
**Tropical and
Subtropical
Agroecosystems**

**CARACTERÍSTICAS MORFOGÉNICAS Y SU INFLUENCIA EN EL
RENDIMIENTO DEL PASTO MOMBAZA, COSECHADO A DIFERENTES
INTERVALOS DE CORTE**

**[MORPHOGENIC CHARACTERISTICS AND THEIR INFLUENCE ON THE
HERBAGE YIELD OF MOMBAZA GRASS, HARVESTED TO DIFFERENT
CUTTING INTERVALS]**

**Omar Ramírez Reynoso^{1*}, Alfonso Hernández Garay², Sila Carneiro da Silva³,
Jorge Pérez Pérez², Salim Jacaúna de Souza Júnior³, Rigoberto Castro Rivera²
and Javier Francisco Enríquez Quiroz⁴.**

¹Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia: Costa Chica.
Universidad Autónoma de Guerrero. Km 195 Carretera Acapulco-
Pinotepa Nacional, C.P. 41940, Cuajinicuilapa, Guerrero, México.
E-mail: oramirez@colpos.mx

²Colegio de Postgraduados - Campus Montecillo.
Km 36.5 Carretera México - Texcoco, Texcoco, México.

E-mails: hernan@colpos.mx, jperez@colpos.mx, ricari@colpos.mx

³Departamento de Zootecnia. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz-
Universidade de São Paulo. Av. Pádua Dias N° 11, Piracicaba, São Paulo, Brasil.
E-mails: scdsilva@esalq.usp.br, sjsouza@esalq.usp.br

⁴Campo Experimental Cotaxtla. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales
Agrícolas y Pecuarias. Alamos 29, Col. Limón de Guerrero, Isla, Veracruz,
México. E-mail: quiroz_jf@hotmail.com

* Corresponding author

RESUMEN

El objetivo del estudio fue determinar el flujo de tejidos y rendimiento por corte del pasto Mombaza (*Panicum maximum* Jacq.), cosechado a tres intervalos de corte (IC: 3, 5 y 7 semanas), durante un año, en las épocas de sequía (10-nov-2006 a 09-jun-2007) y lluvias (10-jun a 06-nov-2007). Los tratamientos (IC) se distribuyeron en 12 parcelas de 17.5 m², mediante un diseño de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones. El IC de 3 semanas promedió mayor tasa de aparición de hojas (0.185 hojas tallo⁻¹ d⁻¹) durante el estudio (P<0.01). Hubo mayor tasa de elongación de tallos (188%) y foliar (182%) durante las lluvias (P<0.05). La tasa de senescencia foliar fue mínima (0.6 mm tallo⁻¹ d⁻¹) durante la sequía y mayor con el IC de 7 semanas (19.7 mm tallo⁻¹ d⁻¹) durante las lluvias (P<0.01). Mayor crecimiento neto foliar (144%) ocurrió durante las lluvias (P<0.01). Los menores rendimientos de forraje y tasas de crecimiento se registraron durante la sequía (P<0.01), pero la contribución de hojas al rendimiento de forraje fue superior a 82% en todos los IC. Durante las lluvias, los mayores rendimientos por corte y tasas de crecimiento se presentaron con IC de 5 y 7 semanas (P<0.01), pero con menor contribución de hojas al rendimiento (59 y 51%, respectivamente). El pasto Mombaza, presentó estacionalidad para el flujo de tejidos, con mayor

dinámica durante las lluvias y debe cosecharse cada 5 semanas durante la sequía y cada 3 semanas durante las lluvias, para disminuir las pérdidas por senescencia de hojas y mejorar la eficiencia de producción y utilización del forraje.

Palabras clave: *Panicum maximum*; morfogénesis; flujo de tejidos; defoliación.

SUMMARY

The aim of this study was to evaluate tissue turnover and herbage yield per cut of Mombaza grass (*Panicum maximum* Jacq.), harvested to three cutting intervals (3, 5 and 7 weeks), during one year, in the rainy (Jun 10 to Nov 06 2007) and the dry (Nov 10 2006 to Jun 09 2007) season. Treatments were allocated in 12 paddocks of 17.5 m² using a randomized complete block design, with four replications. The 3-weeks cutting interval (CI) had the highest leaf appearance rate (0.185 leaves tiller⁻¹d⁻¹), during the study (P<0.01). There was higher stem elongation rate (188%) and leaf elongation rate (182%) during the rainy season (P<0.05). During the dry season the leaf senescence rate was minimum (0.6 mm tiller⁻¹ d⁻¹) and highest during the rainy season (P<0.01) with 7-weeks CI (19.7 mm tiller⁻¹ d⁻¹). The highest net growth rate (144%) was recorded during the rainy season

($P < 0.01$). Lower herbage yield and growth rate were observed during the dry season ($P < 0.01$), but leaves contribution to the herbage yield was higher than 82% in all CI. During the rainy season, the higher herbage yield per cut and growth rate were recorded with 5 and 7-weeks CI ($P < 0.01$), with lower leaves contribution to herbage yield (59 and 51%, respectively). Mombaza grass showed seasonality in tissue turnover, with

higher sward dynamics during the rainy season and it most be harvested every 3 weeks during the rainy and every 5 weeks during the dry season in order to reduce the losses by leaf senescence and improve herbage production and utilization.

