

VALORACIÓN NUTRICIONAL Y DEGRADABILIDAD RUMINAL DE GENOTIPOS DE SORGO FORRAJERO (*Sorghum* sp.)¹

Claudio Fabián Vargas Rodríguez²

RESUMEN

Valoración nutricional y degradabilidad ruminal de genotipos de sorgo forrajero (*Sorghum* sp.). Se desarrolló el experimento en la Estación Experimental “Alfredo Volio Mata” de la Universidad de Costa Rica durante la estación lluviosa (de mayo a noviembre del año 2004) con el fin de obtener parámetros nutricionales comparativos entre 15 genotipos de sorgo forrajero. Los materiales utilizados fueron 13 genotipos de *Sorghum bicolor* suministrados por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y dos genotipos de *Sorghum almum*. Se determinó el rendimiento por hectárea, la composición bromatológica y la degradabilidad ruminal de dichos genotipos. Los resultados fueron los siguientes: el genotipo CIAT 638 presentó la producción de materia seca más alta pero la menor cantidad de proteína, los materiales CIAT 613 y CIAT 645 presentaron la tasa de degradación por hora mayor mientras que ATENAS, CIAT 897, CIAT 638 y UCR-EEAVM expresaron los valores de proteína más significativos, además de un buen aprovechamiento de la materia seca.

Palabras clave: Forrajes, nutrición animal, degradabilidad ruminal, *Sorghum* sp., pasturas.

ABSTRACT

Nutritional evaluation and ruminal degradability of lines of forage sorghum (*Sorghum* sp.). The experiment was conducted at the Experimental Station “Alfredo Volio Mata” of the University of Costa Rica during the rainy season (May to November) of 2004, with the purpose of obtaining comparative nutritional parameters of fifteen lines of forage sorghum. The materials used were 13 lines of *Sorghum bicolor* supplied by the International Center for Tropical Agriculture (CIAT), and 2 lines of *Sorghum almum*. Yield production, bromatologic composition and ruminal degradability of these lines were measured. The following results were obtained: CIAT 638 showed the highest dry mater production but the lowest crude protein levels; the materials CIAT 613 and CIAT 645 showed the highest degradation rate, while the lines ATENAS, CIAT 897, CIAT 638 y UCR-EEAVM showed the highest crude protein levels and good digestibility of the dry matter.

Key words: Forages, animal nutrition, ruminal degradability, *Sorghum* sp., pastures.



INTRODUCCIÓN

El sorgo forrajero es una variedad que presenta propiedades morfológicas y fisiológicas que lo ubican dentro de un grupo de materiales de alto rendimiento

apropiados para la alimentación de animales rumiantes, ya como un complemento forrajero en los sistemas tradicionales de pastoreo en forma fresca o ensilada y como fuente principal en los sistemas de producción bovina y caprina en confinamiento.

¹ Recibido: 2 de junio, 2005. Aceptado: 30 de agosto, 2005. Trabajo financiado por la Vicerrectoría de Investigación. Proyecto 737-97-006. Universidad de Costa Rica.

² Estación Experimental Alfredo Volio Mata, Facultad de Ciencias Agroalimentarias, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. Correo electrónico: claudiof@racsa.co.cr

Este cultivo posee un sistema radicular profuso que le brinda una estructura de soporte muy desarrollada, lo que le permite que acumule gran cantidad de reservas, además le confiere una mayor capacidad de penetración y mejor persistencia en climas secos donde la escasez de agua es ostensible por periodos prolongados (Amador 2000), a esto se suma la propiedad de quitinización de las hojas durante los periodos secos, lo que retarda el proceso de desecación (Duke 1983; González 1961).

Despliega una importante capacidad de rebrote tras cortes sucesivos, logrando así que el cultivo prolongue su vida productiva por cinco o seis años, bajo un sistema de manejo y fertilización adecuados (Rojas 1967).

El sorgo también sobresale por sus rendimientos en cuanto a producción de materia seca por hectárea, es un forraje de alta palatabilidad por su alto contenido de azúcares solubles, lo que permite tener mayor tiempo de uso; y a su vez es ideal para ser conservado mediante la técnica de ensilaje (Duke 1983; González 1961).

Con el afán de ofrecer diferentes alternativas forrajeras a los productores, la Estación Experimental Alfredo Volio Mata de la Universidad de Costa Rica ha venido desarrollando durante más de 20 años un proceso de reproducción y mejoramiento de sorgo negro (*Sorghum almum*). Con esa experiencia, el Centro de Investigación Agrícola Tropical (CIAT) envió una colección de genotipos de sorgo forrajero (*Sorghum bicolor*) con el propósito de evaluarlos en Costa Rica.

