



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

GANADERÍA

**DINÁMICA DE CRECIMIENTO DE CULTIVARES DE *Urochloa*
brizantha Kunth. Y *Megathyrsus maximus* (Simon & Jacobs), A
DIFERENTE FRECUENCIA DE CORTE**

SANTIAGO JOAQUÍN CANCINO

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTOR EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

2014

La presente tesis titulada: **Dinámica de crecimiento de cultivares de *Urochloa brizantha* Kunth. Y *Megathyrus maximus* (Simon & Jacobs), a diferente frecuencia de corte**, realizada por el alumno: **Santiago Joaquín Cancino**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
GANADERÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO

DR. ALFONSO HERNÁNDEZ GARAY

DIRECTOR DE TESIS

DR. BERTÍN MAURILIO JOAQUÍN TORRES

ASESOR

DR. JAVIER FRANCISCO ENRÍQUEZ QUIROZ

ASESOR

DR. HUMBERTO VAQUERA HUERTA

ASESOR

DR. ADRIÁN RAYMUNDO QUERO CARRILLO

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Junio de 2014.

Dinámica de crecimiento de cultivares de *Urochloa brizantha* Kunth. Y *Megathyrsus maximus* (Simon & Jacobs), a diferente frecuencia de corte

Santiago Joaquín Cancino, Dr.
Colegio de Postgraduados, 2014

El objetivo del estudio fue determinar la producción estacional y anual de forraje, composición morfológica, características estructurales y dinámica de ahijamiento de praderas de pasto Insurgente, Toledo, Tanzania y Mombaza, cosechados a tres frecuencias de corte (FC; 4, 5 y 6 semanas), durante las épocas de nortes, sequía y lluvias. Se utilizó un diseño de bloques completos al zar, con cuatro repeticiones y arreglo de tratamientos en parcelas divididas, donde la parcela mayor fueron los cultivares y la menor las frecuencias de corte. Los cultivares se sembraron a distancia de 50 x 50 cm entre plantas y surcos, respectivamente. El tamaño de parcelas fue de 10 m². El área de muestreo fueron los dos surcos centrales, los cuales se dividieron en 3 subparcelas de 1 m², se dejaron dos macollos entre cada subparcela en los extremos de los surcos centrales. Todos los pastos evaluados presentaron mayor dinámica en la acumulación de forraje y ahijamiento durante la época de lluvias. La mayor acumulación de forraje se obtuvo con la FC de 6 semanas, donde el mayor valor (13, 279 kg MS ha⁻¹) se registró en Tanzania, seguido de Insurgente, Mombaza y Toledo, con promedio de 11, 337, 11, 237 y 10, 713 kg MS ha⁻¹, respectivamente. El pasto Tanzania también presentó la mayor tasa de crecimiento, con 37 kg de MS ha⁻¹ día⁻¹, seguido de Insurgente, Mombaza y Toledo, con valores de 32, 31 y 29 kg MS ha⁻¹ día⁻¹, respectivamente. La mayor proporción de hojas se obtuvo con Mombaza y Tanzania con valores de 93 y 92 %, respectivamente y la menor cantidad de hoja se registró para Toledo (85 %). La mayor altura de planta fue para Mombaza (50 cm), seguido de Toledo, Tanzania e Insurgente, con valores de 46 43 y 35 cm, respectivamente. La proporción de hoja disminuyó de la frecuencia de corte de 4 a 6 semanas. Para mejorar la eficiencia en la producción de forraje y disminuir la acumulación de tallo, la frecuencia de corte recomendada es: en Insurgente y Toledo cada 5 semanas, durante las tres épocas; en Mombaza cada 4, 4 y 5 semanas, en Tanzania cada 5, 5 y 5 semanas, durante la época de nortes, sequía y lluvias, respectivamente.

Palabras clave: Pastos tropicales, Defoliación, Acumulación de forraje, Ahijamiento.

Regrowth dynamics of cultivars of *Urochloa brizantha* Kunth. and *Megathyrsus maximus* (Simon & Jacobs), to different cutting frequency

Santiago Joaquín Cancino, Dr.
Colegio de Postgraduados, 2014

The objective of the study was to evaluate the seasonal and annual production herbage, morphological composition, structural characteristics and dynamics of tillering of swards grass Insurgente, Toledo, Tanzania and Mombaza, harvested at three frequencies (FC, 4, 5 and 6 weeks), during the norts, drought and rains. A complete randomized block design was used, with four replicates and split plots treatments arrangement, where the main plot were the cultivars and the lower the cutting frequencies. Cultivars were planted within distance of 50 x 50 cm between plants and rows, respectively. The size of plots was 10 m². The sampling area were the two central rows, which were divided into 3 subplots of 1 m², two tillers were left between each subplot on the ends of the central rows. All the evaluated grasses showed greater dynamics in the herbage accumulation and tillering during the rainy season. Greater herbage accumulation was obtained with the FC of 6 weeks, where the highest value (13, 279 kg DM ha⁻¹) was recorded in Tanzania, followed by Insurgente, Mombaza and Toledo, with average of 11, 337, 11, 237 and 10, 713 kg DM ha⁻¹, respectively. Pasture Tanzania also presented the highest rate of growth, with 37 kg DM ha⁻¹ day⁻¹, followed by Insurgente, Mombaza and Toledo, with values of 32, 31 and 29 DM kg ha⁻¹ day⁻¹, respectively. The highest proportion of leaves was obtained with Mombaza and Tanzania with values of 93 and 92%, respectively, and the least amount of leaf was recorded for Toledo (85%). Greater plant height was to Mombaza (50 cm), followed by Toledo, Tanzania and Insurgente, with values of 46, 43 and 35 cm, respectively. The proportion of leaves decreased from the cutting frequency of 4 to 6 weeks. To improve efficiency in the production of fodder and reduce the accumulation of stem, the preferred cutting frequency is: in Insurgente and Toledo every 5 weeks, during the three seasons; in Mombaza every 4, 4 and 5 weeks in Tanzania every 5, 5 and 5 weeks, during the period of norts, drought and rainfall, respectively.

Key words: Tropical grasses, Defoliation, Herbage accumulation, Tillering.

DEDICATORIA

A mis hijos: JESÚS SANTIAGO, ELISA GUADALUPE Y EVELYN ZAYUA

y

A mi esposa, MARÍA GUADALUPE

Quiero agradecer el ser parte esencial en esta etapa de mi vida y este logro es de ustedes, ya que son los acreedores de éste fruto porque sin su apoyo, el camino para llegar a esta meta hubiese sido más arduo. Han sido y siempre serán el motivo de mi inspiración.

A ti, esposa, quiero agradecerte infinitamente tu motivación y apoyo en cada etapa de mis estudios pero sobre todo en cada momento de nuestras vidas, ya que eres y siempre serás una parte fundamental en mi existencia, independientemente de las circunstancias.

Les agradezco siempre estar a mi lado incondicionalmente, en las buenas y en las malas. A ustedes, hijos; agradezco su comprensión porque a pesar de ser pequeños, siempre me dieron mi espacio y tiempo para salir adelante con mis estudios.

Espero que todo esto no sea en vano y les sirva como referencia algún día en sus vidas.

A todos los amo.

DEDICATORIA

A mis padres: Santiago y Catalina

Por su apoyo siempre incondicional en cada etapa de mi vida, pero sobre todo en los momentos más difíciles y por sus sabios consejos.

A mis hermanos (as):

Quienes al igual que mis padres, siempre me apoyan a pesar de no tener obligación alguna hacia mí.

A mi primo: Dr. Bertín M. Joaquín Torres y familia

Por su valiosa amistad, apoyo, consejos, paciencia y acertadas sugerencias durante el tiempo que hemos convivido.

A mis suegros: María del Refugio Sánchez y Agustín Castillo

Por todo su apoyo incondicional durante el tiempo que tengo el agrado de conocerlos, por su comprensión y por hacerme sentir parte de su familia sin interés alguno.

A mis cuñados: Viridiana, Ulises y Adriana, especialmente a Laura; por estar siempre pendiente de mi familia y por su apoyo incondicional.

A todos mis compañeros y amigos, especialmente a mi compadre Rubén, Eleodoro, Sandra, Nancy, Misael, Yasser, Claudia, Julio, Elvia; a mis colegas forrajeros (Rafael, Ibán, Omar, Aldenamar, Rigo, Daniel, Miguel, Iván, Perpetuo, Claudia, Areli, Edgar, M. Ángel y otros) y a todas aquellas personas que de alguna forma participaron directa o indirectamente en la realización de esta tesis.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo económico otorgado en la realización de mis estudios de Doctorado.

A la Línea Prioritaria de Investigación 11 Sistemas de Producción Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuícola y Pesquera por el financiamiento parcial brindado para la realización de la presente investigación.

A la Universidad del Papaloapan (UNPA), *Campus* Loma Bonita y al personal de la posta de Zootecnia, por las facilidades otorgadas en la realización de esta investigación y apoyo durante la fase de campo.

Al Dr. Alfonso Hernández Garay, por su amistad, apoyo y consejos, pero sobre todo por incurrir en mis estudios y vertir sugerencias atinadas en la presente.

Al Dr. Jorge Pérez Pérez, q.e.p.d. (*f*) por su legado a la ciencia con sus principios forrajeros, pero sobre todo, por su amistad y consejos en todos los aspectos.

Al Dr. Humberto Vaquera Huerta, por su apoyo en la parte estadística, pero sobre todo, a su amistad incondicional.

A los Doctores Adrian R. Quero Carrillo y Francisco J. Enríquez Quiroz, por su amistad y atinadas sugerencias en la presente tesis.

A todos aquellos profesores y personal del Colegio de Postgraduados que participaron en mi formación académica.

“Pretender que el conocimiento sustituya a la ignorancia en regiones cada vez más extensas del espacio y el tiempo, esto es ciencia”. (Hannes Alfvén, 1995).

CONTENIDO

	PÁGINA
Lista de Cuadros.....	<i>xiv</i>
Lista de Figuras.....	<i>xvii</i>
1. INTRODUCCION.....	1
1.1. Objetivos.....	4
1.2. Hipótesis.....	4
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1. Descripción de las especies evaluadas.....	5
2.1.1. <i>Urochloa brizantha</i> cv. Insurgente o Marandú.....	5
2.1.2. <i>Urochloa brizantha</i> cv. Toledo o Xaraes.....	6
2.1.3. <i>Megathyrsus maximus</i> cv. Mombaza.....	7
2.1.4. <i>Megathyrsus maximus</i> cv. Tanzania.....	8
2.2. Ecofisiología de las plantas forrajeras	9
2.3. El ecosistema pradera.....	10
2.4. Tallo: unidad básica de gramíneas.....	13
2.5. Morfogénesis de gramíneas.....	15
2.6. Frecuencia e intensidad de corte.....	18
2.6.1. Frecuencia de corte.....	20
2.6.2. Intensidad de corte.....	21
2.7. Radiación solar y radiación interceptada por el dosel.....	22
2.8. Respuesta de las plantas forrajeras a la defoliación.....	26
2.9. Proceso de rebrote y acumulación de forraje.....	28
2.9.1 Rebrote.....	28
2.9.2 Acumulación de forraje.....	29
2.10. Tasa de recambio de tejido.....	32
2.11. Dinámica de ahijamiento.....	34

2.12. Conclusiones de la revisión de literatura.....	37
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	38
3.1. Localización del área experimental.....	38
3.2. Clima y suelo.....	38
3.3. Material genético empleado.....	38
3.4. Tratamientos y diseño experimental.....	38
3.5. Establecimiento y manejo de las praderas.....	39
3.6. Variables evaluadas.....	40
3.6.1. Rendimiento de forraje y composición morfológica.....	40
3.6.2. Altura de plantas.....	41
3.6.3. Radiación interceptada.....	41
3.6.4. Aparición y muerte de tallos.....	41
3.6.5. Número de hojas por tallo, longitud de tallos, elongación y senescencia de hojas.....	42
3.7. Variables calculadas.....	42
3.7.1. Acumulación de forraje.....	42
3.7.2. Tasa de crecimiento.....	42
3.7.3. Relaciones hoja:tallo y hoja:no hoja.....	43
3.7.4. Densidad poblacional, tasa de aparición, muerte de la población de tallos.....	43
3.7.5. Tasa de aparición de hojas y elongación de tallo.....	43
3.7.6. Tasa de elongación, senescencia y crecimiento neto foliar.....	44
3.8. Análisis estadístico.....	45
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	46
4.1. <i>Urochloa brizantha</i> cv. Insurgente o Marandú.....	46
4.1.1. Rendimiento de forraje.....	46
4.1.2. Composición morfológica.....	48
4.1.3. Tasa de crecimiento.....	51

4.1.4. Altura de planta.....	55
4.1.5. Radiación interceptada.....	55
4.1.6. Relaciones hoja:tallo y hoja:no hoja.....	56
4.1.7. Dinámica de ahijamiento.....	58
4.1.7.1. Demografía de tallos.....	58
4.1.7.2. Densidad y tasas de aparición y muerte de tallos.....	58
4.1.8. Flujo de tejido.....	64
4.1.8.1. Tasa de aparición de hojas y elongación de tallos.....	64
4.1.8.2 Tasa de elongación, senescencia y crecimiento neto foliar.....	66
4.2. <i>Urochloa brizantha</i> cv. Toledo o Xaraes.....	71
4.2.1. Rendimiento de forraje.....	71
4.2.2. Composición morfológica.....	72
4.2.3. Tasa de crecimiento.....	75
4.2.4. Altura de planta.....	76
4.2.5. Radiación interceptada.....	79
4.2.6. Relación hoja:tallo y hoja:no hoja.....	79
4.2.7. Dinámica de ahijamiento.....	81
4.2.7.1. Demografía de tallos.....	81
4.2.7.2. Densidad y tasas de aparición y muerte de tallos.....	82
4.2.8. Flujo de tejido.....	86
4.2.8.1. Tasa de aparición de hojas y elongación de tallos.....	86
4.2.8.2 Tasa de elongación, senescencia y crecimiento neto foliar.....	87
4.3. <i>Megathyrsus maximus</i> cv. Mombaza.....	90
4.3.1. Rendimiento de forraje.....	90
4.3.2. Composición morfológica.....	91
4.3.3. Tasa de crecimiento.....	94

4.3.4. Altura de planta.....	95
4.3.5. Radiación interceptada.....	96
4.3.6. Relación hoja:tallo y hoja:no hoja.....	98
4.3.7. Dinámica de ahijamiento.....	99
4.3.7.1. Demografía de tallos.....	99
4.3.7.2. Densidad y tasas de aparición y muerte de tallos.....	100
4.3.8. Flujo de tejidos	104
4.3.8.1. Tasa de aparición de hojas y elongación de tallos.....	104
4.3.8.2. Tasa de elongación, senescencia y crecimiento neto foliar.....	105
4.4. <i>Megathyrsus maximus</i> cv. Tanzania.....	109
4.4.1. Rendimiento de forraje.....	109
4.4.2. Composición morfológica.....	111
4.4.3. Tasa de crecimiento.....	114
4.4.4. Altura de planta.....	115
4.4.5. Radiación interceptada.....	115
4.4.6. Relación hoja:tallo y hoja:no hoja.....	118
4.4.7. Dinámica de ahijamiento.....	119
4.4.7.1. Demografía de tallos.....	119
4.4.7.2. Densidad y tasas de aparición y muerte de tallos.....	120
4.4.8. Flujo de tejidos	123
4.4.8.1. Tasa de aparición de hojas y elongación de tallos.....	123
4.4.8.2. Tasa de elongación, senescencia y crecimiento neto foliar.....	125
5. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS.....	127
LITERATURA CITADA.....	128