Key words: *Panicum maximum*; morphogenesis; tissue turnover; defoliation.

INTRODUCCIÓN

Para el manejo eficiente de praderas, la utilización de las especies forrajeras puede realizarse mediante el corte o pastoreo rotacional. En estas condiciones, la duración del período de rebrote y la cantidad de forraje residual, son factores determinantes para la producción de biomasa vegetal. Durante el rebrote, las plantas forrajeras dependen del proceso de fotosíntesis para la generación de energía, que se destina al mantenimiento de su biomasa y formación de nuevo tejido, por lo que requieren del área foliar, para la interceptación de la radiación incidente (Gomide *et al.*, 2003; Alexandrino *et al.*, 2004). La producción de forraje es determinada por la radiación fotosintéticamente activa absorbida y por su eficiencia de conversión a materia seca (Gomide *et al.*, 2003).

El estudio del origen y desarrollo de los diferentes órganos de un organismo y las transformaciones que determinan la producción y los cambios en la forma y estructura de la planta, en el espacio, a lo largo del tiempo, ha sido definido como morfogénesis (Chapman y Lemaire, 1993). La morfogénesis de las plantas forrajeras de clima tropical puede ser descrita por cuatro características básicas: tasa de aparición de hojas, elongación foliar, duración de vida de las hojas (Chapman y Lemaire, 1993) y elongación del tallo (Cruz y Boval, 2000). Estas características morfogénicas dan origen a las características estructurales del dosel vegetal: longitud final de la hoja, densidad poblacional de tallos, número de hojas vivas por tallo (Chapman y Lemaire, 1993) y relación hoja:tallo (Sbrissia y Da Silva, 2001); que a su vez, determinan el índice de área foliar del pasto.

Durante el desarrollo de los pastos, el tejido foliar en cada tallo, es producido secuencialmente como una cadena de fitómeros, considerados unidades básicas de desarrollo de las gramíneas y están constituidos de lámina, vaina foliar, lígula, nudo, entrenudo y yema axilar (Skinner y Nelson, 1994; Gomide y Gomide, 2000). Cada fitómero sigue una serie pre-programada de estadios de desarrollo, desde la aparición de primordios foliares en el meristemo apical hasta la maduración y senescencia ontogénica (Lemaire y Agnusdei, 2000). Este proceso determina la dinámica

del flujo de tejidos, cuyo estudio por medio de las características morfogénicas, es una herramienta importante para la evaluación de la dinámica de crecimiento de las plantas forrajeras (Lemaire y Agnusdei, 2000; Neto *et al.*, 2002), lo que permite describir la curva de producción y acumulación de forraje, estimar su calidad, realizar recomendaciones prácticas de manejo que permitan incrementar la eficiencia de utilización del forraje producido, reducir las pérdidas de biomasa por senescencia y muerte de hojas, e incrementar la productividad de las praderas.

El pasto Mombaza es un cultivar de la especie *Panicum maximum* Jacq., que por su alta capacidad de producción de biomasa, está siendo introducido como una opción para mejorar la productividad de las praderas tropicales; sin embargo, el manejo tradicional aplicado y la falta de recomendaciones particulares para esta especie, no ha permitido alcanzar el impacto esperado, y muchas de estas praderas muestran signos de degradación. En México, existen pocos estudios relacionados con las características morfogénicas de las gramíneas forrajeras tropicales y su importancia para determinar el momento óptimo de cosecha e incrementar su eficiencia de utilización. Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de tres intervalos de corte, durante las épocas de sequía y lluvias, en las características morfogénicas, tasa de crecimiento y rendimiento del pasto Mombaza.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y duración del estudio

El estudio se realizó del 10 de noviembre del 2006 al 06 de noviembre de 2007 en el rancho "Aztlán" (16° 43' 26" N, 99° 07' 24" O y 40 msnm), ubicado en el municipio de Florencio Villarreal, Guerrero, México. El clima es Aw₀, que corresponde a cálido subhúmedo con lluvias en verano (García, 1981), con temperatura y precipitación media anual de 27°C y 1097 mm, respectivamente (CONAGUA, 2008). La precipitación mensual y temperaturas máximas, media y mínima, registradas durante el periodo experimental se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Precipitación mensual y temperaturas máximas, medias y mínimas, registradas durante el periodo experimental.

