d e k 1 . h t m . . .>
- SHAYER, R. D.; NYTES, A. J.; SATTER, L. D.; JORGENSEN, N. A. 1986. Influence of amount of feed intake and forage physical form on digestion and passage of prebloom alfalfa hay in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 69:1545.
- SINGH, B; MAKKAR, H.P.S. 2000. The potential of mulberry foliage as feed supplement in India. First FAO Electronic Conference on "Mulberry for Animal Production" April-June 2000, <http://www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/AGRICULT/AGA/AGAP/FRG/MULBERRY/Papers/HTML/Singh&M.htm>.
- STALLINGS, C. C.; ACOSTA, Y. M.; POLAN, C. E. 1991. Predicting diet protein degradability from individual ingredient estimations in diets containing barley silages. *Journal of Dairy Science* 74:3486.
- TAMMINGA, S. R.; KETELAAR, R.; VAN VUUREN, A. M. 1991. Degradation of nitrogenous compounds in conserved forages in the rumen of dairy cows. *Grass Forage Science* 46:427.
- TING-ZING, Z.; YUN-FAN, T.; GUANG-XIEN, H.; HUAIZHONG, F.; BEN, MA. 1988. Mulberry cultivation. *FAO Agricultural Services Bulletin* 73/1. Food and Agricultural Organization of the United Nations. Rome. p. 127.
- VAN SOEST, P.J. 1982. Nutritional ecology of the ruminant. Ruminant metabolism, nutritional strategies, the cellulolytic fermentation and the chemistry of forages and plant fibers. O & B Books, Inc. 374 p.
- VASQUEZ, A. 1982. Estudio detallado de los suelos de la Estación Experimental de Ganado Lechero El Alto. Escuela de Fitotecnia, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. p. 36.