Con la finalidad de obtener parámetros específicos de comparación entre las variedades recibidas y el sorgo negro forrajero, se llevó a cabo el presente trabajo, cuyos objetivos se centraron en la evaluación del rendimiento por hectárea, la determinación de la composición bromatológica y la estimación de la degradabilidad ruminal de la materia seca de 15 genotipos de sorgo forrajero, establecidos y cultivados en igualdad de condiciones durante el periodo lluvioso de Costa Rica (de mayo hasta noviembre), para aprovechar de esta manera la disponibilidad de agua y evitar un estrés hídrico que pudiera afectar el desarrollo de los materiales evaluados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y siembra

El trabajo se llevó a cabo en la Estación Experimental de Ganado Lechero Alfredo Volio Mata de la Universidad de Costa Rica, localizada a 1.542 msnm,

en Ochomogo de Cartago. La temperatura media anual es de 19,5 °C y la humedad relativa media es de 84% con una precipitación media de 2.050 mm. El suelo es de origen volcánico, clasificado como *Typic distran-depts* caracterizado por una profundidad media, un buen drenaje y fertilidad intermedia, además la zona es considerada como bosque húmedo montano bajo (Tosi 1970; citado por Vásquez 1982).

Para el establecimiento se preparó una parcela de 500 m². Inicialmente se realizó una limpieza, se aró, y se rastreó el terreno, y posteriormente se surcó a una distancia de siembra de 0,70 m entre surco; el método de dispersión de la semilla fue a chorro corrido en un equivalente de 28 kg/ha. A la siembra se aplicó fertilizante 10-30-10 a razón de 200 kg/ha y a los 40 días se suministró Nitrato de Amonio en un equivalente de 50 kg/ha. Para el control de malezas se utilizó Atrazina como premergente, en la dosis de 2,5 l/ha recomendada por el fabricante.

Genotipos estudiados y diseño experimental

Se evaluaron 15 genotipos de sorgo forrajero (*Sorghum* sp.) (Cuadro 1), identificados por la procedencia de la semilla. La parcela fue dividida en 15 surcos para cada uno de las líneas, las cuales fueron distribuidos al azar. Cada surco fue dividido en cuatro unidades iguales de muestreo numerados en forma aleatoria. Se empleó un diseño irrestrictamente al azar. El experimento fue analizado con el PROC ANOVA de

Cuadro 1. Identificación de los 15 genotipos de sorgo forrajero. Tres Ríos, Cartago, Costa Rica. 2005.

Nombre	Especie	Código
CIAT 635	<i>Sorghum bicolor</i> (L) Moench	863
CIAT 897	<i>Sorghum bicolor</i> (L) Moench	864
CIAT 496	<i>Sorghum bicolor</i> (L) Moench	865
CIAT 638	<i>Sorghum bicolor</i> (L) Moench	866
CIAT 623	<i>Sorghum bicolor</i> (L) Moench	867
CIAT 613	<i>Sorghum bicolor</i> (L) Moench	868
CIAT 649-1	<i>Sorghum bicolor</i> (L) Moench	869
CIAT 645	<i>Sorghum bicolor</i> (L) Moench	870
S N Atenas	<i>Sorghum almum</i>	871
CIAT 879	<i>Sorghum bicolor</i> (L) Moench	872
CIAT 639	<i>Sorghum bicolor</i> (L) Moench	873
CIAT 591	<i>Sorghum bicolor</i> (L) Moench	874
CIAT 634-1	<i>Sorghum bicolor</i> (L) Moench	875
CIAT 610	<i>Sorghum bicolor</i> (L) Moench	876
UCR-EEAVM - sin número	<i>Sorghum almum</i>	877

SAS, versión 8.2 (SAS 1985). La prueba de medias se efectuó mediante una comparación de DUNCAN.

Para estimar la producción de biomasa, se cosechó a mano cuando el cultivo alcanzó la edad de 77 días, el material fresco se pesó en el lugar de muestreo. De inmediato se procedió a extraer una muestra representativa de 12 kg de planta entera que luego fueron picados a máquina con un tamaño de media pulgada de largo.

El material picado fue pesado en fresco y luego ubicado en una estufa a 60 °C hasta lograr un peso constante. Luego se dividió cada muestra secada en dos porciones similares, la primera porción se molió y tamizó a 1 mm en un molino Wiley para los análisis de laboratorio correspondientes, mientras tanto, la segunda porción se molió y tamizó a 2 mm para las pruebas de degradabilidad ruminal.

Análisis de laboratorio

La materia seca (MS) total se obtuvo a partir de una muestra sometida a una temperatura de 105 °C, y luego se determinó el contenido de cenizas mediante una combustión a 550 °C. Los niveles de grasa se obtuvieron mediante una extracción con éter dietílico siguiendo los procedimientos del A.O.A.C. (2000). La fibra neutro detergente, la fibra ácido detergente y la lignina se determinaron mediante el método de Goering y Van Soest (1970), y la celulosa y hemicelulosa se midieron por diferencia. El contenido de proteína cruda se evaluó por el método de Kjeldahl (Sosa de Pro 1979).

