

PRODUCCIÓN DE FORRAJE EN LOS PASTOS *Brachiaria decumbens* cv. AMARGO Y *Brachiaria brizantha* cv. TOLEDO, SOMETIDOS A TRES FRECUENCIAS Y A DOS INTENSIDADES DE DEFOLIACIÓN EN CONDICIONES DEL PIEDEMONTA LLANERO COLOMBIANO

FORAGE PRODUCTION IN THE GRASSES *Brachiaria decumbens* cv. AMARGO AND *Brachiaria brizantha* cv. TOLEDO SUBJECTED TO THREE FREQUENCIES AND TWO OF DEFOLIATION INTENSITIES UNDER CONDITIONS OF COLOMBIAN PLAIN PIEDMONT

Alvaro Rincon Castillo¹; Gustavo Adolfo Ligarreto Moreno²
y Edwin Garay³

Resumen. El experimento se desarrolló en un oxisol del Piedemonte Llanero colombiano. Durante el primer año de establecimiento y con un diseño experimental de bloques completos al azar en arreglo de parcelas subdivididas, se evaluaron los pastos *B. decumbens* cv. Amargo y *B. brizantha* cv. Toledo, bajo tres frecuencias de defoliación (14, 28 y 42 días) y dos intensidades de defoliación (alta y baja). El área foliar y la biomasa disponible total no presentaron diferencias significativas en los dos pastos, obteniéndose a un promedio de 2,5 y 2.036 kg MS·ha⁻¹ respectivamente. La biomasa residual total fue superior en el pasto Toledo porque con 3.284 kg MS·ha⁻¹, superó ampliamente al pasto Amargo cuya acumulación de biomasa residual fue de 1.944 kg MS·ha⁻¹. La intensidad de defoliación baja, favoreció la producción de forraje disponible y residual de los pastos evaluados. Se presentó una disponibilidad de 2.056 kg MS·ha⁻¹ en la intensidad baja y 1.760 kg MS·ha⁻¹ en la intensidad alta. El forraje residual compuesto en su mayoría por tallos fue de 2.860 kg MS·ha⁻¹ en la intensidad baja y de 2.216 kg MS·ha⁻¹ en la intensidad alta. Cuando la defoliación se realizó a los 14 días, los pastos presentaron buen contenido de proteína (12,9%) pero la disponibilidad de biomasa fue baja (714 kg MS·ha⁻¹), en tanto, a los 42 días se alcanzó a 2.760 kg MS·ha⁻¹ con una proteína de 9,8%. Los nutrientes de reserva en los dos pastos en su mayoría estuvieron conformados por azúcares solubles, los cuales se acumularon en más cantidad en los tallos y el contenido más elevado se encontró a los 28 días de rebrote.

Palabras claves: Pastos, forraje, producción, defoliación, intensidad, frecuencia, biomasa, nutrientes de reserva.

Abstract. In an oxisol of colombian plain piedmont was made the experiment. During the first year of establishment and with an experimental design of complete blocks at random in split-plot arrangement, the grasses *B. decumbens* cv. Amargo and *B. brizantha* cv. Toledo were evaluated under three defoliation frequencies (14, 28 and 42 days) and two defoliation intensities. The leaf area and total available biomass didn't present significant differences in the two grasses, being obtained to an average of 2,5 and 2.036 kg MS·ha⁻¹ respectively. Total residual biomass was greater in Toledo grass because with 3.284 kg MS·ha⁻¹, it overcame the pasto Amargo whose accumulation of residual biomass was of 1.944 kg MS·ha⁻¹. The intensity of low defoliation favored the production of available and residual forage of evaluated grasses. An available forage of 2.056 kg MS·ha⁻¹ was presented in the low intensity and 1.760 kg MS·ha⁻¹ in the high intensity. The compound residual forage in its majority for stems was of 2.860 kg MS·ha⁻¹ in the low intensity and of 2.216 kg MS·ha⁻¹ in the high intensity. When defoliation was carried out to the 14 days, grasses presented good protein content (12,9%) but the availability of biomass was low (714 kg MS·ha⁻¹), whereas, to 42 days it reaches to 2.760 kg MS·ha⁻¹ with a protein of 9,8%. The reserve nutrients in the two grasses were conformed by soluble sugars in their majority, which were accumulated in more quantity in stems and the highest content was found to 28 days of regrow.

Key words: Grasses, forage, yield, defoliation, intensity, frequency, biomass, reserve nutrients.

¹ Investigador. Programa de Fisiología y Nutrición Animal. CORPOICA, Centro de Investigación La Libertad, km 21 vía Pto López, Villavicencio, Colombia. <arincon@corpoica.org.co>

² Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. Facultad de Agronomía. A.A. 14490, Bogotá, Colombia. <galigarretom@unal.edu.co>

³ Profesor Asociado. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, UDCA Campus Universitario Calle 222, No. 54-37 Bogota, Colombia. <dwsanjuanelo@gmail.com>

Recibido: Julio 31 de 2007; aceptado: Mayo 5 de 2008.

En el uso de los pastos, la altura y el momento de la cosecha constituyen elementos básicos en su manejo, por la influencia que estos ejercen en su comportamiento morfofisiológico y productivo. Se han realizado estudios sobre la edad y altura de corte o pastoreo, con el propósito de profundizar en los diferentes mecanismos relacionados con la defoliación y sus respuestas en producción de biomasa y persistencia de las especies. Todos están directamente relacionados con la acumulación y distribución de los asimilados en sus diferentes órganos, con el balance de reservas y velocidad de rebrote (Gomide, 1988; Beltrán *et al.*, 2005).

La defoliación es la remoción de toda o alguna parte aérea de la planta, por algún medio mecánico o por pastoreo (Thomas, 1980) y generalmente se define en términos de intensidad o proporción de forraje removido y frecuencia o intervalo de tiempo entre las sucesivas defoliaciones. En general, la acumulación de materia seca del forraje se reduce cuando la defoliación se realiza con mayor frecuencia y con mayor intensidad, tanto en especies templadas como en especies tropicales. Esta reducción en materia seca es atribuida a varios factores, como la reducción en la interceptación de luz para la actividad fotosintética, remoción de reservas orgánicas de la planta, reducción en toma de agua y nutrientes por las raíces y daño en los meristemos apicales (Harris, 1978; Cuesta *et al.*, 2003). La importancia relativa de cada uno de estos factores, es normalmente influenciada por el medio ambiente y por condiciones de pastoreo (Chaparro, 1991).