LISTA DE CUADROS

	PÁGINA
Cuadro 1. Cambios estacionales en el rendimiento de forraje (kg MS ha ⁻¹) de <i>Urochloa brizantha</i> cv. Insurgente, cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.....	47
Cuadro 2. Rendimiento de los componentes morfológicos de <i>Urochloa brizantha</i> cv. Insurgente (kg MS ha ⁻¹), cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.....	49
Cuadro 3. Tasa de crecimiento, altura de planta y radiación interceptada en <i>Urochloa brizantha</i> cv. Insurgente, cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.....	53
Cuadro 4. Cambios estacionales en la relación hoja:tallo y hoja:no hoja de <i>Urochloa brizantha</i> cv. Insurgente, cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.....	57
Cuadro 5. Densidad, tasa de aparición y muerte de tallos de <i>Urochloa brizantha</i> cv. Insurgente, cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.....	60
Cuadro 6. Tasa de aparición de hojas y elongación de tallos de <i>Urochloa brizantha</i> cv. Insurgente, cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.....	64
Cuadro 7. Tasa de elongación, senescencia y crecimiento neto foliar de <i>Urochloa brizantha</i> cv. Insurgente, cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.....	68

Cuadro 8. Cambios estacionales en el rendimiento de forraje (kg MS ha ⁻¹) en <i>Urochloa brizantha</i> cv. Toledo, cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.....	72
Cuadro 9. Rendimiento de los componentes morfológicos de <i>Urochloa brizantha</i> cv. Toledo (kg MS ha ⁻¹), cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.....	73
Cuadro 10. Tasa de crecimiento, altura de planta y radiación interceptada en <i>Urochloa brizantha</i> cv. Toledo, cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.....	77
Cuadro 11. Cambios estacionales en la relación hoja:tallo y hoja:no hoja de <i>Urochloa brizantha</i> cv. Toledo, cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.....	80
Cuadro 12. Densidad, tasa de aparición y muerte de tallos de <i>Urochloa brizantha</i> cv. Toledo, cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.....	83
Cuadro 13. Tasa de aparición de hojas y elongación de tallos de <i>Urochloa brizantha</i> cv. Toledo, cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.....	86
Cuadro 14. Tasa de elongación, senescencia y crecimiento neto foliar de <i>Urochloa brizantha</i> cv. Toledo, cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.....	88
Cuadro 15. Cambios estacionales en el rendimiento de forraje (kg MS ha ⁻¹) en <i>Megathyrsus maximus</i> cv. Mombaza, cosechado a diferente frecuencia	

de corte, durante las épocas del año.....	91
Cuadro 16. Rendimiento de los componentes morfológicos de <i>Megathyrsus maximus</i> cv. Mombaza (kg MS ha ⁻¹), cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.....	92
Cuadro 17. Tasa de crecimiento, altura de planta y radiación interceptada de <i>Megathyrsus maximus</i> cv. Mombaza, cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.....	95
Cuadro 18. Cambios estacionales en la relación hoja:tallo y hoja:no hoja de <i>Megathyrsus maximus</i> cv. Mombaza, cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.....	98
Cuadro 19. Densidad, tasa de aparición y muerte de tallos de <i>Megathyrsus maximus</i> cv. Mombaza, cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.....	101
Cuadro 20. Tasa de aparición de hojas y elongación de tallos de <i>Megathyrsus maximus</i> cv. Mombaza, cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.....	104
Cuadro 21. Tasa de elongación, senescencia y crecimiento neto foliar de <i>Megathyrsus maximus</i> cv. Mombaza, cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.....	105
Cuadro 22. Cambios estacionales en el rendimiento de forraje (kg MS ha ⁻¹) en <i>Megathyrsus maximus</i> cv. Tanzania, cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.....	111

Cuadro 23. Rendimiento de los componentes morfológicos de <i>Megathyrsus maximus</i> cv. Tanzania (kg MS ha ⁻¹), cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.....	112
Cuadro 24. Tasa de crecimiento, altura de planta y radiación interceptada en <i>Megathyrsus maximus</i> cv. Tanzania, cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.....	114
Cuadro 25. Cambios estacionales en la relación hoja:tallo y hoja:no hoja de <i>Megathyrsus maximus</i> cv. Tanzania, cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.....	118
Cuadro 26. Densidad, tasa de aparición y muerte de tallos de <i>Megathyrsus maximus</i> cv. Tanzania, cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.....	120
Cuadro 27. Tasa de aparición de hojas y elongación de tallos de <i>Megathyrsus maximus</i> cv. Tanzania, cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.....	123
Cuadro 28. Tasa de elongación, senescencia y crecimiento neto foliar de <i>Megathyrsus maximus</i> cv. Tanzania, cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.....	125

LISTA DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1. Temperatura promedio mensual y precipitación registradas durante el período experimental	40
Figura 2. Tasa de crecimiento de <i>Urochloa brizantha</i> cv. Insurgente (kg MS ha ⁻¹ día ⁻¹), cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.....	54
Figura 3. Cambios mensuales en la densidad de tallos de de <i>Urochloa brizantha</i> cv. Insurgente (tallos m ⁻²), cosechado a 4, 5 y 6 semanas, después del rebrote.....	63
Figura 4. Tasa de crecimiento de <i>Urochloa brizantha</i> cv. Toledo (kg MS ha ⁻¹ día ⁻¹), cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.....	78
Figura 5. Cambios mensuales en la densidad de tallos de <i>Urochloa brizantha</i> cv. Toledo (tallos m ⁻²), cosechado a 4, 5 y 6 semanas, después del rebrote.....	85
Figura 6. Tasa de crecimiento de <i>Megathyrsus maximus</i> cv. Mombaza (kg MS ha ⁻¹ día ⁻¹), cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.....	97
Figura 7. Cambios mensuales en la densidad de tallos de <i>Megathyrsus maximus</i> cv. Mombaza (tallos m ⁻²), cosechado a 4, 5 y 6 semanas después del rebrote.....	103

Figura 8. Tasa de crecimiento de <i>Megathyrsus maximus</i> cv. Tanzania (kg MS ha ⁻¹ día ⁻¹), cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.....	117
Figura 9. Cambios mensuales en la densidad de tallos de <i>Megathyrsus maximus</i> cv. Tanzania (tallos m ⁻²), cosechado a 4, 5 y 6 semanas después del rebrote.....	122

1. INTRODUCCIÓN

Las praderas cubren aproximadamente una cuarta parte de la superficie terrestre y son consideradas la opción de alimento más abundante y de menor costo para la producción de proteína animal para consumo humano (Marcelino *et al.*, 2006).

En México, la base de la alimentación de la ganadería bovina ocurre mediante utilización de pastizales y praderas bajo corte y/o pastoreo (Velasco *et al.*, 2010). En la región tropical de México, la producción animal está sustentada, principalmente, con gramíneas nativas e introducidas (Lyons *et al.*, 2001). Sin embargo, ha sido relacionada con bajos niveles de productividad, como consecuencia de la fertilidad del suelo, uso de especies nativas, animales con bajo potencial genético y deficiente manejo de los componentes suelo, pradera y animal (Corsi *et al.*, 2001). Además, la mayoría de las gramíneas presentan estacionalidad en la producción de forraje (Gastal *et al.*, 2004). Aunado a lo anterior, aproximadamente, la mitad de la producción de carne bovina en el mundo, proviene de países tropicales y subtropicales (Jank *et al.*, 1996), en sistemas altamente dependientes de especies forrajeras, evidenciando la necesidad de emplear forrajes de buena calidad, con alto rendimiento y adaptados a estas regiones.

Las praderas, en las regiones tropicales, están constituidas por especies forrajeras nativas y cultivadas, que se caracterizan por presentar diferente hábito de crecimiento, nivel de exposición de los meristemos de crecimiento y órganos de reservas a la defoliación, así como presencia o ausencia de estolones y rizomas (Quero *et al.*, 2007). Estas características determinan diferente capacidad de rebrote y producción de forraje de cada especie y deben ser consideradas en los programas de manejo (Cruz y Boval, 2000). El manejo eficiente de la pradera es primordial para mantener alta productividad y calidad del forraje (Martínez *et al.*, 2008). Para ello, es necesario conocer los efectos de corte y/o pastoreo sobre la planta, lo que requiere del conocimiento y análisis de interacciones morfológicas y fisiológicas ocasionadas por dichos procesos. Estos son consecuencia de la frecuencia e intensidad de

defoliación, tiempo de rebrote e interacción entre defoliación y disponibilidad de humedad, nutrientes, intensidad luminosa y estado fenológico de las plantas (Difante *et al.*, 2011). Sin embargo, las condiciones ambientales son de mayor influencia sobre las características morfogénicas y estructurales de la pradera, en comparación a las de manejo (Casagrande *et al.*, 2010). Además, conocer las características estructurales de la pradera es importante para establecer prácticas de manejo que mejoren la persistencia de la misma (Bauer *et al.*, 2011).

En la actualidad, los ganaderos utilizan diversas especies de gramíneas forrajeras, principalmente, *Megathyrsus maximus* cultivares Tanzania y Mombaza y *Urochloa brizantha* cv. Insurgente, las cuales fueron liberadas en México, como especies destacadas por su alto rendimiento, buena calidad y adaptación a ambientes tropicales (Enríquez y Quero, 2006b). Sin embargo, estas gramíneas presentan, a diferencia de las de clima templado, mayor elongación de tallo, lo que afecta la relación hoja:tallo y consumo de forraje por los animales (Cândido *et al.*, 2005). No obstante, la utilización de nuevos cultivares de gramíneas es una opción para mejorar la ganancia de productividad animal. Eso propicia una explotación intensiva (mayor rendimiento posible por unidad de recurso disponible) de determinadas áreas, principalmente en el periodo de mayor crecimiento de las plantas (Barioni *et al.*, 2003).

Las plantas forrajeras tropicales poseen alto potencial de producción de materia seca, lo que es deseable. Sin embargo, presentan el problema de estacionalidad de la producción, bajo valor nutritivo y acumulación prematura de tallo, como consecuencia de condiciones edafoclimáticas de desarrollo y, principalmente, del manejo inadecuado al que normalmente son expuestas. El manejo de defoliación se caracteriza por la intensidad y frecuencia con que es removida, total o parcialmente, la parte aérea de la planta, lo que ocasiona un efecto directo en la movilización y suministro de nutrimentos para reposición y crecimiento de nuevo tejido foliar y efecto indirecto en la morfogénesis de hojas y tallos debido a su impacto en el

ambiente luminoso del dosel y las respuestas de las plantas a cambios en la calidad y cantidad de luz (Gastal *et al.*, 2004).

Las respuestas de la planta al corte y/o pastoreo varían en función del régimen de defoliación (intensidad y frecuencia), estado fenológico en el momento de defoliación y época del año. Por tanto, la comprensión de los efectos del pastoreo sobre las plantas forrajeras, requiere del conocimiento y análisis de sus modificaciones morfológicas y fisiológicas. En estas condiciones, la morfogénesis es importante por los mecanismos adaptativos desarrollados en respuesta a la defoliación y de sus consecuencias sobre morfología y estructura de tallos (Pedreira *et al.*, 2007; Silva y Nascimento, 2007).

En regiones tropicales, la variación de las condiciones climáticas del año es, seguramente, uno de los factores que interfieren en la productividad y calidad del forraje. En México, existen pocos estudios relacionados con las características morfogénicas de las gramíneas forrajeras tropicales.

1.1. Objetivo

Determinar la producción estacional y anual de forraje, composición morfológica, características estructurales, dinámica de ahijamiento y tasa de recambio de tejido foliar de pasto Insurgente, Toledo, Tanzania y Mombaza.

1.2. Hipótesis

Conforme se incrementa el intervalo de defoliación, se favorece la acumulación de forraje, altura y tasa de crecimiento de las plantas y se reduce la proporción de hoja y las relaciones hoja:tallo y hoja:no hoja.

A medida que aumenta el intervalo de defoliación, se disminuye la densidad, aparición y sobrevivencia de tallos y se favorece la muerte de los mismos.

A mayor intervalo de defoliación, disminuye la aparición y elongación de hojas y se incrementa la elongación de tallos y senescencia foliar.

CAPITULO 2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Descripción de especies evaluadas

2.1.1. *Urochloa brizantha* cv. Insurgente o Marandú

Urochloa brizantha (Hochst. ex A. Richard) Stapf., es una gramínea forrajera originaria de África tropical. Se encuentra distribuida en Madagascar, Sri Lanka, Australia, Surinam, Brasil y México. Dentro de esta especie, el cultivar Marandú es el más utilizado en Brasil. En 1984 *U. brizantha* cv. Marandú, cuyo sinónimo es Insurgente (México), fue liberado por la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA) como nueva alternativa de producción de forraje para la región de Cerrados (Nunes *et al.*, 1984).

El pasto Insurgente es una planta forrajera con hábito de crecimiento erecto-cespitoso, perenne, alcanza alturas de 1 a 1.5 m, forma macollas y produce raíces en los entrenudos, las hojas son lanceoladas con poca o nada de pubescencia, la inflorescencia es una panícula en racimo, requiere suelos de mediana a alta fertilidad, adaptación a pH de 4.0 a 8.0 y precipitaciones de 1,000 a 3,500 mm anuales, es tolerante a sequía; en zonas tropicales crece desde el nivel del mar hasta 1,800 m, su producción de materia seca varía de 8 a 20 t de MS/ha/año, con un contenido de proteína de 7 a 14 % y la digestibilidad de 55 a 70 % (Peters *et al.*, 2003).

La producción de materia seca de *U. brizantha* cv. Insurgente varía de acuerdo a la estación del año, en concordancia con la disponibilidad de humedad y temperaturas adecuadas. Al respecto, en un estudio se encontró que Marandú produjo 2,400 kg MS ha⁻¹ en febrero, suficiente para alimentar 4.2 unidades animal (UA), con un consumo de 2.4 % de MS en relación al peso vivo, con 11.9 % de proteína cruda (PC), un contenido de fibra detergente neutra (FDN) superior al 60 % y valores de fibra detergente ácida (FDA) entre 35 a 40 % (Costa *et al.*, 2005). En México, la producción promedio de forraje de Insurgente, cortado a intervalos de 6 a 9 semanas

varía de 2 a 3 t ha⁻¹, con contenido de proteína a seis semanas de crecimiento, durante época de lluvias de 13.8 % en hojas, 7.1 % en tallos y 8.4 % en la planta entera, y una digestibilidad *in vitro* de hojas y tallos de 59.5 y 57.7 %, respectivamente (Peralta, 1990). Por otro lado, Mari (2003), al evaluar el rendimiento de MS de Marandú, en diferentes estaciones del año, obtuvo rendimientos de 10.2 t ha⁻¹ en verano, 7.0 t ha⁻¹ en otoño, 4.3 t ha⁻¹ en primavera y 3.1 t ha⁻¹ en invierno.

2.1.2. *Urochloa brizantha* cv. Toledo o Xaraes

El Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA–CNPGC) colectaron, en el año de 1985, en la región de Cibitoke, Burundi, África, una variedad de *U. brizantha* que desde entonces viene siendo evaluada y ha mostrado excelentes características, tales como resistencia moderada a la cigarríña o mosca pinta de las praderas, buena persistencia y productividad (EMBRAPA-CNPGC, 2004), con distribución estacional de la producción de forraje, bajo condiciones de riego, de 17 y 83 % en el periodo seco y lluvias, respectivamente (Lara, 2007). Con base a sus buenas características y con la perspectiva de una opción más para el productor, de disponer de diferentes especies de forraje, este material fue liberado en Brasil por la EMBRAPA-CNPGC en 2001 como cultivar Xaraés (Argel *et al.*, 2000). En comparación con Marandu, Xaraés (pasto Toledo, en México,) produce 13 % más de materia seca por año (Lara, 2007), lo que posibilita mayor carga animal (EMBRAPA, 2004).