La digestibilidad *in vitro* de la materia seca se determinó al someter la muestra de forraje a una fermentación anaeróbica con líquido ruminal (digestión en el rumen-retículo) y posteriormente a una digestión con pepsina (digestión en el abomaso) empleando el método de Van Soest (Van Soest *et al.* 1979).

Digestibilidad *in situ*

Para estimar la digestibilidad *in situ* se utilizaron cuatro animales con fístula ruminal, alimentados con una dieta base de Estrella africana (*Cynodon nlenflensis*), a los cuales se les colocó 240 bolsas de nylon (60 por animal) con un diámetro de poro de 40 µm. La incubación se realizó a ocho tiempos (0, 2, 6, 12, 24, 48, 60, 72 horas) con dos repeticiones de cada genotipo. Para asegurar un rápido contacto de los microorganismos del rumen con los componentes solubles de la materia seca, las muestras se remojaron previamente. La desaparición a cero horas de incubación se determinó por inmersión de las bolsas en agua a 40 °C por una

hora. Finalizado el tiempo de incubación, las bolsas fueron removidas al mismo tiempo, y se lavaron con abundante agua fría hasta lograr claridad de las mismas. Se secaron en un horno de 60 °C por 12 horas y luego por dos horas a 105 °C (Nocek y English 1986, citado por Jiménez 1995).

Con el algoritmo de Marquadt se realizó el ajuste recomendado por Jiménez (1995), usando la siguiente ecuación exponencial (Draper y Smith 1966)

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

donde

Y= degradación ruminal después de t horas de incubación, %

a= fracción soluble, %

b= fracción degradable, %

e= base de los logaritmos neperianos.

c= tasa de degradación, %/h

t= tiempo de incubación ruminal, h.

Variabes en estudio

Se realizó un análisis bromatológico completo donde se determinó la producción de materia verde (MV) por hectárea y los contenidos porcentuales de materia seca (MS), cenizas, proteína cruda (PC), fibra neutro detergente (FND), hemicelulosa, así como los componentes de fibra ácido detergente (FAD), celulosa y lignina. Se hizo una determinación de la digestibilidad *in vitro* (DIVMS) y la degradabilidad ruminal *in situ* de la materia seca.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción de materia verde y materia seca

La producción de MV presentó diferencias altamente significativas ($P \leq 0,01$). Los niveles alcanzados van desde 22.000 kg/ha hasta 42.000 kg/ha con un promedio para todos los genotipos en estudio de 33.000 kg/ha. El Cuadro 2 detalla mejor el rendimiento individual por cada uno.

El genotipo de mayor producción fue CIAT 638 con 42.000 kg de MV/ha, además tres materiales más lograron niveles superiores a los 40.000 kg/ha (SN -ATENAS, SN-UCR EEAVM, CIAT 635). Otros seis materiales alcanzaron rendimientos entre 30.000 y 40.000 kg/ha de MV/ha producida (CIAT 897, CIAT 643-1, CIAT 634-1, CIAT 639, CIAT 623); sin embargo, no mostraron diferencias significativas ($P > 0,05$) como

Cuadro 2. Producción de materia verde (MV) y materia seca (MS), y contenidos porcentuales de MS, proteína cruda (PC) Cenizas (CEN), extracto etéreo (EE) y Digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) de 15 genotipos de sorgo forrajero. Tres Ríos, Cartago, Costa Rica. 2005.

Ecotipos	MV (kg/ha)	MS (kg/ha)	MS (%)	PC (%)	CEN (%)	EE (%)	DIVMS (%)
CIAT 635	40.036 a ¹	5.622 a	14,04 b	11,94	10,31 b	1,55	51,99
CIAT 897	39.143 a	5.921 a	15,13 a	13,55 a	12,13	1,14	62,05
CIAT 496	28.250	3.373	11,94 c	12,87	15,09 a	1,41	61,77
CIAT 638	41.607 a	6.143 a	14,77 a	12,09	11,52	2,00	56,08
CIAT 623	32.429 a	4.166	12,85 c	13,06	12,22	1,83	51,91
CIAT 613	27.679	3.845	13,89 b	13,42 a	12,53	1,30	66,84
CIAT 643-1	35.143 a	4.751 a	13,52 b	12,73	11,48	2,57	56,56
CIAT 645	26.107	3.626	13,89 b	10,87 b	12,11	2,40	52,59
SN ATENAS	40.286 a	5.990 a	14,87 a	12,52	11,59	2,25	63,04
CIAT 879	27.143	3.904	14,39 a	12,72	10,81	1,93	61,03
CIAT 639	33.750 a	5.050 a	14,97 a	12,49	10,71	2,08	53,35
CIAT 591	25.643	3.474	13,55 b	12,69	12,03	1,12	64,72
CIAT 634-1	34.929 a	4.735 a	13,56 b	11,44	12,53	1,49	55,28
CIAT 610	22.893	3.535	15,44 a	12,72	12,06	1,77	60,91
UCR-EEAVM	40.036 a	5.649 a	14,11b	14,77 a	11,38	1,49	49,35
Promedio	33.005	4.652	14,06	12,66	11,9	1,76	57,83

¹ Letras distintas marcan diferencias significativas.

para separarlos del primer grupo. Las últimas seis líneas (CIAT 496, CIAT 613, CIAT 879, CIAT 645, CIAT 591, CIAT 610), mostraron una producción inferior a las 30.000 kg/ha; separados de los nueve genotipos anteriores por diferencias significativas ($P \leq 0,001$).