En condiciones de pastoreo la dinámica de crecimiento no sólo depende de las variaciones del clima y el suministro de nutrientes, sino de la acción de los animales en el pastoreo, cuyas interacciones son numerosas y complejas, con respuestas morfológicas y fisiológicas variables, en dependencia del hábito de crecimiento de la planta, mecanismos de propagación y persistencia, y del sistema de manejo empleado en su explotación (Rodríguez y Aviles, 1997).

El aumento de la edad de rebrote provoca cambios significativos en los componentes solubles, estructurales y la digestibilidad de los pastos, lo cual hace que su valor nutritivo disminuya con el avance de la edad, cuya tasa de reducción es mayor en las gramíneas que en las leguminosas. Es oportuno señalar que bajo condiciones de pastoreo estos

cambios en el tiempo se producen de forma diferente, estando relacionados directamente con la cantidad y composición estructural del material residual después del pastoreo y a través del período de crecimiento (Bircham y Hodgson, 1983).

Es importante buscar un adecuado balance entre el rendimiento, la composición química y el contenido de reservas en las partes bajas y subterráneas de los pastos, que permitan una máxima persistencia y empleo. La altura de corte o pastoreo es un elemento determinante en la dinámica de crecimiento de los pastos, por su estrecha relación con la remoción de los puntos de crecimiento que ocurren durante la cosecha y el balance de carbohidratos de reservas (Thomas, 1980; Entrena Chacón y Gonzáles, 1998).

Da Silva (1998) determinó que los efectos de la defoliación en la fotosíntesis, fijación de carbono, translocación y empleo de los carbohidratos de reserva son de carácter transitorio, cuya duración en *Cynodon dactylon* puede alcanzar hasta 7 días. La importancia de las reservas orgánicas como factor de rebrote de los pastos parece limitarse a los primeros días de recuperación después del corte, cuando se expanden las primeras hojas. Su contribución tiene que ver con el mantenimiento de la respiración de las raíces y las hojas remanentes después del corte y el aporte de energía para la producción de nuevas hojas (Fulkerson y Snack, 1994). Para que ocurra un balance positivo en la asimilación del carbono debe estar reestablecida la capacidad fotosintética del pastizal en sus hojas remanentes y en crecimiento después del pastoreo, así como la presencia de zonas meristemáticas activas que le permitan a la planta la formación de un nuevo sistema foliar (Pedreira *et al.*, 2000).

Las reservas orgánicas son el mecanismo que poseen las plantas forrajeras para activar el rebrote, asegurar su persistencia y mantener su producción; las cuales están constituidas principalmente por carbohidratos y compuestos nitrogenados. Las reservas son usadas para el mantenimiento de la planta y para la producción de biomasa aérea y subterránea en períodos de estrés, e incluyen azúcares reductores (glucosa, fructosa) azúcares no reductores (sucrosa), fructosanos y almidones (Holmes, 1982). Los pastos tropicales acumulan almidones y a veces sucrosa y los de zona templada fructosanos y en menor proporción sucrosa (López, 1988; Lucas, 2003).

En una evaluación en 10 gramíneas tropicales para caracterizar y evaluar los carbohidratos de reserva se encontró que los máximos valores de carbohidratos de reserva (6,9%) fueron obtenidos con una frecuencia de 42 días y con una altura de corte de 30 cm (Clavero, 1993). Los órganos principales para almacenamiento de reservas orgánicas en gramíneas perennes son la base de los tallos, los estolones, rizomas y la corona (Smith, 1974; Deregibus, Trlica y Jameson, 1982).

En pastoreos intensivos de pasturas asociadas se debe tener en cuenta que los rebrotes emergen dependiendo de la severidad de la defoliación previa (pastoreo). La proporción de hojas jóvenes que queda en el remanente de las plantas recién pastoreadas, es lo que posibilita el potencial fotosintético de la pastura (Palhano *et al.*, 2005). La radiación solar es uno de los elementos más importantes para la producción de forraje aprovechable, en virtud que aporta toda la energía requerida para el crecimiento. La velocidad de recuperación de los carbohidratos de reserva esta relacionado con la tasa de fotosíntesis, y esta depende directamente del remanente de hojas jóvenes (Adjei *et al.*, 1989). Lo ideal es retirar los animales del lote dejando una proporción tal de hojas jóvenes y activas que permitan la rápida recuperación de la actividad fotosintética, y el movimiento adecuado de carbohidratos de reserva desde la raíz. En pasturas muy pastoreadas, se requiere mayor tiempo de descanso para la recuperación de los carbohidratos de reserva y emisión de nuevos brotes foliares. Teniendo en cuenta estas consideraciones, se desarrolló esta investigación, con el propósito de generar conocimiento para dar un buen manejo de pastoreo a las praderas de Toledo y pasto Amargo, con relación a periodos de ocupación y descanso, altura adecuada de pastoreo relacionada con el forraje residual y reservas orgánicas que permitan una buena recuperación y producción de biomasa de estos pastos, para obtener pasturas más productivas durante varios años y así reducir la degradación de praderas en condiciones de los Llanos Orientales de Colombia.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se desarrolló en un oxisol de la terraza media del Centro de Investigaciones CORPOICA, La Libertad, ubicado en el municipio de Villavicencio (Meta, Colombia) a 9° 6' de latitud norte y 73° 34' de longitud oeste, a una altura de 330 msnm, la precipitación anual promedio de los

últimos 30 años ha sido de 2.900 mm, el promedio de temperatura es de 26°C y una humedad relativa de 85% en la época lluviosa y 65% en la época seca. Los suelos son muy ácidos con una saturación de aluminio de 71% mientras que la saturación de bases fue 25%. Los nutrientes mas deficientes fueron fósforo, calcio y magnesio con 1 ppm, 0,44 me·100 g de suelo⁻¹ y 0,12 me·100 g de suelo⁻¹, respectivamente.