El pasto Toledo es una planta forrajera perenne, de crecimiento semi-erecto y decumbente, con altura de 1.60 m, resistente a sequía y rápido rebrote después del pastoreo. Produce tallos vigorosos capaces de enraizar a partir de los nudos cuando entran en estrecho contacto con el suelo, ya sea por efecto del pisoteo o por compactación mecánica, lo que favorece su cobertura y desplazamiento lateral. Las hojas son lanceoladas con poca pubescencia y alcanzan hasta 60 cm de longitud y 2.5 cm de ancho. La inflorescencia es una panícula de 40 a 50 cm de longitud, generalmente, con cuatro racimos de 8 a 12 cm y una sola hilera de espiguillas sobre ellos. Requiere suelos de mediana a alta fertilidad, con buen drenaje, precipitaciones

de 1,000 a 3,500 mm anuales y crece bien a alturas de 0 a 1,800 msnm. Este cultivar alcanza concentraciones de proteína cruda (PC) en hojas de 13, 10 y 8 % a edades de rebrote de 25, 35 y 45 días, respectivamente. A estas mismas edades, la digestibilidad *in vitro* de la MS es de 67, 64 y 60 %, respectivamente. Generalmente, el contenido de proteína varía de 7 a 12 %, con una digestibilidad de 55 a 70 % y un rendimiento anual de forraje entre 8 y 20 t MS ha⁻¹ año⁻¹ (Lascano *et al.*, 2002).

2.1.3. *Megathyrsus maximus* cv. Mombaza

La especie *Megathyrsus maximus* [(Simon & Jacobs) ex. *Panicum maximum* (Jacq.)] tiene su centro de origen en África tropical y subtropical de donde se extendió a los demás continentes. Probablemente en el siglo XVIII fue introducida a América de manera accidental en barcos de esclavos del Oeste de África. Actualmente se encuentra en Centroamérica, Sudamérica, Caribe y Sureste de Estados Unidos como especie naturalizada (Bogdan, 1977).

M. maximus, cuyos nombres comunes son pasto guinea, privilegio y zacatón, entre otros, fue introducido a México en 1802, procedente de Centroamérica y Cuba, adaptándose a las condiciones tropicales del país, principalmente en Colima, Jalisco, Guerrero, Chiapas, Tabasco, Península de Yucatán y Veracruz (Álvarez, 1992).

Mombaza es un cultivar de *M. maximus*, cuyo centro de origen genético es África, fue introducido a América en 1967 y liberado en 1993 por el Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte (CNPQ), en Brasil, como una especie de alta producción de forraje y adaptabilidad a diversos ambientes tropicales (Jank, 1995). Recientemente fue introducido a México, como una alternativa para mejorar la productividad de las praderas tropicales (Enríquez *et al.*, 1999). Sin embargo, el manejo tradicional aplicado por los productores y la falta de reposición de nutrimentos al suelo, ha ocasionado la degradación de estas praderas, pocos años después de su establecimiento.

Mombaza es una planta forrajera perenne que forma macollos, alcanza alturas hasta 3 m y un diámetro de macollo de 1 a 1.5 m. Los tallos son erectos y ascendentes con una vena central pronunciada. La inflorescencia en forma de panícula abierta de 12 a 40 cm de longitud. Sus raíces fibrosas, largas y nudosas y ocasionalmente presenta rizomas, esto confiere cierta tolerancia a la sequía (Peters *et al.*, 2003). Las hojas son largas, quebradizas con baja pilosidad (cortos y duros, principalmente en la cara dorsal). Es recomendado para suelos de mediana a alta fertilidad. Presenta alta producción de forraje con 165 t ha⁻¹ año⁻¹ de materia verde y 33 t MS ha⁻¹ año⁻¹, porcentaje alto de hojas (87 %) y con cantidades de proteína total en hojas y tallos de 13 y 10 %, respectivamente (Savidan, 1990).

2.1.4. *Megathyrsus maximus* cv. Tanzania

El cultivar Tanzania es una planta perenne, de tipo amacollado, que mide de 0.5 a 4.5 m de altura, con tallos erectos, pero pueden ser también ascendentes, glabros o vellosos, de fuertes a delgados y con 3 a 15 nudos. Las hojas son lineales a lineal-lanceoladas, de 15 a 100 cm de largo y hasta 35 mm de ancho. La inflorescencia es una panícula abierta, mide de 15 a 60 cm de largo y más de 25 cm de ancho, con muchas ramificaciones y las ramas más bajas se encuentran en un verticilo diferente. Las espiguillas miden de 3 a 4 mm de largo, de color verde o púrpura, glabras o, algunas veces, vellosas. La gluma inferior mide de un cuarto a un tercio del tamaño de la espiguilla, es amplia y abraza la base de ésta; la gluma superior es tan larga como la espiguilla. El flósculo inferior es masculino o vacío y el superior mide más de 3 mm de largo, tiene una lema y una palea finamente rugosas en la parte transversal. Las semillas son pequeñas, con peso de 0.4-1.0 g por 100 semillas. El fruto llamado cariósido, es simple, indehiscente, con la pared del fruto (pericarpio) fusionada a la cubierta de la semilla (testa), de forma elíptica y mide alrededor de 2 mm de largo (Enríquez y Quero, 2006a). Requiere suelos de media a alta fertilidad, bien drenados, con pH de 5 a 8, no tolera suelos inundables, altitud de 0 a 1,500 m, precipitaciones entre 1,000 a 3,500 mm anuales y crece muy bien en temperaturas altas. Tiene menor tolerancia a la sequía que especies de *Brachiaria*; tolera medianamente la sombra y crece bien bajo árboles. Requiere alta fertilidad de suelo y no compete bien

con malezas. Produce de 10 a 30 t MS ha⁻¹ año, con un contenido de proteína de 10 a 14 % y digestibilidad de 60 a 70 % (Peters *et al.*, 2003).

2.2. Ecofisiología de las plantas forrajeras

La ecofisiología es una ciencia experimental que procura explicar los mecanismos fisiológicos que están asociados con las observaciones ecológicas, en otras palabras, estudia las respuestas fisiológicas de las plantas al ambiente. La ecofisiología trata sobre controles del crecimiento, reproducción, sobrevivencia y distribución geográfica vegetal y como esos procesos son afectados por interacciones entre éstas y su medio físico, químico y biótico (Lambers *et al.*, 1998). De esta forma, Ecofisiología aborda el conocimiento de mecanismos de competencia entre plantas individuales dentro de la comunidad vegetal y su efecto sobre la dinámica estructural, mecanismos morfogenéticos adaptativos de las plantas a la defoliación y sus consecuencias sobre la morfología y estructura y las interacciones entre estos dos mecanismos para la comprensión de la dinámica en una comunidad vegetal sometida al pastoreo.

El conocimiento de la ecofisiología es necesario para el desarrollo de prácticas consistentes con la capacidad productiva de las plantas forrajeras en un ambiente dado. La comprensión de los efectos del pastoreo sobre la planta requiere conocimiento y análisis de alteraciones morfológicas y fisiológicas de la biomasa radical y su distribución vertical. Estos efectos son producto de la intensidad y frecuencia de defoliación, tiempo de rebrote (en caso de pastoreo) e interacción entre defoliación y factores ambientales, tales como disponibilidad hídrica de humedad y nutrientes, intensidad luminosa y estado fenológico de las plantas. Es importante considerar que los efectos del pastoreo (intensidad y frecuencia de defoliación) varían conforme la estación de crecimiento y con la condición de la planta al momento de defoliación (Loretti, 2003). Por tanto, el conocimiento de la ecofisiología de plantas forrajeras sometidas al corte y/o pastoreo constituye un desafío al productor, ya que las prácticas de manejo alteran de forma marcada y diferenciada a

las praderas y a cada planta individual, reflejándose en la población de plantas y su capacidad productiva.

El manejo del pastoreo de las plantas forrajeras tropicales ha presentado importantes cambios durante la última década, la planta forrajera es estudiada como componente de un sistema dinámico que busca la interacción entre sus componentes, tales como, suelo, planta y animales. De esta forma, el estudio de la fisiología y ecofisiología de plantas forrajeras pasó a ser importante en los centros de investigación. Estos nuevos conocimientos son una herramienta fundamental en la búsqueda de alternativas del manejo del pastoreo tomando en cuenta las características de cada especie forrajera o cultivar, de acuerdo con su capacidad productiva e interacción con los demás componentes, principalmente, suelo, animales y el medio en el cual se desarrollan (Montagner, 2007).

2.3. El ecosistema pradera

Consiste en una comunidad biológica que se encuentra en un determinado lugar, así como de los factores físicos y químicos que forman parte de su ambiente abiótico (aquel en que no existe la participación de organismos vivos). Odum (1963), definió ecosistema como una unidad de organización biológica con interacciones dentro de su ambiente, de manera que, un flujo de energía conduce a estructuras tróficas y reciclaje de material dentro del sistema.

La captación de energía solar incidente y la absorción de CO₂ atmosférico son realizadas por la hoja, siendo las láminas foliares las responsables del 96 % de la fotosíntesis y el 4 % restante de las vainas. Mientras que la absorción de agua y minerales, temporalmente retenidos en el suelo, son responsabilidad de las raíces (Nascimento y Adese, 2004).

La radiación solar que no es almacenada en el medio abiótico, se absorbe y transforma en compuestos de carbono, los cuales son distribuidos para la formación

de nuevos órganos de la planta, representando la producción primaria, y los excedentes pueden ser almacenados, principalmente, en las raíces y base de tallos. Esta producción primaria constituye la materia prima para los organismos heterótrofos del segundo nivel trófico (Odum, 1963), donde una vez ingerida, es transformada en compuestos orgánicos, constituyendo la producción secundaria, que normalmente es exportada del sistema en forma de carne, leche, lana u otros satisfactores (Nascimento y Adese, 2004). Por tanto, cualquier pradera, nativa o introducida, debe ser considerada como un ecosistema, cuya estructura está formada por componentes bióticos (microorganismos, plantas y animales) y abióticos (suelo, luz, temperatura, precipitación, etc.) de cuyo equilibrio depende su sustentabilidad (Nabinger, 1996).

El funcionamiento del ecosistema pradera se caracteriza por flujos de energía (radiación y calor sensible) y materia (CO_2 , H_2O , N y minerales) entre las plantas de una población, suelo y atmósfera (Lemaire, 2001), mediante diferentes procesos fisiológicos de captación de energía y nutrientes. El estudio de un ecosistema se centra principalmente, en los procesos que permiten las relaciones entre los componentes bióticos y abióticos, siendo la transformación de energía y el reciclaje de nutrientes, los principales procesos que ocurren en la cadena de respuestas; con el objetivo, en el caso del ecosistema pradera, de desarrollar estrategias de manejo que mejor se adapten a las características productivas de cada planta forrajera, sin comprometer el equilibrio, armonía y calidad del ambiente (Da Silva y Nascimento, 2006). Esos flujos son influenciados por las características estructurales de la población de plantas en términos de tamaño y distribución espacial, como área foliar y distribución radical; además, la interacción entre planta y ambiente regulada por factores fisiológicos, como la difusión estomática de CO_2 y el agua, fotosíntesis y respiración, absorción de nitrato y fijación de nitrógeno (Taiz y Zeiger, 2004), lo que aunado a las adaptaciones, que como respuesta de las plantas a las perturbaciones ocurrentes, vuelve a este ecosistema, complejo y dinámico.

En las praderas, ocurre una serie de interacciones que hacen que el ecosistema sea particular, adaptado a diferentes tipos de perturbación (Deregibus *et al.*, 2001). Desde este punto de vista, el concepto perturbación en praderas podría asumir otra connotación, es decir, la verdadera perturbación sería justamente la falta de perturbación. Según Milchunas *et al.* (1988), la sequía, fuego y pastoreo son los tres principales factores de perturbación del ecosistema pradera. Estos tres factores promueven presión de selección para alta tasa de renovación de la parte aérea, localización de estructuras de persistencia próximas al nivel del suelo y gran proporción de biomasa y actividad debajo de éste (Deregibus *et al.*, 2001). La sequía es el factor que más influye en regiones con baja precipitación; mientras que el fuego, contradictoriamente, es más frecuente en regiones húmedas (Sala *et al.*, 1996).

Los mamíferos herbívoros afectan varios procesos ecológicos de las praderas tales como sucesión de especies, flujo de carbono, dinámica de nutrientes e infiltración de agua en el suelo (Deregibus *et al.*, 2001). Todos éstos afectan el flujo de energía y competencia dentro del ecosistema, haciéndolo complejo y dinámico. Por tanto, el pastoreo, es sin duda, el principal factor que particulariza el ecosistema pradera, de ahí que es necesario comprender el efecto de los animales sobre la planta forrajera, para mejorar al máximo su productividad, persistencia y sustentabilidad (Sbrissia y Da Silva, 2001).

La dinámica de recuperación o renovación del área foliar de una pradera puede ser estudiada, ya sea por el conocimiento de los órganos de las plantas individuales o población total de plantas y la forma según la integran con el ambiente (característico de cada localidad y modificado a través de las prácticas de manejo utilizadas) por medio de su ecofisiología. Los bovinos y ovinos se pueden explotar y mantener en áreas pequeñas de praderas por medio del pastoreo selectivo. El resultado de la tendencia de cosechar material vegetativo y/o con menor proporción de tallos (mayor facilidad de prensión) y, por tanto, menor resistencia para ser cosechado (Barthram *et al.*, 2005).

2.4. Tallo: unidad básica de gramíneas

El tallo es la unidad básica de producción de las gramíneas forrajeras, el cual desarrolla su propio sistema radicular y posee la capacidad de producir nuevas generaciones de tallos a partir de sus yemas axilares. Después de la germinación, a cada planta le corresponde a un único tallo, pero con el desarrollo se transforma en una planta compleja compuesta por varias generaciones de tallos (Hodgson, 1990).

Cada tallo está formado por una cadena de unidades de crecimiento, llamadas fitómeros, que darán origen a una hoja (vainas y lámina foliar), entrenudo, nudo, yema axilar, y raíces adventicias. Estos fitómeros provienen del meristemo apical o de un punto de crecimiento y son originados siguiendo una sucesión lineal. Cada fitómero es responsable de la formación de diferentes órganos en diferentes estados de desarrollo, razón por la cual, cada tallo puede ser considerado como una cadena coordinada de fitómeros en diferentes estadios de desarrollo (Matthew *et al.*, 2001). En gramíneas forrajeras, un fitómero está constituido de lámina foliar, lígula, vaina foliar, entrenudo, nudo, yema axilar y en algunos casos, raíces (Skinner y Nelson, 1994a; Nelson, 2000; Matthew *et al.*, 2001). Un tallo primario, a partir de las yemas axilares contenidas en los fitómeros puede, potencialmente, dar origen a nuevos tallos, genéticamente idénticos al tallo del cual se originaron, formando una planta con varias generaciones de tallos (Nabinger, 1998).

Las células en la segunda camada más externa del meristemo apical se dividen para formar el primordio foliar (hojas rudimentarias), en cuanto que la división celular en la tercera camada, más profunda, en el lado opuesto de cada primordio foliar, da origen a las yemas axilares. Las yemas axilares se diferencian del meristemo apical, debido a que son subordinadas a él en términos de posición y época de desarrollo. Una vez que la diferenciación de la yema axilar está completa, su crecimiento puede continuar, dando origen a un nuevo tallo (Murphy y Briske, 1992).

La acumulación de fitómeros y su desarrollo individual (expansión foliar, elongación y engrosamiento de los nudos y entrenudos) dan como resultado la acumulación de biomasa en un tallo. Las primeras estructuras y más importantes que son formadas en un fitómero son los primordios foliares. En este proceso de formación, la región meristemática se subdivide en dos bandas, una superior y otra inferior las cuales corresponden a las regiones meristemáticas que formaron las láminas y vainas foliares, respectivamente, y entre las bandas, habrá la diferenciación de la lígula (Nascimento y Adese, 2004). La lígula inicia su formación cuando la hoja se encuentra con 20 % de su longitud final; cuando la lígula queda expuesta, la lámina foliar cesa su elongación; mientras que la vaina, aún puede presentar elongación por dos o cuatro días (Skinner y Nelson, 1995).