Los resultados obtenidos no concuerdan con Villegas (1990), quien indica que en la zona de Guanacaste la producción de materia fresca para sorgo negro fue de 20.000 kg/ha, pero coinciden con Echeverría (1985) que reporta niveles entre 20.000 - 60.000 kg/ha, así como con García (1981) con 30.000 - 60.000 kg/ha, y con Corrales (1986) con 30.500 kg/ha. Además en un estudio que se realizó en la zona de Atenas con estos mismos materiales, los niveles de producción obtenidos fueron de 48.000 kg/ha (Argel 2000). Amador (2000) muestra que a edades de 66 y 80 días la cantidad de biomasa producida por el sorgo negro forrajero fue de 21.800 kg/ha y 25.700 kg/ha, respectivamente.

La media para la MS producida se fijó en 4.666 kg/ha, el genotipo de mayor producción fue el CIAT 638 (6.143 kg/ha) y CIAT 496 (3.373 kg/ha) fue el más bajo. Las diferencias entre los genotipos fueron significativas ($P \leq 0,001$), lo que permite agruparlos en dos subgrupos, el primero supera los 4.500 kg/MS/ha, ubicándose aquí los siguientes genotipos CIAT 638, SN-ATENAS, CIAT 897, CIAT 635, SN-UCR-EEAVM, CIAT 639, CIAT 643-1, y CIAT 634-1, y el segundo grupo, con rendimientos entre 3.475 y 4.200 kg/MS/ha que abarca los restantes materiales genéticos.

Estos resultados tienen similitud con Corrales (1986) que expresa que el sorgo puede presentar valores desde 5.136 kg/ha/corte hasta 7.737 kg/ha/corte, aunque se asemejan más a los expuestos por Amador (2000) 2.655 kg/ha a los 66 días y 3.520 kg/ha a los 80 días; sin embargo, para sorgos cosechados a los 77 días los rendimientos se pueden estimar en 3.335 kg de MS/ha/corte.

Porcentaje materia seca (MS), proteína cruda, cenizas y extracto etéreo

De la composición química, el porcentaje de MS para esta población promedió 14,06%; en el Cuadro 2 se aprecia el valor máximo de 15,44% que corresponde al CIAT 610 y el mínimo de 11,94% al CIAT 496. Estos resultados no coinciden con Alfaro (1988) quien indica que el sorgo negro alcanzó niveles de MS entre 20 y 23% en un estudio realizado en la zona de Ochomogo, durante el periodo lluvioso, pero con periodos de corta de 84 días. La diferencia se puede atribuir a la madurez del forraje y a un cambio en la relación hoja: tallo. Similares resultados obtuvo Corrales (1986). Sin embargo, concuerdan con los resultados de Amador (2000), para una edad de corta de 66 días, donde el porcentaje de MS fue de 12,15%, mientras que para 80 días el resultado fue de 13,65%, también durante la época de lluvia.

Las diferencias estadísticas ($P \leq 0,01$) en el contenido de MS separan los genotipos en tres grupos, uno

de alto rendimiento con un promedio de 14,92% (CIAT 610, CIAT 897, CIAT 639, SN-ATENAS, CIAT 638, CIAT 879) el intermedio con 13,79% (SN-UCR-EEAVM, CIAT 635, CIAT 613, CIAT 645, CIAT 634-1, CIAT 591, CIAT 643-1) y el bajo con 12,39% (CIAT 623, CIAT 496).

El análisis del contenido de proteína cruda, presentó valores desde 10,86% hasta 14,77% (promedio 12,65%), muy similar a lo expuesto por Villegas (1990), quien obtuvo porcentajes de proteína cruda de 11,4%, pero no así con Corrales (1986) ni con Alfaro (1988) cuyos valores máximos fueron de 8,24% y 7,68%, respectivamente.

Al analizar el Cuadro 2, se observa al genotipo SN-EEAVM con el nivel de proteína cruda más alto 14,77%, pero con respecto a los CIAT 879 y CIAT 613 no difiere significativamente ($P \geq 0,05$), estos tres conforman el grupo más sobresaliente. El CIAT 645 presentó el nivel más pobre de todos (10,86%) y difiere de los demás. El resto de genotipos no presentaron diferencias ($P \geq 0,05$) entre sí, lo que permite ubicarlos en un solo grupo intermedio. Los materiales CIAT 638 y SN-ATENAS, a pesar de presentar la mayor producción de biomasa sus niveles de proteína fueron bajos.