Los tratamientos que se establecieron fueron los siguientes:

- Pasto Toledo con defoliación a los 14, 28 y 42 días a una intensidad alta
- Pasto Toledo con defoliación a los 14, 28 y 42 días a una intensidad baja
- Pasto Amargo con defoliación a los 14, 28 y 42 días a una intensidad alta
- Pasto Amargo con defoliación a los 14, 28 y 42 días a una intensidad baja

Las frecuencias de defoliación a los 14, 28 y 42 días se establecieron en este rango, considerando que los pastos tropicales antes de los 14 días de rebrote no han acumulado suficiente biomasa para su utilización en forma eficiente, y después de los 42 días de rebrote, los pastos aunque presentan alta disponibilidad de forraje, ya se han madurado con alta formación de pared celular y disminución del contenido de proteína, lo cual puede afectar el consumo por parte del animal (Beltrán *et al.*, 2005; Lemaire, 2001; Entrena, Chacón y Gonzáles, 1998) .

Las intensidades alta y baja se establecieron con base en la altura de corte y al hábito de crecimiento de cada pasto. En el caso del pasto Amargo que es una especie de crecimiento semierecto o decumbente (Keller-Grein, Maass y Hanson, 1998) se consideró como intensidad alta, el corte a una altura de 20 cm sobre la superficie del suelo y la intensidad baja de defoliación a la altura de corte de 30 cm. El pasto Toledo es una especie de crecimiento erecto en macollas (Argel, Hidalgo y Lobo Di Palma, 2000; Lascano *et al.*, 2002), por lo tanto se estableció como intensidad baja de defoliación al corte realizado a una altura de 35 cm mientras que el corte de la intensidad alta fue de 25 cm.

Diseño experimental. Los tratamientos fueron distribuidos en un diseño experimental en bloques

completos al azar en arreglo de parcelas subdivididas con cuatro repeticiones. La parcela principal la constituyó la gramínea forrajera, con un área de 108 m², en la sub-parcela se incluyó las frecuencias de defoliación (14, 28 y 42 días), con un área de 36 m² y la sub-subparcela estuvo conformada por las intensidades de defoliación (alta y baja), con un área de 18 m².

Establecimiento del experimento. El suelo se preparó con un pase de cincel rígido, dos pases de rastra y un pase de pulidor. Teniendo en cuenta los análisis de suelos se aplicó la siguiente fertilización: 500 kg·ha⁻¹ de cal dolomítica (150 kg de Ca, 42 kg de Mg), 500 kg·ha⁻¹ de roca fosfórica (100 kg de P₂O₅, 150 kg de Ca), 300 kg·ha⁻¹ de yeso agrícola (90 kg de Ca, 52 kg de S), 50 kg·ha⁻¹ de cloruro de potasio (60 kg de K₂O), 100 kg·ha⁻¹ de urea (46 kg de N). Antes de la siembra se incorporó la cal dolomítica, roca fosfórica y el yeso agrícola. A los 45 días después de la siembra se aplicó al voleo el cloruro de potasio y la urea.

La densidad de siembra utilizada fue de 4 kg· ha⁻¹ de semilla con una germinación de 40%. La siembra se realizó manualmente en surcos separados a 0,5 m colocando un promedio de 20 semillas por metro lineal. Las semillas germinaron al término de 30 días después de la siembra. A los 5 meses después de la siembra, se realizó el corte inicial de uniformización de los pastos con guadaña manual, a la altura correspondiente de cada intensidad de defoliación procurando dejar en la planta el forraje residual de acuerdo a los tratamientos de intensidades alta y baja y considerando las frecuencias de defoliación a los 14, 21 y 42 días.

Evaluaciones. Los parámetros que se evaluaron fueron producción de forraje, índice de área foliar y valor nutritivo del forraje. Así mismo se evaluó la concentración y tipo de nutrientes de reserva (azúcares no estructurales, almidones, N total, N soluble) y los órganos de almacenamiento en la planta (base de los tallos, corona y raíces). Como se evaluaron diferentes frecuencias e intensidades de pastoreo lo cual influiría directamente en la calidad nutritiva del forraje, se realizó su respectivo análisis.

Para las evaluaciones de forraje disponible y forraje residual, se realizaron muestreos en cada unidad experimental con marcos de 0,25 m² (0,5 m X 0,5 m);

el forraje cortado fue separado manualmente en hojas, tallos y material muerto o senescente adherido a los tallos, para determinar la materia seca del forraje se tomó una submuestra de 200 g de forraje verde y se sometió a 70°C en una estufa por un periodo de 72 horas.

La determinación del área foliar se realizó mediante el uso de un planímetro Li-cor 3000A. En la evaluación de la calidad nutritiva de las hojas se tuvo en cuenta la proteína cruda determinada mediante Micro-kjeldahl, Fibra en detergente neutro - FDN (Van Soest., P.J. y Wine R.H. 1967) y la digestibilidad *in situ* de la materia seca en bolsa de nylon utilizando animales fistulados. El forraje residual se evaluó en las plantas a las cuales se les había evaluado el forraje disponible, haciendo cortes a ras del suelo.

Para el análisis de los resultados se utilizó el programa SAS (Statistical Analysis System). Todas las variables se evaluaron mediante análisis de varianza. Para la separación de medias se utilizó la prueba de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las evaluaciones se realizaron entre los meses de abril y septiembre del 2005, tiempo durante el cual la precipitación alcanzada fue de 1.975 mm, resultando ser inferior en 219 mm con respecto al promedio de 32 años que ha sido de 2.194 mm en los siete meses de estudio, esta precipitación corresponde al 75% del total anual, siendo mayo y junio los meses mas lluviosos del año. Los resultados que se presentan corresponden a las variables de respuesta analizadas (índice de área foliar, producción de biomasa, calidad nutritiva, nutrientes de reserva) donde se presentaron diferencias significativas. No se presentaron diferencias significativas en las interacciones entre pasto (parcela principal), frecuencias (sub-parcela) e intensidades (Sub-subparcela).

Índice de área foliar (IAF). El IAF del forraje disponible con un promedio de 2,5 (2,5 m² de área foliar en un m² de suelo), no presentó diferencias significativas (P>0,05) entre los pastos Amargo y Toledo, de igual forma en el forraje residual que quedó después de realizado el corte, tampoco se presentaron diferencias significativas, obteniéndose un IAF promedio de 0,92 (Tabla 1).