Mes	Temperatura (°C)			Precipitación (mm)	Época
	Máxima	Media	Mínima		
Nov-06	39.0	27.8	17.0	40	Sequía
Dic-06	34.8	26.7	17.0	0	
Ene-07	33.7	26.4	16.5	0	
Feb-07	34.7	25.6	17.1	0	
Mar-07	35.0	25.7	17.3	0	
Abr-07	35.5	25.7	17.5	0	
May-07	35.9	25.9	20.2	0	Lluvias
Jun-07	35.0	25.4	20.9	224	
Jul-07	35.0	26.8	21.2	187	
Ago-07	35.3	28.0	22.2	255	
Sep-07	32.1	27.6	22.4	123	
Oct-07	31.7	27.6	22.0	167	
Nov-07	32.8	27.2	19.8	0	Sequía

Establecimiento y manejo de praderas

La pradera de pasto Mombaza, en la que se realizó el estudio, se sembró el 3 de julio de 2006, en forma manual y en surcos espaciados a 50 cm y 50 cm entre plantas, empleando semilla botánica y una densidad de siembra de 5 kg de semilla pura viable ha⁻¹. Previo a la siembra, el terreno se preparó mediante una aplicación de un herbicida sistémico (glifosato) para eliminar la vegetación presente. A los cuatro meses después de la siembra y al inicio de cada época se realizó un corte de uniformidad a una altura aproximada de 5 cm e inmediatamente después se distribuyeron los tratamientos, mediante un diseño experimental de bloques al azar, con cuatro repeticiones. Los tratamientos consistieron en tres intervalos de corte (IC): 3, 5 y 7 semanas, a 5 cm de altura. El tamaño de la parcela experimental fue de 5 x 3.5 m (17.5 m²). La evaluación se realizó en dos épocas del año: sequía (10-nov-2006 a 09-jun-2007) y lluvias (10-jun a 06-nov-2007). Durante el experimento, la presencia de maleza se controló mediante la aplicación del herbicida 2-4 D + Picloram.

Variables evaluadas

Las variables evaluadas fueron: flujo de tejidos (tasa de aparición de hojas, elongación de tallo, elongación foliar, senescencia foliar y crecimiento neto foliar), tasa de crecimiento y rendimiento de forraje.

Medición de variables

El flujo de tejidos, se realizó en el segundo periodo de rebrote de cada intervalo de corte. Para ello, después del primer corte, se seleccionaron cinco tallos al azar dentro de cada parcela, los cuales se marcaron con anillos de alambre de diferente color. En cada uno de

los tallos se midió su longitud (distancia entre la base del tallo y la lígula de la última hoja expandida), número de hojas y longitud de lámina foliar (desde su inserción hasta el extremo superior del ápice en hojas verdes ó hasta la base del tejido clorótico en hojas en proceso de senescencia. Estas determinaciones se realizaron cada semana hasta un día antes del corte siguiente. La senescencia foliar se obtuvo de manera indirecta, mediante la diferencia de las longitudes de hojas en proceso de senescencia, entre mediciones sucesivas.

La tasa de aparición de hojas (TAH; hojas tallo⁻¹ d⁻¹), se obtuvo por la diferencia entre el número total de hojas al final del intervalo de corte (NH_f), menos el número inicial de hojas (NH_i), dividido entre el número de días (ND), transcurridos entre mediciones sucesivas (Alexandrino *et al.*, 2004).

$$TAH = (NH_f - NH_i) / ND$$

La tasa de elongación del tallo (TET; mm tallo⁻¹ d⁻¹), fue obtenido por la diferencia entre la longitud final (LT_f) y la longitud inicial (LT_i), dividido entre el número de días (ND), entre mediciones sucesivas (Santos *et al.*, 2004).

$$TET = (LT_f - LT_i) / ND$$

La tasa de elongación foliar por tallo (TEF; mm tallo⁻¹ d⁻¹), se calculó para hojas en expansión, como la diferencia entre la sumatoria de las longitudes de las láminas foliares final (LF_f) e inicial (LF_i), dividida entre el número de días (ND), entre mediciones sucesivas (Hernández-Garay *et al.*, 1997).

$$TEF = (LF_f - LF_i) / ND$$

La tasa de senescencia foliar por tallo (TSF; $\text{mm tallo}^{-1} \text{d}^{-1}$) se obtuvo para hojas en proceso de senescencia, como la diferencia entre la sumatoria de las longitudes de las láminas foliares inicial (LF_i) y final (LF_f), dividida entre el número de días (ND), entre mediciones sucesivas (Hernández-Garay *et al.*, 1997).

$$\text{TSF} = (\text{LF}_i - \text{LF}_f) / \text{ND}$$

La tasa de crecimiento foliar neto por tallo (CFN; $\text{mm tallo}^{-1} \text{d}^{-1}$), se calculó como la diferencia entre la tasa de elongación foliar (TEF) y la tasa de senescencia foliar (TSF), (Hernández-Garay *et al.*, 1997).