Cuando el crecimiento de hojas en fitómeros sucesivos es continuo, el desarrollo de yemas es regulado independientemente. Todo fitómero forma un primordio de hoja y una yema de tallo, y todo primordio de hoja puede desarrollar una hoja. Más el mismo no acontece con la yema, que no siempre se desarrolla en tallo, pues la probabilidad de que yemas en fitómeros sucesivos se desarrollen en tallos es muy variable (Nelson, 2000) y controlada por varias señales y estímulos internos y externos que hasta ahora, no están bien entendidos (Murphy y Briske, 1992). El control del desarrollo de yemas es de los principales medios de regulación del índice de área foliar (IAF) de poblaciones de plantas forrajeras, una vez que la producción de tallos y hojas que establece la superficie responsable por interceptación de luz incidente (Simon y Lemaire, 1987; Matthew *et al.*, 2000).

Al intervalo entre la iniciación de dos órganos sucesivos se denomina plastocron, generalmente utilizado para estudiar la ontogenia foliar, particularmente, la formación de dos primordios foliares sucesivos. Por ser una evaluación destructiva, los investigadores prefieren utilizar el concepto filocron, que se define como al intervalo entre la aparición de dos láminas foliares consecutivas (Skinner y Nelson, 1994b). Estos intervalos pueden ser descritos en días por hoja o grados día por hoja. El tiempo térmico (grados día) definido por Ometo (1981), es la forma más apropiada,

ya que la temperatura regula la actividad meristemática, por tanto, la velocidad con que ocurre el surgimiento de hojas y la acumulación de biomasa, están en función del tiempo térmico transcurrido. La velocidad de surgimiento de los primordios foliares es relativamente constante y el número total de hojas surgidas puede ser representado por una función lineal de la acumulación de grados día. A medida que surgen nuevas hojas en el ápice foliar, las más viejas y cercanas a la base del tallo comienzan a senescer y es el momento en que el número de hojas vivas se estabiliza (Oliveira *et al.*, 2000; Nascimento y Adese, 2004).

Las vainas de las hojas nuevas se encuentran envueltas por las vainas de las hojas más viejas, formando lo que es llamado pseudotallo. Con la acumulación de hojas en un tallo, los entrenudos inician su elongación para que las nuevas hojas sean expuestas en la parte superior del dosel (Woledge, 1978), donde pueden recibir y captar radiación fotosintéticamente activa en mayor cantidad y calidad. Esta elongación de entrenudos, cuando un tallo se encuentra en estado vegetativo, aumenta el filocrón debido a la mayor distancia que la nueva hoja debe recorrer hasta emerger. Sin embargo, cuando se inicia la transición al estado reproductivo, hay una reducción del filocrón por elevación del meristemo apical (Lemaire y Chapman, 1996; Duru y Ducrocq, 2000). En *Panicum maximum*, Barbosa (2004) observó valores de filocrón de 26.5, 16.8, 11.8 y 14.2 días hoja⁻¹ para Tanzania, en invierno, primavera, verano y otoño, respectivamente; mientras que, Carnevalli (2003) observó 13.3, 44.5 y 16.5 días hoja⁻¹ para Mombaza durante el verano, otoño-invierno y primavera, respectivamente.

2.5. Morfogénesis de gramíneas

La morfogénesis se define como la dinámica de generación (*genesis*) y expansión de la forma (*morphos*) de la planta en el espacio (Chapman y Lemaire, 1993). Cada planta presenta un mecanismo genéticamente determinado para la morfogénesis, cuya tasa de realización depende de la temperatura (Lemaire y Agnusdei, 2000). La morfogénesis determina el funcionamiento y coordinación de los meristemas en

términos de tasas de producción y expansión de nuevas células. En otros términos, define la dinámica de expansión de los órganos en crecimiento (hojas, entrenudos y tallos) y la demanda de carbono (C) y nitrógeno (N) necesaria para atender la expansión de los órganos en términos de volumen (Durand *et al.*, 1991).

Según Chapman y Lemaire (1993), la morfogénesis se expresa como la tasa de aparición (organogénesis), expansión de nuevos órganos y senescencia. Por ejemplo, un pasto en crecimiento vegetativo, en el cual se producen hojas, la morfogénesis se describe por tres características básicas: aparición de hojas, elongación, y periodo de vida de la hoja. Aunque estas características son determinadas genéticamente, pueden estar influenciadas por las variables del ambiente, tales como temperatura (Duru y Ducrocq, 2000), intensidad luminosa (Ryle, 1966; Van Esbroeck, 1989), disponibilidad hídrica (Durand *et al.*, 1997; Morales, 1998), nutrientes (Thomas, 1983; Longnecker *et al.*, 1993; Garcez *et al.*, 2002) y pastoreo (Barbosa *et al.*, 2002; Gomide *et al.*, 2002), las cuales definen la tasa y duración de los procesos. Otro componente morfogénico importante, principalmente, en gramíneas de crecimiento erecto, es la elongación del tallo (Sbrissia y Da Silva, 2001). Esta característica incrementa el rendimiento de forraje (Santos, 2002) e interfiere significativamente en la estructura del dosel comprometiendo la eficiencia del pastoreo en función de la relación lámina foliar-tallo, lo que a su vez tiene relación directa con el desempeño de los animales en pastoreo (Euclides *et al.*, 2000). Según Skinner y Nelson (1995), la elongación del tallo interviene actúa sobre la aparición de hojas y el incremento de la lámina foliar en función del aumento del precursor de la hoja dentro del pseudotallo.

El crecimiento de las plantas depende de la intercepción de radiación fotosintéticamente activa (RFA) por el dosel, eficiencia de uso de la RFA interceptada y partición de asimilados entre raíz y parte aérea. De estos procesos, la intercepción de la RFA depende, en gran parte, del IAF del dosel, el cual está condicionado por el balance entre los procesos morfogenicos y su arreglo estructural.

La productividad de una gramínea depende de la emisión continua de hojas y tallos, proceso importante que se presenta posterior al corte o pastoreo para restaurar el área foliar de la planta y permitir la persistencia de la pradera. El concimiento de las características morfogenéticas permite al técnico visualizar la curva de producción, acumulación de forraje y estimar la calidad de la pradera y una posibilidad de recomendar prácticas de manejo (Gomide, 1997a).

El número de hojas por tallo es constante dentro de una misma especie o cultivar (Gomide y Gomide, 2000). Asimismo, serán determinantes del área foliar de la pradera, densidad de tallos (Cruz y Boval, 1999) y tasa de expansión de las láminas foliares (Van Esbroeck *et al.*, 1997), las cuales varían con las condiciones ambientales y de manejo. La tasa de aparición y elongación de hoja, así como el periodo de vida de la hoja constituyen los factores morfogénicos del pasto, sobre el ambiente tales como luz, temperatura, agua y nutrientes quienes determinan el número y tamaño de hoja y densidad de tallos, los cuales son responsables del índice de área foliar (IAF) de la pradera. Asimismo, el IAF, condicionado por el manejo, influye en el número de tallos y elongación foliar (Chapman y Lemaire, 1993).

El número de hojas verdes adultas por tallo surge como posible herramienta de manejo, ya que la senescencia de las primeras hojas, disminuye tanto la eficiencia fotosintética de la pradera (Hunt, 1965), como la eficiencia de conversión de forraje en producto animal (Demment y Greenwood, 1988), lo que debe evitarse en el manejo de las praderas. Los pastoreos muy frecuentes, antes de la estabilización del número de hojas, agotan las reservas de carbohidratos solubles de la planta y afectan el ahijamiento (Fulkerson y Slack, 1995), disminuyendo la persistencia de la pradera; producción de forraje.

Los primeros estudios donde se evaluaron las variables morfogénicas de la pradera fueron desarrollados con el objetivo de conocer las especies forrajeras tropicales. Al respecto, Corsi *et al.* (1994), concluyeron que frecuencia y altura de pastoreo en

especies forrajeras pueden obtenerse a través del estudio de la tasa de elongación, aparición, senescencia de hojas y ontogenia de tallos, y que el período de descanso en praderas de *Brachiaria* esta definido por la tasa de aparición *versus* número de hojas vivas por tallo. La necesidad de determinar la tasa de crecimiento de las plantas (flujo de tejidos) dio paso al estudio con plantas forrajeras, dando el conocimiento inicial del patrón de acumulación de forraje (Gomide, 1997). Las características morfogénicas y estructurales se estudiaron en condiciones de crecimiento controlado (invernaderos y parcelas), lo que facilitó evaluar alternativas de manejo utilizadas en pastoreo (Marcelino, 2004; Pena, 2007), las cuales consistieron en interrupción del crecimiento de acuerdo con el intervalo de aparición de hojas (frecuencia de corte) y utilización de alturas de corte fijas (intensidad). La importancia del crecimiento de tallos en pastos tropicales fue descrita e incluida en el estudio de morfofisiología de tales especies por Sbrissia y Da Silva (2001).

Los estudios sobre manejo y utilización de praderas tropicales, tienen como principales objetivos de evaluación la frecuencia e intensidad de pastoreo, ya que contribuyen a modificar la estructura de las praderas alterando el número y peso de tallos (Da Silva y Pedreira, 1997), tasas de aparición y elongación de hojas y en la participación de tallos y material muerto, modificando la calidad del forraje y el acceso de los animales en pastoreo (Difante, 2005). Por tanto, la combinación entre frecuencia e intensidad constituye una herramienta importante en el manejo del pastoreo de plantas forrajeras, maximizando la producción y eficiencia de cosecha del forraje producido.

2.6. Frecuencia e intensidad de corte

Conocer cómo la intensidad y frecuencia de defoliación interfieren en las características morfogénicas y estructurales, es fundamental para reducir los efectos negativos de elongación del tallo (Casagrande *et al.*, 2010). De acuerdo con Parsons *et al.* (1988), cuando la planta forrajera se somete a alta intensidad y frecuencia de defoliación, se obtiene la tasa máxima de crecimiento de la pradera. Esta estrategia

resulta en menor masa de forraje en cada pastoreo, pero con un alto valor nutritivo, el cual, asociado al mayor número de ciclos de pastoreo, permite maximizar la producción animal.

La tasa de rebrote de la planta, después de la defoliación, depende de la intensidad y frecuencia de cosecha y factores edafoclimáticos. Así mismo, la altura del forraje residual después de la defoliación, constituye una característica de importancia, ya que puede alterar las características morfofisiológicas de la planta.

2.6.1. Frecuencia de corte

La frecuencia de defoliación se define como el intervalo en días, semanas o meses entre dos defoliaciones sucesivas o el número de cosechas que se realizan en una pradera, en un periodo determinado de tiempo (Hernández *et al.*, 2002, Dong *et al.*, 2004). Se considera como uno de los factores más importantes que afectan el rendimiento de forraje, valor nutritivo y persistencia de las especies presentes en una pradera. Asimismo, la edad de la planta a la cosecha determina la distribución de los componentes morfológicos, ya que al aumentar la edad de la planta se incrementa la proporción de tallo, material senescente y muerto, y disminuye la proporción de hojas, relación hoja: tallo y hoja:no hoja (Ludlow, 1980; Zaragoza, 2004).

El patrón de defoliación de plantas individuales en una comunidad vegetal depende del sistema de manejo de pastoreo ya sea continuo o intermitente. En praderas con pastoreo intermitente (sistema rotacional) los animales pastorean el forraje acumulado durante periodos fijos (en promedio de 1 a 5 días). Bajo estas condiciones, la frecuencia de defoliación de plantas individuales está directamente determinada por el intervalo de pastoreo, el cual es determinado por todo el sistema de manejo del rancho: número de potreros, y duración del periodo de pastoreo.

Wade (1991), encontró que la probabilidad de defoliación de plantas individuales de praderas de *Lolium perenne* durante un periodo de pastoreo puede estar

directamente relacionado con la carga animal instantánea cuando se expresa en peso vivo y la misma relación existe en sistemas de pastoreo continuo, rotacional y franjas, y diferentes tipos de animales (ovino, ganado de leche y ganado de carne). Cuando se registran eventos de defoliación en tallos marcados, distribuidos aleatoriamente en el potrero, la probabilidad de defoliación, la cual es recíproca al intervalo entre dos defoliaciones en el mismo tallo se puede interpretar como la proporción de área del potrero que fue pastoreada durante cada día por los animales (Wade *et al.*, 1989). Asimismo, en el sistema de pastoreo en franjas, con alta carga animal ($150 \times 103 \text{ kg peso vivo ha}^{-1}$) el área total del potrero se puede pastorear en cuatro franjas sucesivas dentro de un día, Mientras que en el sistema de pastoreo continuo, con una carga animal variando aproximadamente de 1 a $8 \times 103 \text{ kg peso vivo ha}^{-1}$, alrededor del 6 a 20 % del área del potrero es pastoreada cada día, correspondiendo a intervalos de defoliación de 5 a 16 días.

Estudios realizados por Ramírez *et al.* (2009) con *Megathyrsus maximus* Jacq., cosechado a tres frecuencias de corte (3, 5 y 7 semanas) encontraron mayor acumulación de forraje, durante la época de lluvias, en comparación con la época seca (83 y 17 %, respectivamente). Estos mismos autores observaron mayor rendimiento de forraje ($24, 300 \text{ kg MS ha}^{-1}$) y tasa de crecimiento ($140 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$) al cosechar cada 7 semanas, pero con menor proporción de hojas (56 %), relación hoja:tallo (1.6) y hoja:no hoja (1.3) en comparación a las cosechas a 3 y 5 semanas. En otro estudio, Carlos y Chacón (2005), al evaluar el pasto *B. humidicola*, encontraron que al aumentar la frecuencia de pastoreo de 21 a 28 días, se incrementó la tasa de crecimiento de 24 a $29 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$, pero disminuyó la concentración de PC (18.6 a 14.3 %) y digestibilidad de la materia seca (63 a 57 %); mientras que, cuando se incrementó la frecuencia de pastoreo a 35 días, se aumentó el rendimiento de forraje, pero disminuyó la concentración de PC y digestibilidad, con promedios de 7.1 y 56.9 %, respectivamente.

Vergara y Araujo (2006), al evaluar dos frecuencias de corte (14 y 28 días) en *B. humidicola*, encontraron que, conforme la frecuencia de corte disminuye, el contenido

de proteína se reduce de 8.5 a 6.8 %, pero se incrementó el contenido de fibra detergente neutra (72.5 a 77.0 % FDN) y fibra detergente acida (43.2 a 41.1 % FDA), en época de lluvias.

2.6.2. Intensidad de corte

El rebrote después de una defoliación es afectado por la intensidad de defoliación, la cual puede reducir el rendimiento posterior de las especies forrajeras, al incidir en el índice de área foliar residual y en las reservas de carbohidratos disponibles en la planta (Hernández *et al.*, 2002; Dong *et al.*, 2004). En este sentido Hodgson (1990), consigna que las respuestas de las plantas están fuertemente influenciadas por la altura y frecuencia de pastoreo y/o corte, ya que con una defoliación ligera, la pradera presenta mejor respuesta, debido al mayor número de hojas presentes y, en cambio, con una defoliación severa, se aumenta la pérdida de la mayoría del tejido de hojas y, posiblemente, la pérdida de algunos tallos, lo que ocasiona un retraso en el reinicio del crecimiento de la planta (Lemaire *et al.*, 2000).