Tabla 1. Índice de área foliar (IAF) de los pastos Amargo y Toledo, bajo tres frecuencias y dos intensidades de defoliación. C.I. La Libertad, Piedemonte Llanero-Colombia.

Pasto	IAF forraje disponible	IAF forraje residual
Amargo	2,3 a	0,94 a
Toledo	2,7 a	0,93 a
Frecuencia		
14 días	1,4 c	0,98 a
28 días	2,4 b	0,90 a
42 días	3,5 a	0,88 a
Intensidad		
Baja	2,6 a	1,07 a
Alta	2,4 a	0,78 b
CV (%)	25,9	35,2

Valores con letras diferentes en la misma columna difieren significativamente ($P < 0,05$) según la prueba de Tukey.

El IAF de los pastos fue proporcional a las frecuencias de corte o defoliación, porque a mayor duración del periodo de crecimiento y desarrollo, hubo mayor tiempo para la producción de biomasa de las plantas, esto es, cuando el corte de evaluación se hizo en la frecuencia de 42 días, el IAF fue superior significativamente ($P < 0,05$) con un valor de 3,5 por el mayor tiempo que tuvieron las plantas para acumular forraje. En tanto, a los 28 días fue de 2,4 y a los 14 días de 1,4.

El IAF en el forraje residual no presentó diferencias significativas ($P > 0,05$) entre las frecuencias evaluadas, obteniéndose un promedio de 0,92. El IAF de los pastos con respecto a las intensidades de defoliación, relacionadas con la altura a la que fueron cortados, no presentaron diferencias significativas ($P > 0,05$) en el IAF del forraje disponible, obteniéndose un promedio de 2,5; por lo tanto no se presentaron efectos sobre el área foliar, cuando los cortes se realizaron a 25 o 30 cm en el pasto Amargo y a 30 o 35 cm en el Toledo. Vecchiatti, (2002), trabajando con *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (especie parecida al pasto Toledo) en condiciones del Estado de Sao Pablo Brasil, donde se presentan diferencias climáticas especialmente en brillo solar (brillo solar en Sao Pablo es de 6,5 horas luz y en el Piedemonte Llanero es de 4,5 horas luz) y los suelos son de mejor calidad especialmente en contenidos de fósforo, obtuvo un IAF de 1,7; 3,5; 4,0 y 3,8 cuando las alturas de defoliación fueron de 10, 20, 30 y 40 cm respectivamente, se aprecia que el IAF aumentó a

mayor altura de defoliación, sin embargo, a alturas de 30 y 40 cm la variación en área foliar fue poca, tal como sucedió con el pasto Toledo y el pasto Amargo. Por otra parte, Gomide y Zago (1980), trabajando con *Panicum maximum* con cortes a 15, 20 y 25 cm concluyeron que los rebrotes de esta gramínea están mas asociados a la sobrevivencia de los meristemos apicales que a los carbohidratos de reserva en la base de los tallos; sin embargo, en los dos casos, los meristemos y los carbohidratos de reserva pueden ser afectados por altas intensidades de defoliación o sobrepastoreo.

El IAF en el forraje residual, si presentó diferencias significativas ($P < 0,05$) a favor de la intensidad baja, es decir, cuando los cortes de defoliación de los pastos se realizaron a mayor altura, obteniéndose un IAF de 1,07, mientras que en la intensidad de defoliación alta, o corte de los pastos a menor altura, el IAF del forraje residual fue de 0,78.

Producción de biomasa. La evaluación de la producción de biomasa se realizó tomando por separado las hojas, los tallos y el material muerto o senescente de los pastos. Se encontró una disponibilidad de hojas en el pasto Toledo de 1.620 kg MS·ha⁻¹ resultando ser superior en forma significativa ($P < 0,05$) con respecto al pasto Amargo que produjo 1.200 kg MS·ha⁻¹, Sin embargo, la presencia de tallos en el forraje disponible fue mayor en el pasto Amargo ($P < 0,05$), cuyo valor fue de 804 kg MS·ha⁻¹ mientras que el pasto Toledo produjo 448

kg MS·ha⁻¹ siendo inferior en un 80% (Tabla 2). Por su parte, la acumulación de material senescente fue mayor en el pasto Toledo resultando ser 2,3 veces más a lo obtenido con el pasto Amargo. Sin

embargo, la presencia de material senescente con respecto a la biomasa disponible de hojas y tallos fue de solo 3,5% en el pasto Amargo y de 6,6% en el pasto Toledo.

Tabla 2. Producción de biomasa (kg·ha⁻¹) de los pastos Amargo y Toledo, bajo tres frecuencias y dos intensidades de defoliación. C.I. La Libertad, Piedemonte Llanero-Colombia.

Pasto	Masa seca hoja		Masa seca tallo		Material senescente	
	disponible	residual	disponible	residual	disponible	residual
Amargo	1.200 b	440 b	804 a	1.504 b	52 b	580 b
Toledo	1.620 a	572 a	448 b	2.712 a	124 a	1.340 a
Frecuencia						
14 días	712 c	504 a	180 c	1.912 a	37,2 b	992 a
28 días	1.256 b	452 a	640 b	2.116 a	108 a	1.020 a
42 días	1.912 a	440 a	848 a	2.196 a	108 a	1.008 a
Intensidad						
Baja	1.384 a	544 a	672 a	2.316 a	92 a	1.044 a
Alta	1.280 a	392 b	480 b	1.824 b	80 a	968 a
CV (%)	25,3	27,7	29,1	30,6	39,0	30,8

Valores con letras diferentes en la misma columna difieren significativamente (P<0,05) según la prueba de Tukey.