Los resultados en el contenido de cenizas también difirieron significativamente ($P \leq 0,01$) sobre todo para

los genotipos que se ubican en los extremos que son el CIAT 496 (15,09%) y en el caso contrario el CIAT 635 (10,30%), los restantes no presentan diferencias ($P > 0,05$) importantes entre sí y el promedio de ellos es de 11,77%. Estos resultados no concuerdan con McDowell (1974) que indica valores de 9,2% cuando se encuentra en estado próximo a la madurez y 9,1% al inicio de la floración.

El promedio del contenido de extracto etéreo para los 15 materiales fue 1,75% con extremos de 2,57% (CIAT 643-1) y 1,12% (CIAT 591). Estos resultados se asemejan a los datos obtenidos por McDowell (1974) de 1,5% y 2% cuando los materiales estudiados estaban próximos a la madurez y al iniciar la floración.

Contenido de fibra

El análisis estadístico del contenido de fibra neutro detergente (FND) no demostró diferencias significativas ($P \geq 0,05$). El genotipo con el nivel más alto fue el CIAT 643-1, lo cual se observa en detalle en el Cuadro 3, donde además se muestra el desglose de los componentes de la FND.

El promedio de FND fue de 73,53%, muy por encima del valor de 61,37% que obtuvo Corrales (1986) para diferentes niveles de nitrógeno aplicado y 61,97%

Cuadro 3. Contenido de Fibra Neutro Detergente (FDN) y Fibra Ácido Detergente (FAD) de 15 genotipos de sorgo forrajero. Tres Ríos, Cartago, Costa Rica. 2005.

Ecotipos	FND (%)	Desglose de los componentes de la FND			FAD (%)
		Lignina (%)	Celulosa (%)	Hemicelulosa (%)	
CIAT 635	74,66	6,58	40,19	27,89 ab ¹	46,77
CIAT 897	75,63	7,30	37,59	30,75 a	44,88
CIAT 496	70,66	4,78	36,16	29,73 ab	40,93
CIAT 638	75,08	6,25	38,06	30,77 ab	44,31
CIAT 623	70,88	4,21	38,08	28,59 c	42,29
CIAT 613	71,09	6,07	38,13	26,89 ab	44,21
CIAT 643-1	76,09	5,07	38,24	32,78 ab	43,31
CIAT 645	74,67	5,51	36,72	32,44 ab	42,23
SN ATENAS	74,10	5,11	38,17	30,82 ab	43,28
CIAT 879	74,39	4,07	36,04	34,29 c	40,11
CIAT 639	72,40	4,12	37,33	30,95 c	41,46
CIAT 591	72,81	4,23	39,26	29,31 c	43,49
CIAT 634-1	72,63	4,09	40,50	28,04 c	44,59
CIAT 610	71,34	4,59	38,21	28,54 ab	42,79
UCR-EEAVM	73,91	4,83	35,69	33,39 ab	40,52
Promedio	73,36	5,12	37,89	30,35	43,01

¹ Letras distintas marcan diferencias significativas.

para distintas distancias y densidades de siembra. Las plantas de sorgo presentaron niveles de fibra entre 63,15% y 67,98% cuando se alcanzan edades entre 66 y 80 días respectivamente (Amador 2000), situación que se asemeja con lo obtenido en el presente estudio.

De la pared celular, la hemicelulosa y la celulosa son los carbohidratos que pueden ser aprovechados debido a la acción de las bacterias ruminales, mientras que la lignina es el componente de menor utilidad para estos microorganismos (Rojas 1995). La hemicelulosa para las 15 líneas evaluadas promedió 19,18%, y el nivel de lignina fue 5,12%. Si se compara con sorgos cosechados a edades de 66 y 80 días cuyos valores de hemicelulosa fueron 24,8 y 24,37% y lignina 3,28 y 4,49% respectivamente (Amador 2000), se puede presumir que los materiales evaluados presentan una fibra de menor calidad esto debido a poseer los niveles más bajos de la fracción aprovechable y en su contraparte valores más altos de la fracción lignificada.

La fracción ácido detergente (FAD) reveló que los genotipos no difieren entre sí ($P \geq 0,05$), el nivel promedio fue de 43,01%, valor superior al que obtuvo Amador (2000) de 24,8%; pero se aproxima más al nivel presentado por el ensilado del híbrido Sudan (cv SX-121), que fue evaluado por Romero (2002) y cuyo valor fue de 34,6%.

Al analizar cada uno, llama la atención el CIAT 897, este material se ubicó entre los genotipos con porcentajes más altos de materia seca, pero su fracción fibrosa resultó muy alta debido a su contenido de lignina, aunque con una buena relación tallo: hoja debido a que también se ubica entre los mejores productores de proteína cruda. El CIAT 879 fue el menos lignificado y presentó el nivel de hemicelulosa más elevado, por lo cual su fracción fibrosa fue mejor aprovechada por las bacterias del rumen (Van Soest *et al.* 1979).