La intensidad de defoliación puede ser analizada en un nivel de eventos de defoliaciones de plantas individuales como la proporción del componente hojas que es removida por los animales en cada defoliación. Wade *et al.* (1989), encontraron que la intensidad de defoliación estimada por la reducción de altura de tallos fue variable (35 %) para vacas lecheras bajo pastoreo continuo y rotacional en praderas de mayor altura. Una intensidad de defoliación a nivel de planta individual de 50 % fue observado por Mazzanti y Lemaire (1994) en praderas de *Festuca* alta bajo pastoreo continuo por ovinos. La diferencia entre las defoliaciones de 35 y 50 % se debió al método de determinación (nivel de tallo vs. nivel de hoja) el cual no reflejó diferencias entre las especies de planta y animal. Aunado a lo anterior es necesario investigaciones adicionales para determinar el valor promedio de la intensidad de defoliación, su frecuencia de distribución para cuantificar la heterogeneidad espacial de la pradera y morfogénesis y estructura de la planta.

La intensidad de defoliación, con base en el tallo individual, se puede expresar como la proporción del tamaño inicial de las hojas (antes del inicio del período de pastoreo) que fue removido antes o al final del período de pastoreo. Asimismo, la intensidad de defoliación depende de la carga animal y duración del período de pastoreo; determinados por el sistema de manejo. En el sistema de pastoreo continuo, la relación entre las variables de la pradera y el comportamiento de los animales determina la frecuencia e intensidad de defoliación de tallos individuales.

Se ha indicado que al cosechar a una altura mayor a 30 cm, existe mayor rendimiento de forraje, con menor valor nutritivo, debido a un incremento en el contenido de fibra (Dubeux *et al.*, 2006). Al respecto Difante *et al.* (2008), al evaluar dos alturas de corte (15 y 30) en pasto Marandu, observaron mayor aparición y mortalidad de tallos (1.46 tallos/100 tallos/día y 0.368 tallos/100 tallos/día, respectivamente) y menor variación en la densidad de población de tallos.

Por otro lado, Pérez *et al.* (2004) al evaluar al pasto Mulato, encontraron que al cosechar a 15 y 25 cm de altura, la concentración de nitrógeno fue mayor en hojas (6.67 y 6.98 %, respectivamente).

2.7. Radiación solar y radiación interceptada por el dosel

La fotosíntesis varía en función del tamaño del sistema fotosintético y la eficiencia de la hoja. Asimismo, en la pradera, las características de la arquitectura foliar determina la cantidad de luz interceptada por unidad de área foliar (Rodríguez *et al.*, 1993).

Las defoliaciones frecuentes e intensas ocasionan reducción en la intercepción luminosa por los tejidos fotosintéticos, agotamiento de reservas metabólicas de las plantas, reducción de absorción de nutrientes y agua (Silva *et al.*, 1997).

El manejo del pastoreo se basa en el control de la frecuencia e intensidad de defoliación (Carnevalli *et al.*, 2006; Barbosa *et al.*, 2007; Pedreira *et al.*, 2007), ya

que la combinación de éstas afecta la estructura del dosel. Zeferino (2006), al evaluar la combinación de dos frecuencias (pastoreo iniciado cuando el dosel interceptaba 95 o 100 % de luz incidente) y dos intensidades de pastoreo (10 y 15 cm de altura después del pastoreo) en praderas de *Urochloa brizantha* cv. Marandu, encontró que períodos de descanso largos (100 % de intercepción luminosa) resultó en mayor elongación y acumulación de tallos y senescencia, en comparación con períodos de descanso cortos (95 % de intercepción de luz). Barbosa *et al.* (2007), en *Megathyrsus maximus* cv. Tanzania con frecuencias de 90 % y 95 % de intercepción de luz e intensidad de 25 cm de altura después de pastoreo, encontraron mayor porcentaje de láminas foliares en la masa de forraje después del pastoreo, en comparación con praderas a menor frecuencia (100 % de intercepción de luz) y menor intensidad de pastoreo (50 cm de altura después del pastoreo) las cuales presentaron mayores proporciones de tallos y material muerto.

El estudio de la frecuencia de pastoreo es importante ya que se debe mantener un IAF adecuado, donde se alcance la máxima acumulación de láminas foliares. Varios experimentos han mostrado que cuando el dosel intercepta 95 % de la luz incidente, tanto en plantas templadas como tropicales y es el mejor momento de entrada de los animales en un sistema de pastoreo rotacional, para las gramíneas *Megathyrsus maximus* cv. Tanzania y Mombaza y *Urochloa brizantha* cv. Marandu y Xaraés (Mello y Pedreira, 2004; Carnevalli *et al.*, 2006; Pedreira, 2006; Zeferino, 2006; Barbosa *et al.*, 2007). Carnevalli *et al.* (2006) encontraron en Mombaza que pastorear a 95 % de interceptación de luz por el dosel se promueve mayor acumulación de láminas foliares, asociado a menor crecimiento de tallos y menor senescencia. Este mismo efecto fue observado por Barbosa *et al.* (2007) en Tanzania, donde la mayor acumulación de materia seca de láminas foliares ocurrió con la frecuencia de 95 % de intercepción de luz. Además, la frecuencia de 90 % de intercepción de luz también puede ser utilizada para decidir el momento de pastoreo y aumentar la eficiencia de utilización del forraje (Zanine, 2007). Se ha indicado que la altura del dosel antes del pastoreo se correlaciona positivamente con la intercepción de luz, siendo posible determinar la entrada de los animales en las praderas del Tanzania la cual debe ser

cuando el pasto alcance una altura de 70 cm (Difante, 2005; Barbosa *et al.*, 2007; Zanine, 2007); y en praderas de pasto Mombaza, cuando la pradera alcance una altura de 90 cm (Carnevalli *et al.*, 2006). Por tanto, la altura antes del pastoreo se puede adoptar como un criterio práctico para determinar el momento de pastoreo en plantas forrajeras tropicales.

Bajo condiciones de pastoreo rotativo, el tiempo en que se alcance el 95 % de intercepción de luz, dependerá de la estación del año y disponibilidad de nutrientes, principalmente, nitrógeno (Difante, 2005; Carnevalli *et al.*, 2006; Barbosa *et al.*, 2007; Zanine, 2007). Asimismo, habría inconsistencia de respuestas y limitaciones en adoptar o determinar períodos de descanso fijos, puesto que, dependiendo de la época del año y de las condiciones de crecimiento, ese intervalo puede ser muy corto, elevando las pérdidas en cantidad; o muy largo, acarreado pérdidas en calidad y cantidad, o que pudiera, inclusive, promover degeneración de la estructura y este mismo a la degradación de las praderas (Da Silva y Nascimento Jr., 2007).

Pedreira (2006) en Xaraés bajo pastoreo rotacional, evaluó un período de descanso fijo de 28 días, comparado con frecuencias de 95 y 100 % de intercepción de luz, durante un año. Este autor encontró que cuando la temperatura y precipitación son insuficientes (por ejemplo en septiembre a diciembre), el período de descanso fijo mostró patrones de crecimiento similares a praderas manejadas con 95 % de intercepción de luz. Sin embargo, cuando la temperatura, luminosidad y precipitación son máximas (enero y febrero), el período de 28 días requiere un descanso más largo, mientras que se requiere menos días para alcanzar el 95 % de intercepción de luz.

Períodos de descanso variables también fueron observados por Souza Jr. (2007) en Marandu manejado en pastoreo rotacional. Se ha indicado que, independientemente de la especie forrajera utilizada, en el manejo de las praderas, es importante la manutención de la estructura, para garantizar altas producciones de forraje, mejor control de la producción de tallos y material muerto y longevidad de la pradera.

La frecuencia de pastoreo posee mayor eficiencia en el control de la elongación de tallos y senescencia, en comparación con la intensidad de pastoreo, Por tanto es, una variable importante como práctica de manejo en campo para producir forraje de buen valor nutritivo, y estructura de las praderas por un tiempo mayor (Souza Jr., 2007). Sin embargo, la intensidad de pastoreo ha mostrado ser herramienta importante en el control del rebrote de praderas después del pastoreo, ya que determina, la velocidad del crecimiento de hojas e influyendo directamente en la duración del intervalo de pastoreo.

Estudios recientes, han mostrado consistentemente, que mayores intensidades de pastoreo promueven una mejor utilización de las praderas, y coinciden con la frecuencia de 95 % de intercepción de luz. Al respecto, se ha señalado que, los pastos Tanzania (Barbosa *et al.*, 2007) y Mombaza (Carnevalli *et al.*, 2006) deben ser pastoreados a 30 cm y mientras que el pasto Marandu a 15 cm de forraje residual (Zeferino, 2006). En general, praderas pastoreadas a alturas bajas presentan menor capacidad productiva. Mientras que, alturas de forraje residual altos (50 cm para Tanzania y Mombaza) promueven aumentos importantes en el número de ciclos de pastoreo, ya que se disminuye el número de días para alcanzar el 95% de intercepción de luz (Carnevalli *et al.*, 2006; Barbosa *et al.*, 2007; Zanine, 2007).

Difante *et al.* (2010), al evaluar praderas de Tanzania bajo pastoreo rotacional, pastoreos a 95 % de intercepción de luz (70 cm de altura del dosel) e intensidad de pastoreo de 25 y 50 cm, observaron mayor ganancia individual, menor carga animal y menor eficiencia de pastoreo cuando las praderas se pastorearon a intensidades de 50 cm. Se observó una reducción del 20 % en el consumo de forraje en praderas pastoreadas a 25 cm de forraje residual, afectando el desempeño animal. Estos mismos autores encontraron que la masa de forraje antes del pastoreo fue similar entre las intensidades de pastoreo; mientras que la condición después del pastoreo y la masa de forraje varió con la intensidad utilizada, donde la altura de 25 cm fue la que resultó en menor masa de forraje y la mayor tasa de acumulación de forraje se obtuvo con la intensidad de 50 cm. En la intensidad de 50 cm, del total de forraje

producido, solo el 50 % fue removido por los animales; mientras que en la altura de 25 cm se removió el 90 % del forraje producido. Estos resultados comprueban la importancia de la intensidad de pastoreo en regular el nivel de desempeño animal, mejorando la eficiencia de cosecha del forraje producido y la flexibilidad en el sistema de producción (Da Silva y Nascimento Jr., 2007).

La intensidad de pastoreo durante las estaciones del año podría ser una alternativa para maximizar la producción de forraje. Durante épocas favorables de crecimiento (primavera y verano), mayores intensidades de pastoreo pueden promover intensificación del sistema, con altas ganancias individuales y menores intervalos de pastoreo. En cambio, en las épocas desfavorables, (otoño e invierno), cuando el crecimiento es escaso, el aumento de la intensidad de pastoreo promoverá mejor utilización del forraje disponible, maximizando la capacidad de soporte de las áreas de pastoreo. La mayor cobertura del dosel, normalmente observada en praderas con manejo intensivo, promoverá, asimismo que las condiciones de crecimiento se tornen favorables, mayor vigor en el rebrote de las praderas utilizadas, el que pudiera modificar su estructura, mejorando la capacidad de persistencia de la especie.

2.8. Respuesta de las plantas forrajeras a la defoliación

La defoliación consiste en la remoción total o parcial de la parte aérea de las plantas. El efecto inmediato de la defoliación, que depende principalmente de la intensidad de cosecha, está relacionado con una medida directa del grado de reducción de la fotosíntesis de la planta (Richards, 1993). En una pradera, las plantas sufren defoliaciones intermitentes, cuya intensidad y frecuencia de defoliación dependen de los animales en pastoreo, densidad de carga y método de pastoreo (Wade y Carvalho, 2000) y, en su caso, del régimen de cosecha utilizado. Cada defoliación representa para la planta un disturbio en su crecimiento y, por tanto, interfiere en su habilidad competitiva en la dinámica de población. Además, en praderas bajo pastoreo, las defoliaciones no solo afectan a la planta cosechada, sino también a las plantas vecinas, por lo que la defoliación puede considerarse como un evento que

elimina la competencia por luz. Por ello, la respuesta general de una planta defoliada parece ser un mecanismo complejo que no solo depende de la intensidad y frecuencia de defoliación, sino también, del patrón de defoliación de las plantas vecinas (Lemaire, 2001).

El estudio de la relación planta-herbívoros, ha permitido comprender que las praderas tienen la capacidad de adaptar su estructura (tamaño, número y orientación espacial de órganos aéreos) al manejo de la defoliación (Davies, 1988). Esta adaptación consiste, principalmente, en una compensación entre tamaño y densidad de tallos, de tal manera que, praderas defoliadas frecuentemente, bajo condiciones de pastoreo continuo; muestran mayor densidad de tallos pequeños y, contrariamente, praderas defoliadas poco frecuente, bajo pastoreo intermitente, tienen menor densidad de tallos (Davies, 1988). Por tanto, en una comunidad de plantas, las defoliaciones no solo afectan a una planta individual, sino también a sus vecinas, de modo que la defoliación es vista como un medio por el cual se elimina la competencia por luz. Asimismo, la respuesta total de una planta a la defoliación en una comunidad vegetal parece ser un mecanismo complejo, que depende no solo de la intensidad y severidad de defoliación, sino también del patrón de defoliación de sus vecinas. Al respecto se ha mencionado que, dependiendo del comportamiento del pastoreo selectivo de los animales en diferentes especies de plantas, la competitividad dentro de la comunidad vegetal pastoreada puede ser fuertemente influenciada por el manejo del pastoreo (Crawley, 1983; Louda *et al.*, 1990).

Existen varios estudios del efecto de los intervalos de defoliación sobre el patrón de crecimiento de las gramíneas, principalmente, en la tasa de aparición de tallos y hojas y persistencia de la pradera (Grant *et al.*, 1981; Vine, 1983; Hume, 1991). Por ello, para la utilización eficiente de las gramíneas, se debe regular el intervalo entre pastoreos, para maximizar el potencial de crecimiento y evitar pérdidas por senescencia. Lo anterior, coincide con lo reportado por Tavakoli (1993), quien encontró que una defoliación severa redujo la regeneración de plantas al disminuir el área foliar por tallo, duración del área foliar y eficiencia fotosintética; mientras que

una defoliación frecuente ocasionó disminución en la producción y persistencia de la pradera.

Según Briske (1986), la respuesta de las plantas al pastoreo debe estudiarse a través de su resistencia al pastoreo. La resistencia al pastoreo puede dividirse en “escape al pastoreo” y “tolerancia al pastoreo”. Los mecanismos de tolerancia son considerados a corto y largo plazo; a corto plazo se incluye la aclimatación fisiológica a la restricción de suministro de carbohidratos para el crecimiento de la planta, la cual resulta en remoción de tejidos fotosintéticos y rápida restauración del rebrote, mientras que a largo plazo, es la adaptación morfológica, permite a la planta reducir la severidad de defoliación.

2.9. Proceso de rebrote y acumulación de forraje

2.9.1 Rebrote

Hunt (1990), definió al rebrote como el material vegetal que se acumula en el tiempo, sobre el nivel del suelo, después de una cosecha total o parcial de la planta. El rebrote en las gramíneas perennes proviene de la reproducción vegetativa y aparición de nuevos tallos y este proceso está influenciado por varios factores, que van desde los climáticos, reservas de carbohidratos existentes en la raíz, hormonales (auxinas y citoquininas), disponibilidad de nutrientes (principalmente el nitrógeno), área foliar remanente a partir de la cual se llevará a cabo la fotosíntesis y competencia entre plantas y tallos (Tomlinson y O'Connor, 2004). El rebrote o crecimiento posterior a la defoliación, depende del adecuado suministro de fotoasimilados, que cubrirán las demandas de respiración y crecimiento. Este suministro puede derivarse de la fotosíntesis del tejido foliar remanente o bien, de carbohidratos solubles, almacenados en raíces o bases foliares (Kigel, 1980).