La biomasa que quedó en la planta después de realizado el corte (forraje residual), en el pasto Toledo presentó mayor cantidad de hoja y tallo residual con 572 y 2.218 kg MS·ha⁻¹ respectivamente, mientras que el Pasto Amargo presentó una residualidad de hojas de 440 kg MS·ha⁻¹ y de 1.504 kg MS·ha⁻¹ de tallos. Como se puede ver, la cantidad de tallos que quedan después de la defoliación en el pasto Toledo, superó en 32% a los tallos del pasto Amargo. La acumulación de material senescente en el forraje residual también fue 2,3 veces mayor en el pasto Toledo con respecto al del pasto Amargo, sin embargo, es importante tener en cuenta la alta cantidad de este material en el forraje residual especialmente en el pasto Toledo (1.340 kg·ha⁻¹) que fue de un 30% del total de biomasa residual mientras que en el pasto Amargo fue de 23%. Santos (1997) encontró que en *Panicum maximum* cv. Tanzania y cv. Mombaça, la cantidad de material senescente aumentó cuando los intervalos de pastoreo pasaron de 38 a 42 días, en tanto, Grasselli (2000) observó que a mayor altura de defoliación aumentó en forma lineal la cantidad de material senescente, encontrándose un comportamiento diferente en este experimento porque a las intensidades de defoliación altas y bajas no se presentaron diferencias significativas (P<0,05) en el contenido de material senescente.

El aumento en la producción de biomasa de hojas fue superior significativamente en la medida que se aumentó la frecuencia de defoliación, encontrándose que esta fue de 712, 1.256 y 1.912 kg MS·ha⁻¹ en los cortes realizados a los 14, 28 y 42 días respectivamente, por lo tanto en los primeros 14 días la producción de hojas fue de 712 kg MS·ha⁻¹, en los siguientes 14 días se produjo 540 kg MS·ha⁻¹ y en los últimos 14 días 656 kg MS·ha⁻¹.

En la Figura 1 se puede apreciar la correlación existente entre el aumento de materia seca de las hojas de los pastos con respecto al aumento en la frecuencia de defoliación o edad de rebrote, en donde el pasto Amargo y el pasto Toledo presentaron una tendencia lineal positiva con las siguientes ecuaciones de regresión:

$$\text{Pasto Amargo: } y = 488,5x + 200,67 \quad (r^2 = 0,99)$$

$$\text{Pasto Toledo: } y = 855x - 142,67 \quad (r^2 = 0,96)$$

Estas ecuaciones demuestran que en el pasto Toledo, por cada 14 días de rebrote hay una producción de 855 kg MS·ha⁻¹ de hojas (61 kg MS·ha⁻¹ diarios), mientras que en el pasto Amargo fue de 488 kg MS·ha⁻¹ (35 kg MS·ha⁻¹ diarios).

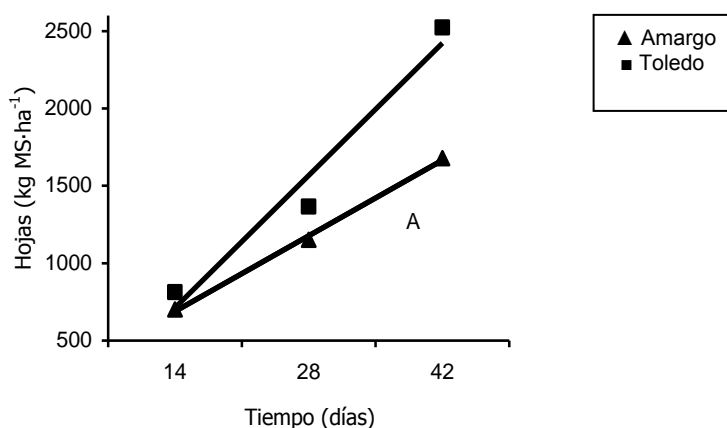


Figura 1. Relación entre edad de rebrote y disponibilidad de hojas en los pastos Amargo y Toledo. C.I. La Libertad, Piedemonte Llanero-Colombia.

La disponibilidad de biomasa de tallos también fue mayor ($P < 0.05$) a medida que se aumentó la frecuencia de defoliación al pasar de $180 \text{ kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}$ a los 14 días hasta $848 \text{ kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}$ a los 42 días, sin embargo, la proporción de tallos en la biomasa total disponible fue de 20% a los 14 días, de 30% a los 28 días y de 30% a los 42 días de realizado el corte. El material senescente solo fue de $37 \text{ kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}$ (5,6%) a los 14 días mientras que a los 28 y 42 días fue de $108 \text{ kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}$ en las dos épocas, equivalente a una proporción de 5,3% y 3,3% respectivamente. En el forraje disponible a los 42 días, el 58% correspondió a las hojas y el 42% a tallos, mientras que en el forraje residual el 82% correspondió a tallos y el 18% a hojas. La cantidad de material senescente fue baja en el forraje disponible con solo un 4%, mientras que en el forraje residual fue de un 40%. La relación hoja:tallo en el forraje disponible del pasto Amargo fue de 1,5:1 y en el pasto Toledo 3,6:1, en tanto, en el forraje residual del pasto Amargo esta relación fue de 1:3,4 y en el pasto Toledo fue de 1:4,7.

La intensidad de defoliación de los pastos no afectó significativamente ($P > 0,05$) la disponibilidad de materia seca de las hojas, en cambio la presencia de tallos en el forraje disponible fue superior significativamente ($P < 0,05$) en la intensidad baja o corte realizado a mayor altura, con $672 \text{ kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}$ mientras que a mayor intensidad de defoliación se obtuvo $480 \text{ kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}$ de tallos. En el forraje residual como era de esperarse, se obtuvo mayor cantidad de tallos cuando el corte se realizó a mayor altura (35 cm en el pasto Toledo y de 30 cm en el pasto Amargo).

El forraje total disponible de los pastos, se incrementó en la medida que la frecuencia de defoliación o corte, fue mayor. El forraje total disponible a una frecuencia de defoliación de 14 días fue de $892 \text{ kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}$, en tanto a los 28 días fue de $1.896 \text{ kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}$ y $2.760 \text{ kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}$ a los 42 días. El incremento de biomasa de los pastos tropicales a mayor edad también fue comprobado por Fernández *et al.* (1991) quienes evaluaron el efecto de la frecuencia de corte a 24 días, 42 días y 56 días sobre el rendimiento del pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) el rendimiento aumentó a mayor frecuencia de corte, resultando valores promedio de 734, 1.405 y $2.168 \text{ Kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}$, respectivamente.