$$\text{CNF} = \text{TEF} - \text{TSF}$$

Para determinar el rendimiento de forraje y sus componentes morfológicos (kg MS ha^{-1}), en la parte central de cada unidad experimental, se delimitó en forma permanente un cuadro de 1 m^2 , y el forraje se cortó a una altura aproximada de 5 cm, en cada uno de los intervalos de corte (3, 5 y 7 semanas). El forraje cosechado se pesó y se tomó una submuestra de aproximadamente 25 %, la cual se separó por componente morfológico (hoja, tallo y material muerto). Cada componente morfológico se secó en una estufa de aire forzado a 80°C , durante 24 h. Se determinó el contenido de materia seca (MS) de cada submuestra. El rendimiento de MS total y por componente morfológico se calculó por m^2 y por ha, para cada repetición, intervalo de corte y época. La tasa de crecimiento de la pradera ($\text{kg MS ha}^{-1} \text{d}^{-1}$) se estimó al dividir el rendimiento de forraje por corte,

entre el número de días correspondiente a cada intervalo de corte.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos se analizaron con el procedimiento PROC MIXED del paquete estadístico SAS (SAS, 2002). Para seleccionar la matriz de varianza y covarianza se utilizó el Criterio de Información de Akaike (Wolfinger, 1993). Los efectos de intervalo entre cortes, época del año y sus interacciones, se consideraron fijos y el efecto de bloques fue considerado aleatorio. Las medias de tratamientos fueron estimadas utilizando LSMEANS y la comparación entre ellas fue realizada por medio de la probabilidad de la diferencia (PDIF), usando la prueba de “t” de “Student” y un nivel de significancia del 5%.

RESULTADOS

Tasas de aparición de hojas y elongación de tallos

Se encontró efecto de interacción IC*época ($P < 0.01$) para la tasa de aparición de hojas, y efecto de época ($P < 0.01$) en la tasa de elongación de tallos (Tabla 2). En la época de sequía la tasa de aparición de hojas fue menor, a medida que el IC se incrementó de 3 a 7 semanas; mientras que, durante la época de lluvias, el IC de 3 semanas presentó 73 y 39% mayor tasa de aparición de hojas, en comparación con los IC de 5 y 7 semanas, respectivamente; mientras que, el IC de 7 semanas fue 24% superior al IC de 5 semanas. La tasa de elongación de tallos, durante la época de lluvias fue 188% mayor, en comparación a la de sequía.

Tabla 2. Tasa de aparición de hojas y elongación de tallo del pasto Mombaza a tres intervalos de corte en dos épocas del año.

Intervalo de cortes (semanas)	Sequía	Lluvia	Promedio
	Aparición de hojas ($\text{hojas tallo}^{-1} \text{día}^{-1}$)		
3	0.1750 Aa	0.1950 Aa	0.1850
5	0.1025 Ba	0.1125 Ca	0.1075
7	0.0600 Cb	0.1400 Ba	0.1000
Promedio	0.1125 b	0.1492 a	
EEM	0.00852	0.00852	
	Elongación de tallo ($\text{mm tallo}^{-1} \text{día}^{-1}$)		
	Sequía	Lluvia	Promedio
3	3.7 Ab	7.9 Aa	5.8
5	2.5 Ab	7.7 Aa	5.1
7	1.6 Ab	7.0 Aa	4.3
Promedio	2.6 b	7.5 a	
EEM	0.17	0.70	

Valores con diferente literal mayúscula, dentro de la misma columna en cada variable, indica diferencia estadística significativa ($P < 0.05$).

Valores con diferente literal minúscula, dentro de la misma línea en cada variable, indica diferencia estadística significativa ($P < 0.05$).

EEM = Error estándar de la media.

Tasas de elongación, senescencia y crecimiento neto foliar

La tasa de recambio foliar en tallos individuales se presenta en la Tabla 3. Se observó efecto de la interacción IC*época en las tasa de elongación ($P<0.05$) y senescencia foliar ($P<0.01$) y efecto de época en la tasa de crecimiento neto foliar ($P<0.01$). La tasa de elongación foliar, durante la época de lluvias fue 182 % mayor, en comparación con la de sequía. La tasa de elongación foliar entre IC fue estadísticamente similar ($P>0.05$) en la época de lluvias, y menor conforme el IC aumentó de 3 a 7 semanas, durante la sequía. La tasa de senescencia foliar fue mayor durante las lluvias en comparación con la sequía, excepto para el IC de 3 semanas que fue similar en ambas épocas. Se observó que la senescencia foliar entre IC fue estadísticamente similar durante la sequía; mientras que, en las lluvias, aumentó conforme se incrementó el IC. La tasa de crecimiento neto foliar fue 144% mayor, durante la época de lluvias, en comparación con la de sequía.