Inmediatamente después de una defoliación ligera a severa, la planta inicia una fase de transición con variación en sus patrones de disponibilidad y distribución de

carbono y nutrientes (Briske *et al.*, 1996) para restablecer su balance entre tallo y raíz. La disponibilidad de recursos modifica la prioridad de asignación, pues se pueden alterar la relación raíz-tallo y la magnitud de los recursos entre estos órganos (Briske *et al.*, 1996). En corto tiempo, después de la defoliación, los patrones de distribución de asimilados resultan de la competencia entre “destinos” de distinta fuerza y localización, en relación a los tejidos “fuentes” (Richards, 1993).

El rebrote rápido se debe a la presencia de regiones meristemáticas activas en los tallos, que permanecen en la planta después de la defoliación. Esto permite la expansión foliar rápida (Briske, 1991). La tasa de rebrote se incrementa con la alta disponibilidad de carbohidratos (Busso *et al.*, 1989); además, está influenciado por factores ambientales, tales como estrés hídrico, disponibilidad de nutrientes y temperatura (Richards, 1993). En gramíneas en estado vegetativo, cuando los meristemas de crecimiento permanecen a nivel del suelo y fuera del alcance del pastoreo, el rebrote no se afecta y se produce rápidamente, a partir de los meristemas que no han dejado de formar hojas o tallos nuevos (Gold y Cadwell, 1989).

Kigel (1980), señala que las diferencias en el potencial de rebrote poblacionales vegetales, pueden deberse a diferencias en la estructura del área foliar remante (inclinación de la planta, área foliar) y contenido de carbohidratos solubles e inhibición de yemas en los macollos, debido al crecimiento de hojas, que genera competencia de fotoasimilados.

2.9.2 Acumulación de forraje

La acumulación de forraje se atribuye al aumento del número y peso de los tallos (Bircham y Hodgson, 1983). La acumulación de forraje en una comunidad de plantas forrajeras o en una pradera se ha descrito como el resultado directo del balance entre crecimiento y senescencia del dosel (Hodgson, 1990). Por tanto, el crecimiento y senescencia cuando son evaluados, determinan la producción de la comunidad

vegetal (Da Silva y Pedreira, 1997). Asimismo, en un período de tiempo, la acumulación neta de forraje es resultado de la diferencia entre aumento de peso debido a la formación de nuevos tejidos y disminución ocasionada por senescencia y descomposición de los tejidos viejos, así como por consumo de forraje (Bircham y Hodgson, 1983; Davies, 1993).

Para *M. maximus* en los cultivares Mombaza y Tanzania, Carnevalli (2003) y Barbosa (2004), respectivamente, observaron que la tasa máxima de acumulación neta de materia seca bajo pastoreo rotacional, estuvo directamente relacionada con la intercepción del 95 % de luz y a partir de ese punto, se modifica en la dinámica de producción del forraje, debido al aumento en tasa de senescencia, acumulación de tallo y reducción en la tasa de acumulación de láminas foliares.

Se ha señalado que el pastoreo modifica la cantidad y calidad de luz que llega a las hojas próximas al suelo (Deregibus *et al.*, 1985), ocasionando variaciones en la tasa de ahijamiento (Lemaire y Agnusdei, 2000). Por ejemplo, al aumentar la intensidad de defoliación, la planta recibe mayor cantidad de radiación de mejor calidad en las hojas próximas al suelo, activando las yemas axilares y favoreciendo la aparición de tallos. No obstante la intensidad de defoliación, posee un límite, específico para cada especie forrajera, donde a partir del cual, la planta pierde capacidad para producir tallos y entra en un proceso de degradación (Grant *et al.*, 1983; Matthew *et al.*, 2000).

Bajo pastoreo rotacional, la combinación intensidad y frecuencia de defoliación, modifica el periodo de tiempo para que la pradera alcance nuevamente un siguiente pastoreo (Nascimento y Adese, 2004). Por ello, conocer la capacidad y límites de respuesta de las plantas forrajeras y sus implicaciones, es relevante para encontrar el mejor régimen de defoliación, de cada genotipo y sistema de producción. Dichos límites pueden definir alternativas en el manejo de la defoliación, con la finalidad de evitar el deterioro de la pradera y mantener una producción óptima de forraje (Matthew *et al.*, 1995).

El mayor crecimiento de las plantas se obtiene cuando se alcanza tasas altas de fotosíntesis, las cuales, incrementan las tasas de respiración y senescencia. Estos procesos son importantes ya que la pérdida excesiva de tejido vegetal por medio de senescencia implica, baja utilización del forraje acumulado (Sbrissia y Da Silva, 2001). Por tanto, para optimizar la producción de forraje de una pradera, tanto en pastoreo continuo como rotacional, el manejo del pastoreo se debe centrar en la necesidad de dejar suficiente área foliar para fotosíntesis y la remoción máxima de tejido foliar, antes de senescer, para alcanzar el mayor rendimiento (Parsons, 1988).

Se ha indicado que la tasa de acumulación de forraje puede variar; ampliamente, en función de las condiciones edafo-climáticas y de manejo. Al respecto, Gomide *et al.* (1997) en *B. decumbens*, encontraron que la tasa de acumulación de forraje presentó una respuesta cuadrática en función de la altura del pastoreo. Sin embargo, Barbosa *et al.* (2002) al evaluar *M. maximus* cv. Tanzania bajo pastoreo rotacional, no encontraron diferencias en la acumulación de forraje en función de la cantidad de forraje residual utilizados.

Santos *et al.* (1999) al evaluar el efecto del período de descanso (28, 38 y 48 días) en la masa de forraje y tasa de acumulación de forraje en Tanzania y Mombaza, encontraron mayor masa de forraje para el mayor período de descanso, pero sin diferencias de acumulación de forraje en los dos cultivares, aunque observaron valores mayores de tasa de acumulación de forraje durante el periodo lluvioso del año. Asimismo, Gomide *et al.* (2002) en un estudio con *Megathyrsus maximus* cv. Mombaza sometido a períodos de descanso variables, encontraron que la acumulación de forraje fue mayor en períodos largos de descanso, como consecuencia, principalmente, del incremento de la participación de la fracción tallo en la masa de forraje. Carnevalli (2003), al evaluar en pastoreo rotacional bajo dos alturas de forraje residual (30 y 50 cm) y dos condiciones de pré-pastoreo (95 y 100 % de intercepción de luz por el dosel), obtuvo la mayor producción de forraje a 95 % de intercepción de luz, con reducción acentuada de la producción de forraje cuando el periodo de descanso fue más largo (100 % de intercepción de luz). La disminución

en el rendimiento de forraje fue consecuencia del proceso de senescencia foliar, como resultado de una mayor competencia por luz.

2.10. Tasa de recambio de tejido

Las gramíneas están constituidas por un complejo arreglo de hoja, tallo, inflorescencia y raíces; cada fracción esta formada de tejidos designados para funciones específicas. Los tejidos individuales difieren química y físicamente, dependiendo de su función, ya sea de asimilación, transporte, sustento, acumulación de reservas, etc. La organización estructural o anatómica de los órganos de la planta y sus tejidos constituyentes, influirán en el consumo del forraje por el animal, en razón del efecto que producen sobre la facilidad de fragmentación de las partículas del forraje, la naturaleza de las partículas producidas y su tasa de pasaje por el rumen, también influyen en la digestibilidad de la pared celular, proporcionando mayor o menor acceso de polisacáridos a los microorganismos del rumen (Wilson, 1993). La relación entre la anatomía de hoja y tallo, medida por la proporción de tejidos y la composición química del forraje, han presentado interés de investigación. La proporción de tejidos es comúnmente medida como el área relativa en secciones transversales de las fracciones de la planta. Asimismo, el estudio de la anatomía del forraje, su composición química y digestibilidad, es importante para aumentar el grado de conocimiento sobre los factores que limitan la utilización de forrajes por los rumiantes (Queiroz *et al.*, 2000).

Durante el desarrollo de la gramínea, el número de hojas verdes por tallo aumenta en cuanto no se inician los procesos de senescencia y muerte foliar (Gomide y Gomide, 2000). A partir de esto, el número de hojas verdes por tallo tiende a ser constante para determinado genotipo. Por tanto, el número de hojas vivas por tallo, equivalencia entre la tasa de elongación y de senescencia foliar por tallo, así como la reducción de elongación del tallo, de acuerdo con Gomide *et al.* (2006), son algunos criterios a utilizar en el manejo de gramíneas tropicales cespitosas.

Durante el desarrollo de las praderas en gramíneas, el tejido foliar en cada tallo, es producto secuencial de una cadena de fitómeros, considerados unidades básicas de desarrollo (Skinner y Nelson, 1994; Gomide y Gomide, 2000). Cada fitómero sigue un patrón 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 de flujo de tejidos, cuyo estudio a través de características morfogénicas, es una herramienta importante para evaluar la dinámica del crecimiento de plantas forrajeras (Lemaire y Agnusdei, 2000; Neto *et al.*, 2002), lo cual 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 cosechado, reducir las pérdidas de biomasa por senescencia y muerte de hojas e incrementar la productividad de las praderas (Ramírez *et al.*, 2010).

Los factores ambientales y de manejo, determinan las características morfogénicas de las plantas; y su estudio permite entender el flujo de tejidos y producción individual de tallos, durante un período de rebrote (Ramírez *et al.*, 2010). La acumulación de biomasa en la pradera posterior a la defoliación es resultado del flujo de elaboración de nuevos tejidos foliares, definido como producción primaria y del flujo de senescencia y descomposición de tejidos foliares más antiguos. Con la aparición de nuevas hojas y tallos en la pradera después de la defoliación, aumenta la competencia por luz, nutrientes, agua y demás factores del medio, intensificándose el proceso de senescencia y muerte de hojas y tallos viejos. Asimismo, la senescencia puede acelerarse por acción de factores del medio, lo que hace que acelere la duración de vida de la hoja o tallo.

En el manejo de praderas es importante enfatizar la diferencia entre producción potencial y producción neta de forraje, la primera es estimada por la fotosíntesis del dosel, mientras que la segunda ocurre posterior a la primera, después de descontar las pérdidas por senescencia y acumulación de asimilados para crecimiento de tallos y raíces (Gomide, 1997).

Cuando se efectúan cortes intensos y frecuentes existe mayor renovación de tejidos, asociada a mayor eficiencia de producción de forraje. Por el contrario, si se realizan cortes poco intensos y frecuentes, resultan en mayor proporción de inflorescencias, tallos y material muerto (Marcelino *et al.*, 2006). Al respecto, Ramírez *et al.* (2010), encontraron que 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 cinco semanas durante la sequía y cada tres semanas, durante las lluvias.

2.11. Dinámica de ahijamiento

El ahijamiento es la principal vía de persistencia de las gramíneas forrajeras. El macollo está formado por una población de tallos, que aparecen y mueren durante el año (Langer, 1956). Esto asegura a las gramíneas forrajeras un mecanismo de plasticidad fenotípica, caracterizado por alteraciones en la estructura del dosel como forma de permitir a las plantas su adaptación a las condiciones de crecimiento (Chapman y Lemaire, 1993). El estudio de las estrategias de persistencia de las gramíneas forrajeras permite identificar prácticas de manejo del pastoreo y con ellos, aumentar la productividad por medio de la reposición natural y renovación de tallos, asegurando que la población de plantas se puede ajustar al régimen de defoliación y restaurar el IAF "ideal" para determinado estado fenológico y época del año (Valentine y Matthew, 1999).

La persistencia y producción de forraje de las gramíneas dependen de la aparición y desarrollo de tallos sucesivos a partir de yemas axilares, donde la densidad poblacional de tallos (DPT) es el resultado de un proceso dinámico, caracterizado por el balance entre la tasa de aparición y muerte de tallos a lo largo del año, las cuales ocurren en tasas y variables (Bullock, 1996). Ese balance establece la base determinante del potencial biológico de productividad de las plantas en una área

determinada, una vez que representa el almacén de tejidos meristemáticos donde el crecimiento ocurre (Murphy y Briske, 1992).

El crecimiento y productividad de los pastos dependen de la emisión continua de hojas y tallos, de esta forma se recuperan las estructuras muertas y/o, removidas por el pastoreo (Marshall, 1987). En cada tallo existe una dinámica de renovación de hojas, cuyo ciclo de vida es limitado. El aumento del IAF ocasiona mayor captación de luz por el dosel y contribuye, en aumentar la tasa de aparición de hojas y nuevos tallos, modificando la densidad poblacional de tallos (DPT) y tamaño de tallos individuales (Deregibus *et al.*, 1983). La tasa potencial de aparición de tallos esta determinada por el número de hojas formadas, ya que existe una yema en la axila de cada una de las hojas formadas (Nelson, 2000). De ese modo, la tasa de aparición de hojas influye directamente en la DPT por el número potencial de yemas axilares (Davies, 1974). La disminución progresiva de la tasa de aparición de hojas a medida que el pasto crece o el período de rebrote avanza es la principal causa de la reducción de la tasa de ahijamiento (Casal *et al.*, 1987).

Generalmente, la contribución del número de tallos para el rebrote varia con la época del año y mantiene cierta relación con la estrategia de defoliación empleada (Liu *et al.*, 2002; Wang *et al.*, 2003; Barbosa, 2004; Carnevalli, 2003). Korte (1986), al evaluar *L. perenne*, encontró un aumento en la DPT al final del invierno, resultado de menor mortalidad de tallos durante junio, julio y agosto. Al final de la primavera, en diciembre, la aparición fue de dos a cuatro veces superior al registrado al final del invierno; sin embargo, hubo una pequeña alteración en la DPT, una vez que las tasas de mortalidad también fueron elevadas en ese período. Patrones similares de aparición y muerte de tallos en *L. perenne* fueron encontrados por L´Huillier (1987), indicando la aparición simultánea de elevadas tasas de aparición y muerte de tallos, factor que sugiere renovación intensa de tallos en determinadas épocas del año. Estudios sobre demografía de tallos permiten prever las variaciones estacionales en DPT, mejorando las estrategias de manejo del pastoreo garantizando el proceso de renovación, y favoreciendo la producción de forraje y asegurando la persistencia de

la pradera (Lemaire y Chapman, 1996). En este sentido, la DPT influye en la producción de forraje por medio de su efecto en el rebrote posterior a la defoliación, especialmente cuando el área foliar remanente es escasa. Existen dos maneras por las cuales el número de tallos puede afectar el rebrote: la primera, la parte no defoliada del tallo puede funcionar como almacén de substrato cuyo material puede ser utilizado durante el rebrote y la cantidad de substrato disponible puede, por tanto, depender del número de tallos. En este caso la cantidad de substrato determina la velocidad y vigor del rebrote; la segunda, la DPT determina la expansión del área foliar del dosel y, por tanto, la tasa de uso del substrato de reserva (Van Loo, 1993). De ahí que la recuperación de la planta forrajera posterior al pastoreo depende de la producción de nuevos tallos a partir del crecimiento de yemas de tallos vegetativos que estaban dormantes. Cualquier factor que estimule la producción de tallos aumenta el crecimiento del pasto, principalmente después de la floración (Marshall, 1987). Los efectos del manejo en la densidad poblacional de tallos fueron indicados por Arosteguy *et al.* (1982), quienes observaron que la DPT de las praderas se redujo cuando se utilizaron defoliaciones severas o ligeras, en comparación a las defoliaciones con severidad intermedia.

El ahijamiento, puede considerarse bajo tres niveles de complejidad (Matthew, 2002). El primero corresponde a la dinámica de ahijamiento tomando en cuenta la morfología de planta y número de meristemas disponibles para producción de nuevos tallos (Davies, 1974). El segundo nivel corresponde a los factores ambientales y fisiológicos vegetales que controlan la aparición de nuevos tallos (Langer, 1963) y un tercer nivel que aborda la longevidad de los tallos y patrones estacionales de aparición y muerte. Por tanto, la comprensión del proceso de ahijamiento de gramíneas forrajeras es fundamental para entender la ecología de praderas y el desarrollo de estrategias eficientes de manejo (Murphy y Briske, 1992).