En condiciones de pastoreo en el Piedemonte Llanero, se ha encontrado que la disponibilidad de forraje depende del estado productivo de las praderas lo cual está relacionado con su manejo (Rincón, 1999). En praderas recientemente establecidas y bien manejadas con periodos de descanso de 30 días, la disponibilidad de forraje promedio ha estado entre 1.500 y $1.800 \text{ kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Lascano *et al.*, 2002; Rincón *et al.*, 2002; Pardo Rincón y Hess, 1999), sin embargo, en praderas bien manejadas con varios periodos de pastoreo, la disponibilidad de forraje se estabiliza en un promedio de $1.300 \text{ kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}$. En este experimento se obtuvo un promedio de $1.896 \text{ kg MS}\cdot\text{ha}^{-1}$ a los 28 días, época recomendada como periodo de descanso de las praderas, presentándose alta correspondencia con los rendimientos de praderas jóvenes, bien manejadas en la región.

Calidad nutritiva de los pastos. El contenido de proteína cruda de los pastos Amargo y Toledo, fue

de 12,2% y 10,5% respectivamente, sin llegar a ser diferentes significativamente ($P>0,05$). En los otros indicadores de calidad, si se presentaron diferencias significativas, encontrándose una mayor cantidad de fibra en detergente neutro (FDN) y fibra en detergente ácido (FDA) en el pasto Toledo con 58,4% y 31,1% respectivamente, frente a 53,4 % y 25,8 % obtenidos en el pasto Amargo (Tabla 3). La

degradabilidad del forraje fue mas alta en el pasto Amargo al obtener un 74,2% valor superior significativamente al encontrado en el Toledo que fue de 68,2%, sin embargo, este valor se considera bueno si se tiene en cuenta otros resultados en rangos de 60% a 67% de degradabilidad, a edades entre 25 y 45 días en Costa Rica, Centro América (Argel, *et al.*, 2000).

Tabla 3. Calidad nutritiva de los pastos Amargo y Toledo, bajo tres frecuencias y dos intensidades de defoliación. C.I. La Libertad, Piedemonte Llanero-Colombia.

Pasto	Proteína cruda (%)	FDN ¹ (%)	FDA ² (%)	Degradabilidad (%)
Amargo	12,2 a	53,4 b	25,8 b	74,2 a
Toledo	10,5 a	58,4 a	31,1 a	68,2 b
Frecuencia				
14 días	12,9 a	56,4 a	27,5 a	71,2 a
28 días	11,2 b	55,4 a	28,0 a	72,7 a
42 días	9,8 c	55,8 a	29,8 a	69,6 a
Intensidad				
Baja	10,9 a	55,6 a	28,4 a	70,8 a
Alta	11,7 a	55,3 a	28,5 a	71,6 a
CV (%)	9,0	4,9	6,5	2,5

Valores con letras diferentes en la misma columna difieren significativamente ($P<0,05$) según la prueba de Tukey.

¹FDN: Fibra en detergente neutro

²FDA: Fibra en detergente ácido

El contenido de proteína fue afectado por las frecuencias de defoliación porque a los 14 días, cuando el pasto estaba más tierno, se presentó el mayor contenido de proteína con 12,9%, seguido por la defoliación a los 28 días con 11,2% y luego a los 42 días con 9,8%. Los pastos tropicales en estado joven se caracterizan por tener mejor calidad en términos de proteína cruda, sin embargo, el contenido de agua es mayor y la disponibilidad de biomasa a esta edad es baja, lo cual fue corroborado en este trabajo porque el forraje disponible solo llegó a 714 kg MS·ha⁻¹ a los 14 días. El aprovechamiento del forraje disponible mediante pastoreo a edades tempranas, solo puede hacerse con una carga animal baja y con periodos de ocupación más corto, de lo contrario, los animales pueden llegar a hacer sobrepastoreo y consumir el forraje residual que necesariamente debe quedar en la pradera, para asegurar nuevos rebrotes y persistencia de los pastos.

A la edad de 42 días de rebrote en condiciones del Piedemonte Llanero, el contenido de proteína generalmente ha estado en un rango de 7 a 8,5%

de proteína (Argel *et al.*, 2000, Rincón *et al.*, 2002, Pardo, Rincón y Hess, 1999, Fernández *et al.*, 1991); sin embargo, los pastos evaluados en este experimento fue de 9,8% a lo cual contribuyó la fertilización realizada con nitrógeno en el establecimiento de los pastos. En la Figura 2 se puede apreciar la relación inversa que existe entre producción de biomasa y contenido de proteína cruda de los pastos evaluados. Pastos cosechados a temprana edad contienen buena proteína pero la disponibilidad de biomasa es baja, en tanto, pastos cosechados muy maduros producen bastante forraje pero de menor calidad, por lo tanto, es importante buscar un adecuado balance entre el rendimiento de forraje y la calidad nutritiva, que permitan una buena respuesta en la producción animal.

La frecuencia de defoliación hecha a los pastos, no afectó el contenido de FDN, FDA y la degradabilidad, porque las diferencias no fueron significativas ($P>0,05$) a los 14, 28 y 42 días, cuando se realizó el corte o defoliación, obteniéndose promedios de 55,8% de FDN, 28,4% de FDA y 71,2% de degradabilidad. De

igual forma, las intensidades de defoliación no afectaron la calidad de los pastos porque las diferencias encontradas en las dos intensidades no

fueron significativas ($P>0,05$). El promedio de proteína, FDN, FDA y degradabilidad fueron de 11,3%; 55,4%; 28,4 y 71,2% respectivamente.

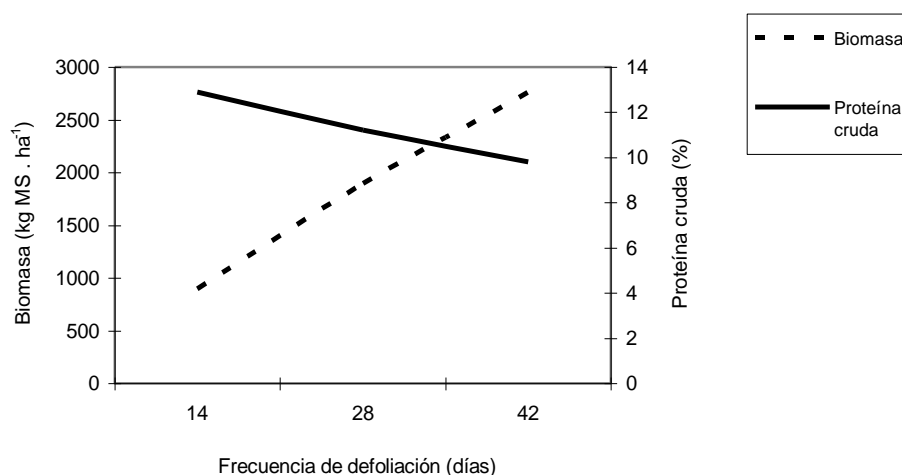


Figura 2. Producción de forraje y contenido de proteína cruda en pastos bajo tres frecuencias de defoliación. C.I. La Libertad, Piedemonte Llanero-Colombia.