Digestibilidad *in vitro* de la materia seca y degradabilidad ruminal

Con respecto al aprovechamiento digestivo, en el Cuadro 2 se ve cómo el genotipo CIAT 613, sobresalió con un valor de 66,84 % de digestibilidad *in vitro* (DIVMS), seguido por el CIAT 591; sin embargo, el análisis estadístico no mostró diferencias significativas ($P > 0,05$) con respecto a los demás. El promedio obtenido fue de 57,83 %, con un mínimo de 49,35 %.

Según Cáceres y García (1982), la digestibilidad es un valor que disminuye conforme aumenta la edad del forraje, acentuándose en época de lluvia, mientras que en época seca, el descenso es mínimo. Ellos observaron

valores superiores al 70% en los estados avanzados, además Villegas (1990) obtuvo valores de DIVMS de 65% en edades de 45 días y 60% al alcanzar los 65 días, estos valores se asemejan a los resultados obtenidos en el presente estudio, aunque la DIVMS de los genotipos no sobrepasó el 65%.

Degradabilidad ruminal

La degradabilidad ruminal promedio de los 15 materiales evaluados fue 84,1% a una velocidad de degradación promedio por hora de 3,1%; al analizar estos resultados, se encuentra concordancia con los datos obtenidos por Boschini (2001), para sorgos cosechados a los 66 días con una degradabilidad potencial de 90,13%, cuando esos materiales alcanzaron la edad de 70 días su aprovechamiento potencial fue 86,73% y para sorgos de 80 días fue de 78,20%. También hay coincidencia al compararlos con los resultados obtenidos por Jiménez (1995) quien indica que a edades de 56 días la degradabilidad potencial fue de 80,24% y a los 84 días de 77,05%.

Al compararse con el King Grass (*Pennisetum purpureum*), cuya degradabilidad potencial media reportada de 70% (Abarca 1988; Jiménez 1995), los sorgos estudiados se manifiestan como una opción de mejor calidad para la producción animal debido a que su degradabilidad se asemeja a la que presenta un pasto succulento como el Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) que ronda el 80% (Zúñiga 1992) pero con mayor rendimiento por hectárea. La fracción fibrosa presentó una degradabilidad potencial promedio de 60,15%, un poco alejado del 70% obtenido por Jiménez (1995), aunque se asemeja más a los resultados de Boschini (2001) de 65,74% para 66 días de edad y 59,84% para 80 días. La fracción soluble de los sorgos evaluados por Boschini (2001) mostró valores de 24,39% y 18,37% para 66 y 80 días respectivamente, mientras que los estudiados por Jiménez (1995) presentaron un promedio de 24%. El promedio de esa fracción para los 15 genotipos evaluados fue de 23,95%. Esto puede complementarse al observar la Figura 1, donde se muestra la forma de las curvas de degradabilidad de los 15 materiales genéticos estudiados.

En el Cuadro 4 se aprecia que solamente dos genotipos tienen una tasa de degradación superior al 10%/h, se trata de los materiales CIAT 613 (16,56%) y CIAT 645 (14,25%). Se presenta una diferencia marcada entre ambos, el primer genotipo cuenta con la mayor proporción soluble de los 15 materiales en estudio, mientras que los restantes presentan valores entre 20% y 25%. El CIAT 645 presentó el inconveniente de poseer el porcentaje más bajo en esta fracción. La línea con el porcentaje de degradación por hora más bajo fue

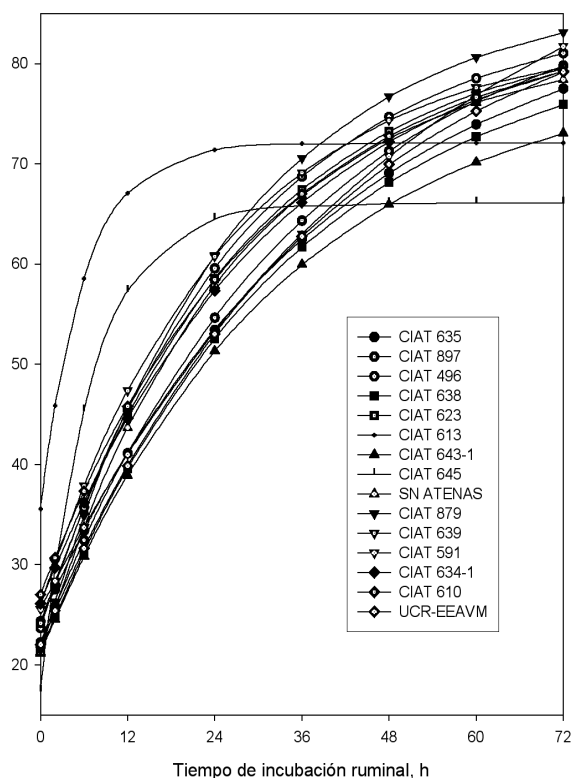


Figura 1. Curvas de degradabilidad ruminal para 15 ecotipos de Sorgo Forrajero (*Sorghum* sp). Costa Rica, 2005.

el CIAT 591 y esto se debe a que su fracción insoluble es la más elevada de todos.