2.12. Conclusiones de la revisión de literatura

1. El comportamiento productivo de las praderas está determinado, principalmente, por los cambios climáticos en las estaciones del año, las cuales influye en el rendimiento y calidad del forraje producido.
2. La ecofisiología de plantas explica sus mecanismos de competencia dentro de una comunidad vegetal, así como los mecanismos morfogenéticos de adaptación de las plantas a la defoliación y sus consecuencias sobre la morfología, estructura e interacción entre estos dos mecanismos.
3. La unidad básica de producción de materia seca en las gramíneas forrajeras es el tallo, donde cada tallo está formado por una cadena de unidades de crecimiento, denominados fitómeros, los cuales comprenden una hoja, entrenudo, nudo, yema axilar y una o más raíces adventicias.
4. La morfogénesis en plantas forrajeras se expresa como la tasa de aparición, expansión de nuevos órganos y senescencia de los órganos maduros y es descrita por tres características básicas: aparición de hojas, elongación de hojas y periodo de vida de la hoja.
5. La defoliación consiste en la remoción total o parcial de la parte aérea de las plantas.
6. La frecuencia e intensidad de defoliación, constituyen dos elementos básicos en el manejo de las praderas, ya que influyen en el comportamiento productivo de las plantas forrajeras.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización del área experimental

El estudio se realizó en condiciones de temporal, durante los años 2010 y 2011 en el Campo Experimental de la Universidad del Papaloapan, *Campus* Loma Bonita, Oaxaca. Las coordenadas geográficas son 18° 06' 4.51" N y 95° 53' 49.55" O, a 32 msnm (FAM, 2012).

3.2. Clima y suelo

El clima del lugar es cálido húmedo, con lluvias abundantes en verano. La precipitación media anual es de 1,845 mm y la temperatura promedio anual de 24.7 °C. El suelo del sitio experimental es de textura franco arenoso, con pH 4.9, 1.8 % de M.O, 14.8, 23.5, 37.0, 241.0 y 42.3 mg kg⁻¹ de N, P, K, Ca y Fe, respectivamente.

3.3. Material genético empleado

El material genético evaluado fueron *Urochloa brizantha* cultivares Insurgente y Toledo y *Megathyrsus maximus* cultivares Tanzania y Mombaza. Se utilizó una parcela de cada cultivar, propiedad de la Universidad del Papaloapan, *Campus* Loma Bonita, Oaxaca.

3.4. Tratamientos y diseño experimental

Se evaluaron cuatro cultivares de gramíneas (*Urochloa brizantha* cv. Insurgente, *Urochloa brizantha* cv. Toledo, *Megathyrsus maximus* cv. Tanzania y *Megathyrsus maximus* cv. Mombaza) sometidas a tres frecuencias de corte (FC: 4, 5 y 6 semanas después del rebrote en las épocas de lluvias, nortes y sequía, respectivamente). Los tratamientos se distribuyeron en un diseño de bloques completos al azar, en arreglo de parcelas divididas, con cuatro repeticiones, donde la parcela mayor fue el cultivar

y la menor las frecuencias de corte. El tamaño de las unidades experimentales fue de 5 x 2 m, para un total de parcela de 10 m², con una parcela útil de 4 m². El área de muestreo de cada parcela fueron los dos surcos centrales, la cual se dividió en 3 subparcelas de 1 m², dejando dos macollos entre cada subparcela y los dos macollos de cada uno de los extremos de los surcos centrales. Cada una de las subparcelas correspondió a una frecuencia de corte. El periodo de evaluación fue de noviembre de 2010 a marzo de 2011, coincidiendo para la época de nortes (noviembre-febrero), sequía (marzo-mayo de 2011) y lluvias (junio-octubre; Enríquez y Romero, 1999).

Los datos de precipitación y temperatura máxima y mínima ocurridos en el periodo experimental, se obtuvieron en la estación meteorológica de la Fuerza Aérea Mexicana (FAM) ubicada en Loma Bonita, Oaxaca. La precipitación durante el periodo experimental, presentó la distribución siguiente: 13.1, 1.5 y 85.4 % para la época de nortes, seca y lluvias, respectivamente). La mayor precipitación ocurrió durante el mes de julio de 2011 y correspondió a la época de lluvias (Figura 1). Por otro lado, la mayor temperatura se presentó durante el mes de abril, la cual coincidió con la menor precipitación.

3.5. Establecimiento y manejo de praderas

Las parcelas de pasto Insurgente, Toledo, Tanzania y Mombaza, donde se realizó el experimento, se sembraron el 12 de diciembre de 2007, en surcos espaciados a 0.5 m y 0.5 m entre plantas, empleando material vegetativo (cepas de 3 a 5 tallos). Previo a la siembra del material vegetativo, el terreno se preparó mediante chapeo y aplicación del herbicida Faena (Glifosato) para eliminar la vegetación original presente, la cual consistía de *Paspalum notatum*. Posteriormente, en cada pradera, se trazaron líneas sobre las cuales se hicieron hoyos, a las distancias previamente señaladas y a profundidad de 10 cm. El corte de uniformidad para inicio de la evaluación, se realizó en forma manual el 4 de noviembre de 2010 a 15 cm de altura para todas las especies. Inmediatamente después, se aplicó una sola fertilización con 50, 50 y 50 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente. Como fuentes de

fertilizante se utilizaron urea (46 % N), superfosfato de calcio triple (46 % P₂O₅) y cloruro de potasio (60 % K₂O). La maleza se controló con una aplicación del herbicida 2,4-D amina, un mes después del corte de uniformización y, después, mediante chapeos.

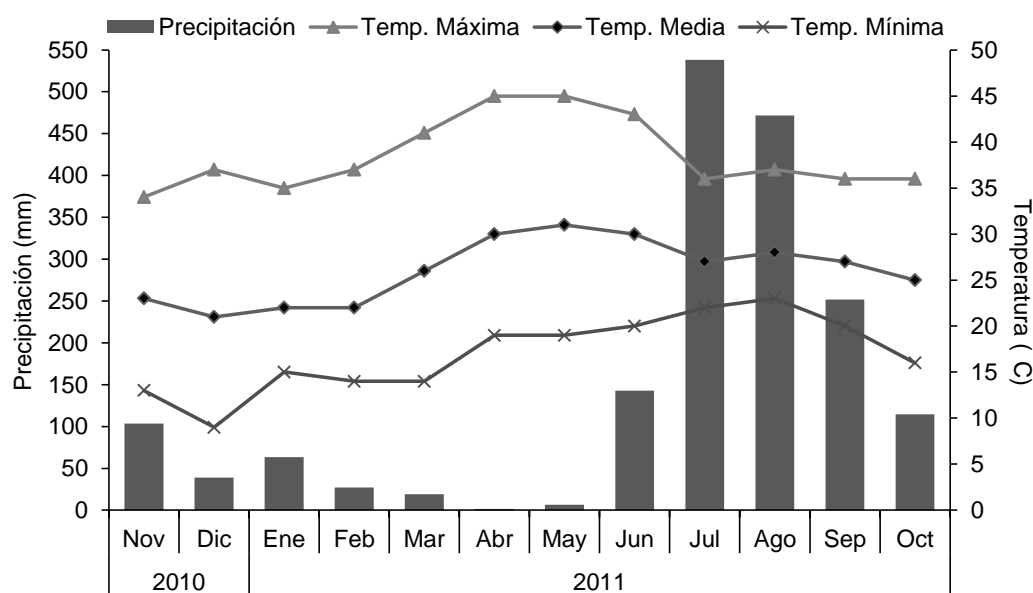


Figura 1. Temperaturas máximas, mínimas y promedio mensual y distribución de la precipitación, durante el período experimental (FAM, 2012).

3.6. Variables evaluadas

3.6.1. Rendimiento de forraje y composición morfológica

Para determinar el rendimiento de forraje y sus componentes morfológicos (kg MS ha⁻¹), en la parte central de cada unidad experimental, se delimitó permanentemente una unidad de muestreo de 1 m², donde se cortó el forraje a 15 cm de altura, en la fecha correspondiente a cada frecuencia de corte (4, 5 y 6 semanas después del rebrote en las tres épocas). Cada muestra se pesó en fresco y se obtuvo una submuestra de aproximadamente 100 g. Cada submuestra se separó en componentes morfológicos (hoja, tallo, inflorescencia y material muerto). Cada

componente se secó en estufa de aire forzado a 65 °C, durante 72 h. Con la suma de peso seco de cada componente, se determinó el contenido de materia seca (MS) de las submuestras y la cantidad de materia seca por componente morfológico y materia seca total por unidad de área, para cada frecuencia de corte y época del año.

3.6.2. Altura de planta

La altura de las planta (cm), se determinó antes de cada corte, como el promedio de 10 mediciones por repetición. La medición se realizó con regla graduada en cm, desde el nivel del suelo hasta el extremo superior de la planta, sin estirar las hojas y sin considerar la inflorescencia cuando ésta estuvo presente.

3.6.3. Radiación interceptada

La determinación de la radiación interceptada por el dosel, se efectuó momentos antes de realizar el corte en cada una de las frecuencias. Las mediciones se realizaron utilizando el método del metro de madera en cada repetición. Oiré (1966) y Millar (1969) utilizaron el método del metro de madera para medir las áreas soleadas y determinar la intercepción de la radiación solar y medir la cobertura del suelo por el dosel de un cultivo. Para determinar esta variable, se tomaron tres lecturas aproximadamente a las 13:00 h, ya que es cuando el ángulo solar es perpendicular y la intercepción de la luz es máxima. La medición se realizó al colocar la regla sobre la superficie del suelo (debajo del dosel), con orientación sur-norte, e inmediatamente después, se contaron los centímetros sombreados, los cuales representaron el porcentaje de radiación interceptada por el dosel vegetal.

3.6.4. Aparición y muerte de tallos

Para determinar la tasa de aparición y muerte de tallos, al inicio del experimento, en cada unidad experimental, se seleccionó un macollo, en el que se marcaron los tallos vivos existentes, con anillos de cable de un mismo color, los cuales se consideraron como la población inicial de tallos. Posteriormente, cada mes, durante un año, se contaron y marcaron los nuevos tallos, con anillos de diferente color, para cada generación. Los tallos muertos se contaron y se les retiró el anillo. Con estos datos

de se determinaron la densidad poblacional de tallos y la tasa de aparición y muerte de tallos.

3.6.5. Número de hojas por tallo, longitud de tallos, elongación y senescencia de hojas

El estudio de recambio de tejido foliar se realizó para cada época del año, durante el segundo período de rebrote de cada frecuencia de corte. Para ello, un día después del primer corte, en cada repetición, se seleccionaron de manera aleatoria cinco tallos, los cuales fueron identificados con anillos de plástico de un mismo color. Inmediatamente después, con una regla graduada en mm, 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 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 siguiente corte. Se registró sólo la lámina foliar verde, por lo que la senescencia se obtuvo de manera indirecta por la diferencia de las longitudes de hojas senescentes entre mediciones sucesivas.

3.7. Variables calculadas

3.7.1. Acumulación de forraje

La acumulación de hojas, tallos y material muerto y de forraje total (kg MS ha^{-1}) para cada especie en estudio, se estimó como la suma de los rendimientos por corte, para cada intervalo de corte y época, empleando la fórmula siguiente:

$$AF = \sum_{i=1}^n FP_A$$

Donde;

AF = acumulación de forraje (kg MS ha^{-1})

ΣFP_A = sumatoria del forraje presente, un día antes del corte (kg MS ha^{-1})

3.7.2. Tasa de crecimiento

La tasa de crecimiento ($\text{kg MS ha}^{-1} \text{d}^{-1}$) se estimó al dividir el rendimiento de forraje por corte, entre el intervalo de corte (4=28, 5=35 y 6=42 días, respectivamente). Con estos datos, se obtuvo el promedio para cada intervalo de corte y época, utilizando la fórmula siguiente:

$$\text{TC} = \text{FC} / \text{T}$$

TC = tasa de crecimiento ($\text{kg MS ha}^{-1} \text{d}^{-1}$)

FC = forraje cosechado (kg MS ha^{-1}) y T = días transcurridos entre cortes.

3.7.3. Relaciones hoja:tallo y hoja:no hoja

La relación hoja:tallo se calculó al dividir el rendimiento por corte del componente hoja, entre el rendimiento de tallo. Mientras que la relación hoja:no hoja se calculó al dividir la cantidad de hoja entre el rendimiento de tallo más material muerto.

3.7.4. Densidad, tasa de aparición y muerte de tallos

La tasa de aparición y muerte de tallos se multiplicaron por el número de plantas por m^2 , con estos datos se estimó la densidad poblacional de tallos (DPT) por m^2 , y sus respectivas tasas mensuales de aparición (TAT) y muerte (TMT) ($\text{tallos } 100 \text{ tallos}^{-1}$), mediante la metodología descrita por Carvalho *et al.* (2000); donde:

DPT= Total de tallos vivos existentes en cada muestreo

TAT= no. de tallos nuevos/DPT del muestreo anterior*100

TMT= no. de tallos muertos/DPT del muestreo anterior*100

3.7.5. Tasa de aparición de hoja y elongación de tallo

La tasa de aparición de hojas (TAH; $\text{hojas tallo}^{-1} \text{d}^{-1}$), 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), mediante la fórmula siguiente:

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

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

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

3.7.6. Tasas de elongación, senescencia y crecimiento neto foliar

Con los datos de longitud de elongación y senescencia foliar se estimaron las tasas de elongación (TEF), senescencia (TSF) y crecimiento neto foliar (CNF), utilizando la metodología descrita por Hernández-Garay *et al.* (1997a).