Nutrientes de reserva. Los nutrientes de reserva fueron evaluados en el tallo, corona y raíz de las plantas de pasto Toledo y pasto Amargo, a las frecuencias de defoliación de 14, 28 y 42 días. Estos nutrientes de reserva también se evaluaron en las dos intensidades o alturas de defoliación (Tabla 4). En general, se observó que el pasto Amargo sobresalió sobre el pasto Toledo por el mayor contenido de proteína cruda ($P<0,05$) con 4,2%, de la cual el 47% fue considerada como proteína

soluble, mientras que el contenido de carbohidratos no estructurales (CNE) representados por el almidón y los azúcares solubles, no difirieron en forma significativa en los dos pastos. El sitio de mayor acumulación de proteína cruda fue la corona de los pastos, y el almidón con una proporción de 1,17%, se almacenó en las coronas y en las raíces, en tanto, la mayor cantidad de CNE se acumuló en mayor proporción en el tallo, con 31,3% de azúcares solubles.

Tabla 4. Nutrientes de reserva en los pastos Amargo y Toledo localizados en los tallos, corona y raíz de la planta, bajo tres frecuencias y dos intensidades de defoliación C.I. La Libertad, Piedemonte Llanero-Colombia.

Pasto	Proteína cruda (%)	Proteína soluble (%)	Almidón (%)	Azúcares solubles (%)
Amargo	4,20 a	48,43 a	1,12 a	28,09 a
Toledo	3,35 b	45,93 a	0,97 a	29,41 a
Sitio				
Tallo	3,37 b	48,65 ab	0,92 b	31,36 a
Corona	4,62 a	51,80 a	1,17 a	28,33 b
Raíz	3,29 b	41,12 b	1,05 ab	26,53 c
Frecuencia				
14 días	3,70 a	50,28 a	1,43 a	27,52 b
28 días	3,65 a	44,18 a	0,94 b	31,38 a
42 días	3,92 a	47,32 a	0,78 b	27,45 b
Intensidad				
Baja	3,74 a	47,80 a	1,15 a	28,43 a
Alta	3,77 a	46,60 a	0,94 b	29,10 a
CV (%)	28,6	33,1	37,2	12,8

Valores con letras diferentes en la misma columna difieren significativamente ($P<0,05$) según la prueba de Tukey.

El contenido de proteína cruda y proteína soluble no fue afectado por las frecuencias de defoliación lo que demuestra que esta proteína de reserva no disminuyó con el aumento de la edad de los pastos, sin embargo, el contenido de almidón si disminuyó porque de 1,44% a los 14 días, pasó a 0,78% a los 42 días. El contenido de azúcares solubles fue mayor significativamente ($P < 0,05$) cuando la defoliación se realizó a los 28 días. La altura de corte o defoliación de los pastos, no afectó el contenido de proteína cruda ni al contenido de carbohidratos solubles, sin embargo, a una intensidad baja o a mayor altura de corte se presentó mayor contenido de almidón. Los pastos Amargo y pasto Toledo, presentaron la mayor reserva de nutrientes en forma de azúcares solubles con un promedio de 28,7% seguido por la proteína cruda con 3,8% y en menor proporción se presentó el almidón con un promedio de 1%.

CONCLUSIONES

En el primer año de formación de la pastura se logró obtener alta la disponibilidad de biomasa de los pastos Amargo y pasto Toledo, cuando la altura de corte se realizó a los 25 y 35 cm respectivamente, con una edad o frecuencia de defoliación cada 28 días. Esto permitió obtener alta producción de forraje de buena calidad nutritiva. El forraje residual fue de un 55% del forraje total producido por la planta, esperándose buen rebrote de los pastos por el área foliar remanente (que permitirá reiniciar la fotosíntesis) y por la reserva de azúcares solubles, que se acumulan en mayor proporción en los tallos del forraje residual.

AGRADECIMIENTOS

Se presenta especial agradecimiento a COLCIENCIAS por la financiación del trabajo de investigación en el marco del proyecto "Potencial productivo y aspectos fisiológicos de los pastos tropicales bajo condiciones de manejo intensivo, como alternativa para recuperar praderas en suelos ácidos del Piedemonte Llanero".

BIBLIOGRAFÍA

Adjei M.B., P. Mislevy, R.S. Kalmbacher and P. Busey 1989. Production, quality, and persistence of tropical grasses as influenced by grazing frequency. Proc. Soil Crop Sci. 48:1-6.

Argel, P., C. Hidalgo, y M. Lobo Di Palma. 2000. Pasto Toledo (*Brachiaria brizantha* CIAT 26110) gramínea de crecimiento vigoroso con amplio rango de adaptación a condiciones de trópico húmedo y subhúmedo. Consorcio Tropicche, Costa Rica. Boletín Técnico, San José de Costa Rica. 15 p.

Beltrán, S.I., A.G. Hernández, E.M. García, P.J. Pérez, J.S. Kohashi, J.G. Herrera, A.R. Quero y S.S. González. 2005. Efecto de la altura y frecuencia de corte en el crecimiento y rendimiento del pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris*) en un invernadero. Agrociencia 39(2):137-147.

Clavero, T. 1993. Effects of defoliation on non-structural carbohydrates levels in tropical pastures. Rev. Fac. Agron. (Luz) 10:126-132.

Bircham, J.S. and J. Hodgson. 1983. The influence of swards condition on rates of herbage growth and senescence in mixed sward under continuous stocking management. Grass and Forage Sci. 38(4): 323-331.

Chaparro, C.J. 1991. Productivity, persistence, nutritive value, and photosynthesis responses of mott elephant grass to defoliation management. University of Florida, Gainesville, FL. 322 p.