Rendimiento de forraje y tasa de crecimiento

Se encontró efecto de la interacción IC*época para el rendimiento de forraje ($P<0.01$) y para la tasa de crecimiento ($P<0.01$). El rendimiento de forraje, durante las lluvias, fue 559 % mayor, en comparación con el de la sequía; sin embargo, los intervalos de corte de 5 y 7 semanas, que fueron estadísticamente similares entre sí, presentaron 261 y 344% más rendimiento, respectivamente, en comparación al de 3 semanas. Mientras que el rendimiento de forraje, durante la sequía, fue estadísticamente similar ($P>0.05$) entre intervalos de corte, con un promedio de 650 kg MS ha⁻¹. La tasa de crecimiento en lluvias fue 469% mayor, en comparación con la sequía. En esta misma época la tasa de crecimiento fue estadísticamente similar para los intervalos de corte de 5 y 7 semanas y superaron en 116 y 90% al de 3 semanas, respectivamente. Durante la sequía, la tasa de crecimiento fue 88% mayor, con el intervalo de corte de 3 semanas, en comparación con el corte de 7 semanas, mientras que el IC de 5 semanas tuvo un comportamiento intermedio (Figura 1).

Tabla 3. Tasa de elongación, senescencia y crecimiento neto foliar del pasto Mombaza a tres intervalos de corte en dos épocas del año.

Intervalo de cortes (semanas)	Sequía	Lluvia	Promedio
	Elongación foliar (mm tallo ⁻¹ día ⁻¹)		
3	30.9 Ab	56.6 Aa	43.7
5	23.7 Bb	57.6 Aa	40.7
7	11.1 Cb	70.7 Aa	40.9
Promedio	21.9 b	61.6 a	
EEM	1,61	6,89	
	Senescencia foliar (mm tallo ⁻¹ día ⁻¹)		
	Sequía	Lluvia	Promedio
3	0.3 Aa	1.8 Ca	1.1
5	1.0 Ab	7.5 Ba	4.3
7	0.5 Ab	19.7 Aa	10.1
Promedio	0.6 b	9.7 a	
EEM	0.26	1.53	
	Crecimiento neto foliar (mm tallo ⁻¹ día ⁻¹)		
	Sequía	Lluvia	Promedio
3	30.6 Ab	54.7 Aa	42.6
5	22.7 Ab	50.1 Aa	36.4
7	10.6 Ab	51.0 Aa	30.8
Promedio	21.3 b	51.9 a	
EEM	1.66	6,39	

Valores con diferente literal mayúscula, dentro de la misma columna en cada variable, indica diferencia estadística significativa ($P<0.05$).

Valores con diferente literal minúscula, dentro de la misma línea en cada variable, indica diferencia estadística significativa ($P<0.05$).

EEM = Error estándar de la media.

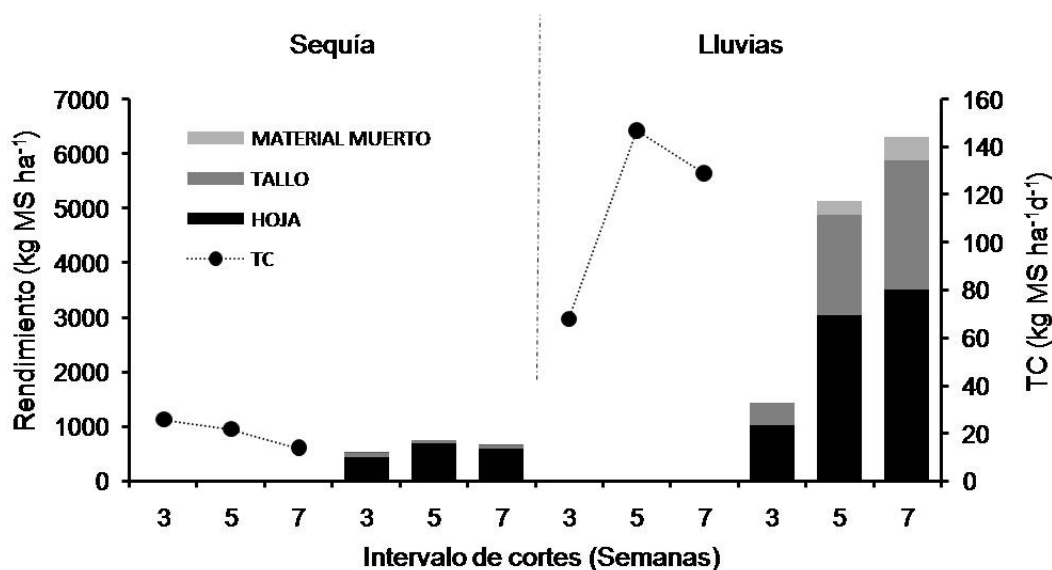


Figura 1. Tasa de crecimiento (TC) y contribución de los componentes morfológicos del pasto Mombaza al rendimiento total de forraje a tres intervalos de corte en dos épocas del año.