Cuadro 4. Fracción soluble e insoluble de la materia seca y la tasa de degradación ruminal de 15 genotipos de sorgo forrajero. Tres Ríos, Cartago, Costa Rica. 2005.

	Fracción Soluble (%)	Fracción Insoluble (%)	Tasa de Degradación (%/hora)
CIAT 613	35,56	36,53	16,56
CIAT 645	17,43	48,66	14,25
CIAT 639	25,91	57,12	3,92
CIAT 879	21,50	65,93	3,78
CIAT 496	23,69	61,98	3,60
CIAT 610	27,02	57,66	3,28
CIAT 623	24,16	60,09	3,54
CIAT 634-1	26,12	59,55	3,10
Atenas	21,23	61,10	3,81
CIAT 591	25,54	74,89	1,93
CIAT 897	22,22	66,59	2,78
CIAT 635	24,36	62,97	2,58
UCR-EEAVM	22,04	68,27	2,52
CIAT 638	21,28	62,39	2,90
CIAT 643-1	21,13	58,66	3,01

Al observar el Cuadro 5, el genotipo CIAT 591 tuvo una degradabilidad potencial de la materia seca de 100%, esto significa que este material, al permanecer por tiempo indefinido en el rumen del animal lograría la desintegración total.

Cuadro 5. Degradabilidad potencial (%) de la materia seca (MS) y su degradabilidad efectiva en tres tasas de pasaje (T.P) de 15 genotipos de Sorgo Forrajero. Tres Ríos, Cartago, Costa Rica. 2005.

	Degradabilidad Potencial %	Degradabilidad T.P=4%/h	Degradabilidad T.P=5%/h	Degradabilidad T.P=8%/h
CIAT 613	72,09	64,98	63,61	60,19
CIAT 645	66,09	55,42	53,45	48,59
CIAT 639	83,04	54,18	51,02	44,70
CIAT 879	87,43	53,55	49,90	42,67
CIAT 496	85,67	53,06	49,65	42,93
CIAT 610	84,68	53,01	49,87	43,79
CIAT 623	84,25	52,35	49,05	42,58
CIAT 634-1	85,67	52,10	48,89	42,74
Atenas	82,33	51,05	47,67	40,95
CIAT 591	100,0	49,88	46,37	40,07
CIAT 897	88,82	49,52	46,01	39,39
CIAT 635	87,33	49,05	45,79	39,71
UCR-EEAVM	90,31	48,43	44,92	38,39
CIAT 638	83,67	47,49	44,17	37,87
CIAT 643-1	79,79	46,31	43,17	37,16

Si se analiza la degradabilidad a una tasa de pasaje del 4%/h, equivalente a que el material permanezca en el rumen por un lapso de 25 horas, se observa que el CIAT 613 logra desintegrar el 65% de su materia seca, a una tasa de pasaje de 5%/h alcanzaría 64% y al 8%/h disminuye a un 60%. Esto complementa lo expuesto en párrafos anteriores, y hace que este genotipo se muestre como el más apropiado para utilizarse en la alimentación de animales dedicados a la alta producción, si se pretende utilizar un material de excelente calidad, debido a que mantiene una degradabilidad potencial alta al pasar más tiempo en el rumen.

Sin embargo, es importante considerar el rendimiento en producción/ha. En el Cuadro 6 se compara la cantidad de MS producida y además se calcula la cantidad de MS que se aprovecha a una tasa de pasaje del 5%/h. Los materiales ATENAS, CIAT 897 y UCR-EEAVM presentan la particularidad de que el rendimiento de producción contrarresta la deficiencia que muestran en el aprovechamiento ruminal, caso contrario a los genotipos, cuyas degradabilidades efectivas son superiores a ellos. Estos últimos muestran la desventaja que su rendimiento por área es inferior, pero su beneficio cuando el objetivo es lograr un material que tenga tanto gran rendimiento como buena calidad de su MS, estos genotipos son los más adecuados.

CONCLUSIONES

El genotipo CIAT 638 presenta la mejor producción de kilogramos de MS debido a un mayor volumen de material en fresco, pero es pobre en producción de proteína. Tiene mayor proporción de tallos y es más fibroso.

Los materiales que presentan MS de excelente calidad debido a que su tasa de degradación por hora es la más alta y a que proporcionan un mejor aprovechamiento son los genotipos CIAT 613 y CIAT 645.

Si aparte de buscar un material de buena calidad, se necesita una variedad que le brinde volumen, los materiales más sobresalientes son ATENAS, CIAT 897, CIAT 638 y UCR-EEAVM, éstos presentan buena producción de MS aprovechable, y también presentan las mejores concentraciones de proteína cruda.