Cuesta, P.A., R.R. Barahona, F.D. Báez, H. Ojeda, A.P. Mila, y M.I. León. 2003. Renovación y manejo de praderas y utilización de ensilajes en el trópico alto. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Fondo Nacional del Ganado FEDEGAN, Universidad de Nariño, Sociedad de Agricultores y Ganaderos de Nariño, Bogotá. 56 p.

Deregibus, V.A., M.J. Trlica, and V.K. Jameson. 1982. Handbook of agricultural productivity. v.1. CRC Press, Boca Raton, FL. p. 315-344.

Da Siva, S.C. 1998. Bases para o estabelecimento do manejo de *Cynodon* sp para pastejo e conservacao p.129-150. En: Simposio sobre manejo de pastagens. A.M. Peixoto (ed.), Piracicaba, Br.

Entrena, I., E. Chacón y V. Gonzáles. 1998. Influencia de la carga animal y la fertilización con azufre sobre las tasas de crecimiento, biomasa y producción aérea neta de una asociación de *Brachiaria mutica* - *Teramnus uncinatus* Zoot. Trop. 16(2):183-206.

Fernández, R.J., M.I. Chávez, D.R. Virgüez, y M.G. de Hernández. 1991. Efecto de la frecuencia de corte sobre el rendimiento y valor nutritivo del pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) en la unidad agroecológica 3e 144 del Valle de Aroa. Zoot. Trop. 9(2):165-179.

- Fulkerson, W.J. and K. Snack. 1994. Leaf number as a criterion for determining defoliation time for *Lolium perenne*. Grass and Forage Sci. 49:373-377.
- Gomide, J.A. 1988. Fisiología das plantas forrageiras e manejo das pastagens. Inf. Agropec. 88(154): 11-18.
- Gomide J.A. and C.P. Zago. 1980. Crecimento e recuperacao do capim coloniao apos corte. Rev. Soc. Bras. Zoot. 9(2): 293-305.
- Grasselli, L.C.P. 2000. Característica morfogénica e estruturais de *Brachiaria decumbens* sob lotação continua. p. 321-323. En: Reuniao anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Anais Bicosá, Brasil.
- Harris, W. 1978. Defoliation as a determinant of the growth, persistence and composition of pasture. p. 67-84. In: J.R. Wilson (ed.). Plant relations in pastures. CSIRO, Melbourne, Australia.
- Holmes, W. 1982. Grazing management. p. 125-174. In: W. Holmes. (ed.). Grass: its production and utilization. British Grassland Society, Great Britain. 459 p.
- Keller-Grein, G., B.L. Maass, y J. Hanson. 1998. Variación natural en *Brachiaria* y bancos de germoplasma existentes. p. 18-39. En: J.W. Miles, B.L. Maass y C.B. do Valle (eds.). *Brachiaria: biología, agronomía y mejoramiento*. CIAT, CNPGC/EMBRAPA. Cali, Colombia; Campo Grande Brasil.
- Lascano, C., R. Pérez, C. Plazas, J. Medrano, O. Pérez, y P.J. Argel. 2002. Pasto Toledo (*Brachiaria brizantha* CIAT 26110) Gramínea de crecimiento vigoroso para intensificar la ganadería Colombiana. CIAT, CORPOICA, Minagricultura, Villavicencio, Colombia. 18 p.
- Lemaire, G. 2001 Ecophysiology of grasslands: dynamic aspects of forage plant population in grazed swards XIX international grassland congress, Sao Pablo Brazil. pp. 29-37.
- López, Y. 1988. Bases fisiológicas para la producción y utilización de pastos tropicales. XII programa para el desarrollo de la capacidad científica en investigación para la producción y utilización de pastos tropicales. Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, Cali, Valle. 15 p.
- Lucas, J.M. 2003. Intervalo entre cortes em capim Marandu (*Brachiaria brizantha* cv. marandu): Producto, valor nutritivo e perdas asociadas a fermentação da silagem. Universidade de Sao Paulo, Piracicaba, Brasil. 138 p.
- Palhano, A.I., P.C. de Faccio, J.R. Dittrich, A. de Moraes, M.Z. Barreto e M.C. Ferreira. 2005. Sward structure and defoliation patterns in mombaçagrass according to different canopy heights. Rev. Bras. Zoot. 34(6):425-433.
- Pardo, O., A. Rincón y D. Hess, 1999. Alternativas forrajeras para los Llanos Orientales de Colombia. Boletín Técnico No. 18 CORPOICA-PRONATTA, Villavicencio, Meta. 55 p.
- Pedreira, C.G., E. Lynn, L.E. Sollenberger and P. Mislevy. 2000. Botanical composition, light interception, and carbohydrate reserve status of grazed 'Florakirk' Bermudagrass. Agron. J. 92(2):194-199.
- Rodríguez, J.J. y L.R. Aviles. 1997. Pastoreo intensivo y tradicional: su influencia sobre el sistema suelo-planta-animal en el sureste de México. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 5 (suplm. 1): 72-75.
- Rincón, A., P.A. Cuesta, R.A. Pérez, G. Bueno, O. Pardo, y J.E. Gómez. 2002. Producción y utilización de los recursos forrajeros en sistemas de producción bovina de la Orinoquia y el Piedemonte Caquetense. Manual Técnico. Plan de Modernización Tecnológica de la Ganadería Bovina Colombiana - CORPOICA. 76 p.
- Rincón, A. 1999. Degradación y recuperación de praderas en los Llanos Orientales de Colombia. Boletín técnico No. 19. CORPOICA-PRONATTA, Villavicencio, Meta. 48 p.
- Santos, P.M. 1997. Estudio de algunas características agronómicas de *Panicum maximum* Jacq. Cv.s Tanzania y Mombasa, para establecer seu manejo. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiros, Universidade de Sao Paulo. Piracicaba, Brasil. 62 p.
- Smith, D. 1974. Growth and development of timothy tillers as influenced by level of carbohydrate reserves and leaf area. Ann. Bot. 38(3):595-606.
- Thomas, H. 1980. Terminology and definitions in studies of grassland plants. Grass Forage Sci. 35(1):13-23.
- Vecchiatti, A. 2002. Reservas orgánicas, índice de área foliar e producto de forragem em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a intensidades de pastejo por bovinos de corte. Tesis de doctorado, Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Universidade de Sao Paulo. Piracicaba, Brasil. 160 p.