DISCUSIÓN

Los factores ambientales y de manejo, determinan las características morfogénicas de las plantas; su estudio, permite entender el flujo de tejidos y la producción individual de los tallos, durante un período de rebrote. En este estudio, los factores ambientales determinaron marcada estacionalidad en las características evaluadas, con menores tasas y rendimientos durante la época de sequía, debido al incremento de deficiencia hídrica conforme transcurrió esta época, lo cual redujo el crecimiento aéreo de la planta (Nascimento *et al.*, 2002); mientras que, durante las lluvias este proceso se revirtió debido a las mejores condiciones de precipitación (Tabla 1) que favoreció el crecimiento, con el consecuente incremento en el recambio de tejido en las plantas (Da Silva y Nascimento, 2007).

Durante la sequía, la disminución de la tasa de aparición y elongación de hojas (Tablas 2 y 3), conforme se incrementó el IC puede deberse a que el IC de 3 semanas permitió mayor recambio de tallos que los IC de 5 y 7 semanas (datos no mostrados), lo que propició el rebrote a partir de mayor cantidad de tallos jóvenes, los cuales presentan mayor tasa de aparición y elongación foliar en comparación con los tallos remanentes (Ferlin *et al.*, 2006); o bien, pudo deberse a que a medida en que se incrementó el IC, aumentó la deficiencia hídrica, lo que se reflejó en una menor capacidad de la planta para emitir y elongar hojas. Las tasas de elongación de tallos (Tabla 2) y senescencia foliar (Tabla 3), estadísticamente similares, con valores promedio de 2.6 y 0.6 mm tallo⁻¹ d⁻¹, respectivamente, indican que la deficiencia hídrica

durante la sequía propició menor tasa de recambio de tejido, lo cual impidió que se presentara efecto del IC. La senescencia foliar, aunque insignificante, fue suficiente para compensar la escasa elongación foliar, lo que permitió tasas similares de crecimiento neto foliar.

La disminución de la tasa de crecimiento conforme se incrementó el intervalo de corte, durante la sequía, es explicada por las características morfogénicas. En esta época, el rendimiento de forraje, con un promedio de 651 kg MS ha⁻¹ presentó una proporción de hojas superior a 82%, para todos los IC (Figura 1). Estos resultados indican la flexibilidad para determinar el IC óptimo, hasta por 7 semanas, sin ocasionar pérdidas de forraje por senescencia foliar y acumulación de tallo y material muerto; sin embargo, la determinación de la dinámica de ahijamiento, durante el estudio (datos no mostrados), indican que IC de 7 semanas, afecta la estabilidad de la población de tallos, por lo se sugieren intervalos de corte de 5 semanas, en la época de sequía.

Durante las lluvias, cuando existieron mejores condiciones para el crecimiento y mayor dinámica en el flujo de tejidos, la tasa de aparición de hojas tendió a disminuir conforme se aumentó el IC de 3 a 7 semanas (Tabla 2). Resultados similares fueron registrados en especies forrajeras de clima templado por Hernández-Garay *et al.* (1999). En defoliación severa, durante el rebrote y crecimiento de la planta, la longitud de vainas foliares y tamaño del tallo, también se incrementa, presentándose una mayor demora en la aparición de las hojas en la parte superior del tallo

(Gomide y Gomide, 2000; Duru y Ducrocq, 2000), lo que genera disminución en la tasa de aparición de hojas. En este estudio, la mayor tasa de aparición de hojas registrada con el IC de 7 semanas, en comparación al de 5 semanas (Tabla 2), se debió probablemente, a que el mayor IC presentó mayor altura de plantas y tallos, lo que favorece la elongación de entrenudos y elevación del meristemo apical; esto a su vez, reduce la distancia que las hojas de mayor nivel de inserción deben recorrer para su emergencia en la parte superior del tallo (Skinner y Nelson, 1995; Gomide y Gomide, 2000), y consecuentemente incrementa la tasa de aparición de hojas.

El incremento en la tasa de senescencia foliar, conforme se aumentó el IC, se debe a que durante la fase inicial del rebrote, posterior a una defoliación severa, en que todas las hojas son eliminadas, no hay senescencia y la tasa de elongación foliar es similar a la tasa de crecimiento neto foliar; condición que se mantiene hasta que la pradera alcanza su máximo índice de área foliar y las hojas viejas cumplen su periodo de vida útil, y es cuando comienza el proceso de senescencia y descomposición, ya que las hojas se encuentran en los estratos inferiores donde la disponibilidad de radiación solar es limitada (Chapman y Lemaire, 1993), por tanto, la tasa de elongación foliar es mayor que la tasa de senescencia, y es cuando se alcanza la máxima tasa de crecimiento neto foliar. Posteriormente, la tasa de senescencia se incrementa hasta alcanzar valores iguales a la tasa de elongación foliar; en esta condición la tasa de crecimiento neto foliar disminuye y puede llegar a cero (Hodgson, 1990, Lemaire y Chapman, 1996). Las tasas similares de crecimiento neto foliar, en la época de lluvias, se debieron al balance entre elongación y senescencia foliar, durante el período de rebrote para cada IC.