Es importante hacer un análisis de la degradabilidad de la proteína y otros componentes, para tener mejores criterios que permitan escoger los materiales que mejor se adapten a diversas necesidades e intereses.

LITERATURA CITADA

- ABARCA, S. 1988. Efecto de la suplementación con poró (*Eritrina poeppigiana*) y la melaza sobre la producción de leche en vacas pastoreando Estrella Africana (*Cynodon nlemfluensis*). Tesis MSc. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica. 78p.
- ALFARO, O. 1988. Evaluación de la producción y calidad del sorgo negro forrajero (*Sorghum almum*) a través de diferentes distancias de siembra, densidades de siembra y niveles de fertilización nitrogenada. Tesis Ing. Agr. Escuela de Zootecnia. Facultad de Agronomía. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 105p.
- AMADOR, L. 2000. Calidad nutricional de la planta de sorgo negro forrajero (*Sorghum almum*) para alimentación animal. *Agronomía Mesoamericana* 11(2): 79-94.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemistry). 2000. Association of Official Analytical Chemistry. 17th ed. Washington, DC. USA. Chapter 4: 1-56.
- ARGEL, P. 2000. Field studies to determine DM yields and quality of forage sorghum lines and pearl millet in a sub-humid environment of Costa Rica. CIAT. Colombia. 4 p.
- BOSCHINI, C. 2001. Degradabilidad ruminal de la planta de sorgo negro forrajero (*Sorghum almum*) en diferentes etapas de crecimiento. *Agronomía Mesoamericana* 12(2): 169-174.
- CÁCERES, O.; GARCÍA, T. 1982. Valor nutritivo de forrajes tropicales. 2. Sorgo bicolor. Pastos y forrajes. Matanza, Cuba. 5 (1): 95-105.
- CORRALES, J. 1986. Efecto de la densidad y distancia de siembra y la fertilización nitrogenada sobre la producción de biomasa y la calidad del sorgo negro forrajero (*Sorghum almum*). Tesis Ing. Agr. Escuela de Zootecnia. Facultad de Agronomía. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 173 p.
- DRAPER, N. R; SMITH, H. 1966. Applied regression analysis. Wiley, New York. 407 p.
- DUKE, J. 1983. Sorghum X Almum Parodi. Handbook of Energy Crops. (en línea) Consultado 8 ago. 2005. Disponible en: http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/Sorghum_Xalmum.html
- ECHEVERRÍA, C. L. 1985. Sorgo forrajero. Una alternativa para el ganadero del país. Notas agronómicas. Otros sorgos híbridos 12(1) 1p.
- GARCÍA, G. J. 1981. Cultivos herbáceos. Barcelona. Agrociencias. España. 534 p.

- GOERING, H.K; VAN SOEST, P.J. 1970 Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures and some applications). Agricultural Handbook No. ARS-US-DA, Washington, DC. USA. 76 p.
- GONZÁLEZ A, T. 1961. Experimentación sobre el cultivo de sorgo en Costa Rica. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 160 p.
- JIMENEZ, C. C. 1995. Degradabilidad ruminal del sorgo negro forrajero (*Sorghum almum*). Tesis Magister Scientiae. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 61 p.
- McDWELL, L.R. 1974. Tablas de composición de alimentos de América Latina. Gainesville, Florida. USA. 21 p.
- ROMERO, L. 2002. El sorgo forrajero ¿puede ser un buen sustituto del maíz?. Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. Argentina. 8 p.
- ROJAS, J. 1967. Efecto comparativo del sorgo forrajero (*Sorghum vulgare*) y pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) suplementados con vitamina A sobre la producción de leche. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 73 p.
- SAS (Statistical Analysis System). 1985. SAS User's guide: statistics. 5^{ta} Ed. SAS Institute Inc. Cary, NC. 373 p.
- SOSA DE PRO, E. 1979. Manual de procedimientos analíticos para alimentos de consumo animal. Chapingo, México. 115 p.
- VAN SOEST, P.I.; ROBERTSON, J.B. 1979. Systems of analysis for evaluation of fibrous feeds. In: W.I. Pidgen; C.C. Balchin; M Graham eds. Standardization of analytical methodology for feeds. International Development and Research Center. Ottawa, Canada. p. 49-60.
- 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. 36 p.
- VILLEGAS, B. O. 1990. Producción y valor nutritivo de sorgos forrajeros y sus ensilados a diferentes edades de cosecha. Tesis Ing. Agr. Sede Universitaria de Guanacaste. Universidad de Costa Rica. Guanacaste. Costa Rica. 90 p.
- ZUÑIGA, A. M. 1992. Efecto de la cáscara de banano sobre la degradabilidad de varios forrajes tropicales. Tesis Ing. Agr. Escuela de Zootecnia, Facultad de Agronomía. Universidad de Costa Rica. 64 p.