En la época de lluvias, el comportamiento de las características morfogénicas permitió que se manifestara el efecto de los IC, con mayor crecimiento y rendimiento de forraje para los IC de 5 y 7 semanas; sin embargo, la contribución de hojas al rendimiento de forraje fue de 71, 59 y 55%, para los IC de 3, 5 y 7 semanas, respectivamente, lo cual sugiere que el IC de 3 semanas es apropiado en esta época, ya que reduce la senescencia foliar, la producción de tallo y material muerto, y permite mayor número de cortes.

Estudios recientes muestran que la acumulación de forraje en especies tropicales, es un proceso con dos fases, en el cual la formación y crecimiento de hojas es la característica principal, hasta que su acumulación disminuye (condición en la que el dosel intercepta 95% de la luz incidente y la aparición de nuevas hojas es compensada por la senescencia de las primeras hojas); posteriormente, la mayor acumulación de

forraje, resulta básicamente de incrementos en las tasas de acumulación de tallos y senescencia foliar (Da Silva y Nascimento, 2007). En el presente estudio, la similar tasa de elongación de tallos en ambas épocas y las diferencias en las tasas de aparición y senescencia foliar durante la época de lluvias, sugiere que las praderas no alcanzaron o extendieron la fase de 95% de interceptación de luz incidente, debido al hábito de crecimiento de la especie y a la distribución espacial de plantas (50 x 50 cm) determinada para el establecimiento de las praderas, lo cual favoreció la penetración de la luz solar a través del perfil del dosel vegetal y propició que las plantas requirieran de mayor índice de área foliar, para interceptar el mismo porcentaje de radiación fotosintéticamente activa, con mayor dinámica del flujo de tejido foliar y menor periodo de vida útil de las primeras hojas, durante la época de lluvias (Gomide *et al.*, 2003).

Los resultados del presente estudio coinciden con los obtenidos por Santos *et al.* (1999), quienes al evaluar frecuencias de pastoreo en pasto Mombaza, en diferentes épocas del año, encontraron un comportamiento estacional similar, con mayor rendimiento y menor proporción de hojas conforme se incrementó el intervalo de pastoreo. Asimismo, Santos *et al.* (2004) reportaron una estacionalidad similar en el flujo de tejidos, con senescencia foliar mínima durante la sequía. En otro estudio, con pasto Tanzania, utilizando un periodo de descanso de 35 días, se encontró mayor tasa de aparición de hojas en tallos de menor tamaño y un incremento de senescencia foliar a partir del día 23 del periodo de rebrote (Barbosa *et al.*, 2002). Por su parte, Gomide *et al.* (2003), bajo condiciones de invernadero, al evaluar el crecimiento de plantas de pasto Mombaza, encontraron una fase de estabilización de la interceptación luminosa de 96%, entre los 24 y 42 días, durante el período de rebrote.

CONCLUSIÓN

El pasto Mombaza, presentó marcada estacionalidad para el flujo de tejidos, con mayor dinámica durante la época de lluvias, en comparación con la época de sequía, por lo que para mejorar la eficiencia de producción y utilización del forraje y disminuir las pérdidas por senescencia y muerte de hojas, debe cosecharse cada 5 semanas durante la sequía y cada 3 semanas, durante las lluvias.

REFERENCIAS

- Alexandrino, E., Nascimento, D. J., Mosquim, P. R., Regazzi, A. J., Cipriano, R. F. 2004. Características Morfogênicas e Estruturais na Rebrotagem da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu Submetida a Três Doses de

- Nitrogênio. Revista Brasileira de Zootecnia. 33:1372-1379.
- Barbosa, A. R., Nascimento, J. D., Euclides, B. V. P., Regazzi, J. A., Fonseca, M. D. 2002. Características Morfogênicas e Acúmulo de Forragem do Capim-Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) em Dois Resíduos Forrageiros Pós-Pastejo. Revista Brasileira de Zootecnia. 31:583-593.
- Chapman, D. F., Lemaire, G. 1993. Morphogenic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: Baker M J. (ed.). Grasslands for our world. Wellington: SIR. pp. 55-64.
- CONAGUA. 2008. Comisión Nacional del Agua-Guerrero. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Gobierno de México.
- Cruz, P., Boval, M. 2000. Effect of Nitrogen on Some Morphogenetic Traits of Temperate and Tropical Perennial Forage Grasses. In: Lemaire, G., Hodgson, J., Moraes, A., Nabinger, C. and Carvalho, F. P. C. (eds.) Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology. CABI Publishing. UK. pp. 101-126.
- Da Silva, C. S., Nascimento, J. D. 2007. Ecofisiologia da produção animal em pastagem e suas implicações sobre o desempenho e a produtividade de sistemas pastoris. VI Simpósio de Forragicultura e Pastagens. Lavras-MG, Brasil. pp.1-48.
- Duru, M., Ducrocq, H. 2000. Growth and senescence of the successive grass leaves on a tiller. Ontogenic development and effect of temperature. Annals of Botany. 85:635-643.
- Ferlin, B. M., Euclides, B. V. P., Lempp, B., Gonçalves, C. M., Cubas, C. A. 2006. Morfogênese e dinâmica do perfilhamento de *Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia-I sob pastejo. Ciência e Agrotecnologia. 30:344-352.
- García, E. 1981. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen, para Adaptarlo a las Condiciones de la República Mexicana. UNAM. 4ª ed. México, DF.
- Gomide, M. C. A., Gomide, J. A. 2000. Morfogênese de Cultivares de *Panicum maximum* Jacq. Revista Brasileira de Zootecnia. 29:341-348.
- Gomide, M. C. A., Gomide, J. A., Alexandrino, E. 2003. Índices Morfogênicos e de Crescimento durante o Estabelecimento e a Rebrotação do Capim-Mombaça (*Panicum maximum* Jacq.). Revista Brasileira de Zootecnia. 32:795-803.
- Hernández-Garay, A., Hodgson, J., Matthew, C. 1997. Effect of spring grazing management on perennial ryegrass/white clover pasture. I Tissue turnover and herbage accumulation. New Zealand Journal of Agricultural Research. 40:25-35.
- Hernández-Garay, A., Matthew, C., Hodgson, J. 1999. Tiller size-density compensation in ryegrass miniature swards subject to differing defoliation heights and a proposed productivity index. Grass and Forage Science 154: 347-356.
- Hodgson, J. 1990. Grazing management: science into practice. Longman Scientific & Technical. Harlow, England.
- Lemaire, G., Agnusdei, M. 2000. Leaf Tissue Turnover and Efficiency of Herbage Utilization In: Lemaire, G., Hodgson, J., Moraes, A., Nabinger, C. and Carvalho, F. P. C. (eds.) Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology, CAB International, Wallingford, UK. pp. 265-288.
- Lemaire, G., Chapman, D. 1996. Tissue flows in grazed plant communities. In: Hodgson, J. and Illius, A. W. (eds.). The ecology and management of grazing systems. Cab International. pp. 3-36.
- Nascimento, J. D., Neto, G. A. F., Amorim, B. R., Soares, A. C. M. 2002. Fundamentos para o manejo de pastagens: Evolução e atualidade. Anais do simposio sobre manejo estratégico da pastagem. Viçosa, Brasil. pp. 149-196.
- Neto, G. F. A., Nascimento, D. J., Regazzi, A. J., Fonseca, D. M., Mosquim, P. R., Gobbi, K. F. 2002. Respostas morfogênicas e estruturais de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e alturas de corte. Revista Brasileira de Zootecnia. 31(5):1890-1900.
- Santos, M. P., Corsi, M., Balsalobre, A. M. A. 1999. Efeito da Frequência de Pastejo e da Época do Ano sobre a Produção e a Qualidade em *Panicum maximum* cvs. Tanzânia e Mombaça. Revista Brasileira de Zootecnia. 28:244-249.

- Santos, M. P., Balsalobre, A. M. A., Corsi, M. 2004. Características Morfogenéticas e Taxa de Acúmulo de Forragem do Capim-Mombaça Submetido a Três Intervalos de Pastejo. Revista Brasileira de Zootecnia. 33:843-851.
- SAS. 2002. SAS User's Guide: Statistics (version 9.0 ed.). Cary NC, USA: SAS Inst. Inc.
- Sbrissia, A. F., Da Silva, S. C. 2001. O ecossistema de pastagens e a produção animal. Anais 38ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Piracicaba, Brasil. pp. 731-754.
- Skinner, H. R., Nelson, J. C. 1994. Epidermal cell division and the coordination of leaf and tiller development. Annals of Botany. 74:9-15.
- Skinner, H. R., Nelson, J. C. 1995. Elongation of the grass leaf and its relationship to the phyllochron. Crop Science. 35:4-10.
- Wolfinger, R. 1993. Covariance structure selection in general mixed models. Communication in statistics – Simulation 22:1079–1106.

Submitted June 20, 2009 – Accepted November 17, 2009
Revised received December 07, 2009