La tasa de elongación foliar (TEF; mm tallo⁻¹ d⁻¹), se calculó para hojas en expansión, mediante la diferencia entre longitud final (LF_{t2}) e inicial (LI_{t1}) de láminas foliares, dividida entre número de días (ND) transcurridos en mediciones sucesivas. Para ello se utilizó la fórmula siguiente:

$$TEF = (LF_{t2} - LI_{t1}) / ND$$

La tasa de senescencia foliar por tallo (TSF; mm tallo⁻¹ d⁻¹), se obtuvo para hojas en proceso de senescencia, a través de la diferencia entre la sumatoria de las longitudes de las láminas foliares inicial (LF_{t1}) y final (LF_{t2}), dividida entre el número de días (ND) transcurridos entre mediciones sucesivas, utilizando la fórmula siguiente:

$$TSF = LI_{t1} - LF_{t2} / ND$$

La tasa de crecimiento neto foliar por tallo (CNF; mm tallo⁻¹ d⁻¹), se calculó mediante la diferencia entre la tasa de elongación foliar (TEF) y tasa de senescencia foliar (TSF), mediante la fórmula siguiente:

$$CNF = TEF - TSF$$

3.8. Análisis estadístico

Los análisis estadísticos de los datos se realizó 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 intervalos de corte, época del año y sus interacciones, se consideraron fijos y el de bloques como aleatorio. Las medias de tratamientos fueron estimadas utilizando LSMEANS y la comparación entre ellas se realizó por medio de la probabilidad de la diferencia (PDIFF), usando la prueba de “t” de “Student” y un nivel de significancia del 5 %. Para el análisis de la densidad de tallos, se utilizó como covariable la población inicial (primera densidad registrada posterior al corte de uniformización) de cada época. La demografía de tallos durante el estudio se presentó mediante diagramas, para cada intervalo de corte, utilizando estadística descriptiva (promedios) de cada generación de tallos.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. *Urochloa brizantha* cv. Insurgente o Marandu

4.1.1. Rendimiento de forraje

El rendimiento de forraje del pasto Insurgente cosechado a diferentes frecuencias de corte, durante las épocas de nortes, seca, lluvias y anual, se presenta en el Cuadro 1, donde se observa que no existió interacción entre frecuencia de corte y época del año para la variable rendimiento de forraje total ($P>0.05$). En cambio, se observó que conforme aumentó el intervalo de corte se incrementó el rendimiento de forraje ($P<0.01$); el mayor valor ocurrió con la frecuencia de 6 semanas en la época de lluvias, seguido de la de nortes y secas, con rendimientos de 7,155, 3,521 y 662 kg MS ha⁻¹, respectivamente. El rendimiento de forraje anual aumentó en 5 y 9 % al incrementar el intervalo entre cortes de 4 a 5 y 4 a 6 semanas, respectivamente ($P<0.01$). Independientemente de la frecuencia de corte, la distribución estacional de forraje fue de 65 % en lluvias, 30 % para nortes y 5 % durante la sequía, con promedio total acumulado de 10,869 kg MS ha⁻¹ (Cuadro 1). Resultados similares fueron reportados por otros autores (Cab *et al.*, 2008), quienes registraron distribución estacional en Insurgente de 65, 21 y 14 % en lluvias, nortes y seca, respectivamente. Asimismo, en *B. humidicola* cv. Isleño, independientemente de la frecuencia y altura de corte, la distribución estacional del rendimiento de forraje fue de 79, 13 y 8 % para las épocas de lluvias, nortes y seca (Martínez *et al.*, 2008). Mientras que en 24 ecotipos de *B. humidicola*, Cruz *et al.* (2011) reportaron una distribución de 83, 9 y 8 % para las épocas de lluvias, nortes y seca, respectivamente. El incremento en rendimiento de materia seca conforme aumentó la edad de rebrote, concuerda con los resultados observados en *U. brizantha* cv. Marandu (Costa *et al.*, 2007) y *U. brizantha* cv. Toledo (Rincón *et al.*, 2008). Al respecto, se ha señalado que intervalos de defoliaciones mayores proporcionan altos rendimientos de forraje, como consecuencia de una mayor acumulación de materia

seca proveniente de tallos y material muerto (Costa y Saibro, 1984; Costa *et al.*, 2007).

Cuadro 1. Cambios estacionales en el rendimiento de forraje (kg MS ha⁻¹) de *Urochloa brizantha* cv. Insurgente, cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.

Frecuencia de corte (semanas)	Nortes	Sequía	Lluvias	Rendimiento anual
4	2,957 Bb	499 Bc	6,927 Aa	10,383 B
5	3,310 Ab	503 Bc	7,074 Aa	10,886 AB
6	3,521 Ab	662 Ac	7,155 Aa	11,337 A
Promedio	3,263 b	555 c	7,052 a	

Letras diferentes mayúsculas, en la misma columna y minúsculas en la misma hilera, indican diferencia estadística entre tratamientos ($P < 0.05$).

Otros autores (Lemaire, 2001; Sbrissia *et al.*, 2001), indican que con defoliaciones frecuentes, existe mayor densidad de tallos pequeños como una respuesta de maximizar la incidencia de luz. Por el contrario, con intervalos prolongados de defoliación las praderas presentan baja densidad de tallos de mayor peso y hojas más largas (Lemaire, 2001).

En regiones tropicales las variaciones de precipitación y temperatura, ocasionan estacionalidad de la producción de forraje y, con ello, cambios en la productividad animal. En el presente estudio el mayor rendimiento de forraje en la época de lluvias se debió a la alta precipitación y temperatura registradas durante dicha época (Figura 1), ya que se ha indicado que existe una relación positiva entre cantidad de lluvia y mayor temperatura con rendimiento de materia seca (Martínez *et al.*, 2008; Ramírez *et al.*, 2009; Cruz *et al.*, 2011). La disminución del rendimiento de forraje en la época de nortes, se atribuyó a bajas temperaturas, las cuales afectaron el crecimiento del pasto, ya que se ha señalado que el mayor crecimiento de las especies forrajeras

tropicales ocurre entre 25 y 35 °C (Candido *et al.*, 2006; Ramírez *et al.*, 2009); además de las bajas temperaturas, otro factor que redujo el rendimiento de forraje fue el fotoperiodo corto, ya que se ha indicado que menor número de horas luz ocasiona cambios fisiológicos en las plantas, desencadenando el proceso reproductivo y disminuyendo el crecimiento (Valle *et al.*, 2000; Bauer *et al.*, 2011). Por tanto, para una producción máxima de materia seca, la planta necesita temperaturas óptimas, aunque la humedad también es importante para el crecimiento (Costa *et al.*, 2005). En este estudio, el menor rendimiento de forraje obtenido en la época seca se atribuyó a la escasa precipitación registrada durante ese periodo.

4.1.2. Composición morfológica

La composición morfológica varió entre frecuencias de corte y épocas del año ($P < 0.01$). La interacción frecuencia de corte y época solo fue significativa para rendimiento de hoja ($P < 0.01$) y tallo ($P < 0.01$). La frecuencia de corte de 6 semanas, durante la época de nortes y sequía presentó los rendimientos más altos de hoja, con valores de 3,285 y 606 kg MS ha⁻¹, respectivamente. Durante la época de lluvias no se observó diferencia en el rendimiento de hoja entre frecuencias ($P > 0.05$); sin embargo, en esta época fue donde se presentó la mayor acumulación de hoja, con un valor promedio de 5,881 kg MS ha⁻¹, en comparación con la época de nortes y sequía (3,085 y 522 kg MS ha⁻¹, respectivamente; Cuadro 2). La distribución del rendimiento anual de hoja fue de 62 % en la época de lluvias, 33 % en nortes y 5 % en sequía. En el presente estudio, se observó que el componente hoja fue el que tuvo mayor contribución al rendimiento total de forraje, con 90 %, independientemente de frecuencia de corte y época del año. Estos resultados son similares a los reportados en otros estudios (Chacon y Stobbs, 1976; Trindade *et al.*, 2007), aunque valores inferiores a los del presente estudio fueron registrados en otras investigaciones (Da Silva *et al.*, 2009; Difante *et al.*, 2011; Bauer *et al.*, 2011).

Los cambios en la composición morfológica en la época de lluvias se debieron a que las condiciones edáficas y climáticas favorecieron mayor aparición y crecimiento de

hojas. En éste sentido, se ha indicado que temperaturas entre 20.0 a 32.5 °C incrementan la tasa de aparición de hoja; sin embargo, ésta disminuye cuando la temperatura supera los 35 °C (Festo *et al.*, 2003).

La menor proporción de hoja observada en la época de nortes y sequía, en comparación con la de lluvias, se debe a que en nortes, el crecimiento de las plantas fue inhibido por las bajas temperaturas, mientras que en la época seca, la nula precipitación ocasionó escaso crecimiento de hoja. Al respecto, se ha indicado que durante la época seca, las gramíneas forrajeras tropicales producen poco forraje y de mala calidad, debido a madurez de las plantas y escaso rebrote, causados por falta de humedad en el suelo (Bauer *et al.*, 2011).

Cuadro 2. Rendimiento de los componentes morfológicos de *Urochloa brizantha* cv. Insurgente (kg MS ha⁻¹), cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.

Frecuencia de corte (semanas)	Nortes	Sequía	Lluvias	Rendimiento anual
Hojas				
4	2,847 Bb	476 Bc	6,062 Aa	9,384 A
5	3,123 ABb	483 Bc	5,935 Aa	9,541 A
6	3,285 Ab	606 Ac	5,646 Aa	9,536 A
Promedio	3,085 b	522 c	5,881 a	
Tallos				
4	87 Ab	1 Bb	776 Ca	863 C
5	137 Ab	1 Bb	1,017 Ba	1,154 B
6	125 Ab	12 Ab	1,372 Aa	1,509 A
Promedio	116 b	5 c	1,055 a	
Material muerto				
4	24 Ba	22 ABa	90 Aa	135 A

5	50 Ba	20 Ba	122 Aa	191 A
6	110 Aa	44 Aa	137 Aa	292 A
Promedio	61 ab	29 b	116 a	

Letras diferentes mayúsculas, en la misma columna y minúsculas en la misma hilera indican diferencia estadística entre tratamientos ($P < 0.05$).

La frecuencia de corte tuvo efecto en la proporción de tallos ($P < 0.01$), donde la mayor cantidad de tallos se obtuvo a 5 y 6 semanas durante la época de lluvias, con un valor de 1,017 y 1,372 kg MS ha⁻¹, respectivamente (Cuadro 2). La aportación de tallos al rendimiento de forraje se incrementó conforme aumentó el intervalo entre cortes de 4 a 6 semanas, independientemente de la época. Resultados similares fueron reportados por otros autores (Middleton, 1982; Man y Wiktorsson, 2003), quienes consignaron que durante la época de lluvias la proporción de hojas disminuye al aumentar el intervalo entre cortes, debido al mayor crecimiento del tallo. Mientras que, durante la época de nortes, la elongación del tallo es inhibida por las bajas temperaturas. En cambio, en la época seca, el déficit de agua es el factor limitante del crecimiento vegetal y por consiguiente, se tiene una escasa contribución del tallo al rendimiento (Gomez *et al.*, 2007).

El componente material muerto fue afectado por la frecuencia de corte ($P < 0.05$), donde la mayor proporción se obtuvo a 6 semanas de rebrote, con valores de 116, 61 y 21 kg de MS ha⁻¹ para la época de lluvias, nortes y seca, respectivamente (Cuadro 2). En este estudio, se observó que el mayor rendimiento de forraje total, coincidió con la mayor proporción de hoja, tallo y material muerto y estuvo compuesto por el 84, 13 y 3 % de hoja, tallo y material muerto, respectivamente, en el intervalo de corte de 6 semanas. Mientras que, con cortes a 4 semanas, la composición morfológica fue de 90, 8 y 2 % para hojas, tallos y material muerto, respectivamente. Lo anterior, indica que el mayor rendimiento de forraje, obtenido a 6 semanas, presentó mayor cantidad de tallos y material muerto. De acuerdo con Mazzanti y Lemaire (1994) en frecuencias bajas, al penetrar mayor cantidad de luz al dosel de la pradera, se disminuye la tasa de senescencia y acumulación de material muerto. Así mismo, se ha indicado que el incremento en masa de forraje está

asociado con aumentos en porcentajes de hoja y tallo; y que la acumulación de material muerto modifica la estructura de la pradera y reduce el valor nutritivo de la misma (Mesquita *et al.*, 2010).

El menor rendimiento de materia seca observado en la época seca se explica por la baja contribución de los componentes de la pradera en dicha época. Al respecto, se ha mencionado que la producción de materia seca de hojas y tallos varía entre épocas del año (Bauer *et al.*, 2011). La frecuencia de defoliación influye en la velocidad de crecimiento, producción, composición botánica, calidad y persistencia de la pradera (Dong *et al.*, 2004). En praderas tropicales conforme aumenta el intervalo entre cortes y/o pastoreos, se incrementa el rendimiento de forraje con menor proporción de hojas y mayor acumulación de tallo y material muerto y, en consecuencia, disminuye su valor nutritivo. Por tanto, además del rendimiento de materia seca de las especies forrajeras, es importante considerar su proporción de hojas en relación a la de tallos y material muerto (Cruz *et al.*, 2011). En el presente estudio, la proporción de hoja fue mayor a la de tallo y material muerto, independientemente de época y frecuencia de corte. Sin embargo, los valores de dichos componentes morfológicos fueron mayores en la época de lluvias, en comparación con la de nortes y sequía, debido a las condiciones de luz, temperatura y precipitación, que favorecieron el crecimiento, lo cual coincidió con Mesquita *et al.* (2010). Asimismo, la altura de corte a 15 cm, posiblemente aseguró mayor radiación solar y, por tanto, la activación de yemas dormantes y aparición de nuevos tallos, lo cual coincide con otros autores (Difante *et al.*, 2011).

4.1.3. Tasa de crecimiento

La tasa de crecimiento, independientemente de la época del año, aumentó conforme se incrementó el intervalo entre cortes ($P < 0.05$), con promedio anual de 24, 27 y 32 kg de MS ha⁻¹ d⁻¹, para frecuencias de 4, 5 y 6 semanas, respectivamente. En todas las épocas, la mayor tasa de crecimiento ocurrió en la frecuencia de 6 semanas, con un valor promedio de 13, 26 y 46 kg MS ha⁻¹ d⁻¹ para la época de sequía, nortes y

lluvias, respectivamente. Se observó que la tasa de crecimiento en la época de lluvias fue mayor en 77 y 254 % al valor obtenido en la de nortes y sequía, respectivamente (Cuadro 3). En el presente estudio, la mayor tasa de crecimiento registrada durante la época de lluvias, se debió a mayor precipitación y temperatura, las cuales favorecieron el crecimiento del pasto. Mientras que en la época de nortes, aunque hubo suficiente humedad, las bajas temperaturas limitaron el potencial de producción del pasto. En cambio, en la época de seca la ausencia de precipitación fue el principal factor que limitó su crecimiento (Figura 1).

La menor tasa de crecimiento obtenida a 4 semanas, durante el periodo experimental, pudo deberse a la menor cantidad de hojas presentes después del corte y, en consecuencia, menor intercepción de luz y rebrote lento. Al respecto, se ha señalado que la tasa de crecimiento está limitada por el suministro de fotoasimilados, reservas de carbohidratos en la planta, número, tamaño y actividad de los meristemos (Pérez *et al.*, 2004). En este estudio, la máxima tasa de crecimiento coincidió con la mayor producción de hojas. Resultados similares fueron reportados por Pérez *et al.* (2004), quienes mencionaron que la tasa de crecimiento presentó un incremento gradual hasta llegar a un máximo. Otros autores señalaron que cuando las gramíneas son sometidas a cortes y/o pastoreos frecuentes, disminuyen las reservas de nutrimentos y reducen su tasa de crecimiento (Hirata y Pakiding, 2004; Candido *et al.*, 2006). En el presente estudio, los factores ambientales determinaron una marcada estacionalidad en las variables evaluadas, donde la menor tasa de crecimiento y rendimiento de forraje, durante la época de sequía se debió a la deficiencia hídrica, lo cual redujo el crecimiento aéreo de la planta; mientras que, durante la época de lluvias, con una mayor precipitación se favoreció el crecimiento.

Cuadro 3. Tasa de crecimiento, altura de planta y radiación interceptada en *Urochloa brizantha* cv. Insurgente, cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.

Frecuencia de corte (semanas)	Nortes	Sequía	Lluvias	Promedio anual
Tasa de crecimiento (kg MS ha ⁻¹ día ⁻¹)				
4	23 Bb	6 Cc	42 Ba	24 C
5	25 Bb	12 Bc	44 Aba	27 B
6	29 Ab	20 Ac	46 Aa	32 A
Promedio	26	13	44	
Altura (cm)				
4	24 Cb	19 Bc	43 Ba	29 C
5	26 Bb	22 Ac	44 Ba	31 B
6	29 Ab	24 Ac	53 Aa	35 A
Promedio	26	22	47	
Radiación interceptada (%)				
4	39 Cb	5 Cc	66 Aa	37 C
5	56 Ba	12 Bb	70 Aa	46 B
6	67 Aa	19 Ab	72 Aa	53 A
Promedio	54	12	69	

Letras diferentes mayúsculas, en la misma columna y minúsculas en la misma hilera, indican diferencias estadísticas entre tratamientos ($P < 0.05$).

Al inicio de la época de lluvias se registró la mayor tasa de crecimiento, la cual tendió a disminuir al finalizar el periodo de lluvias, con mayor grado para las frecuencias de corte de 5 y 6 semanas. Además, independientemente de la frecuencia de corte, durante septiembre-octubre la precipitación disminuyó debido a la presencia de la canícula, lo cual repercutió en la tasa de crecimiento (Figura 2).

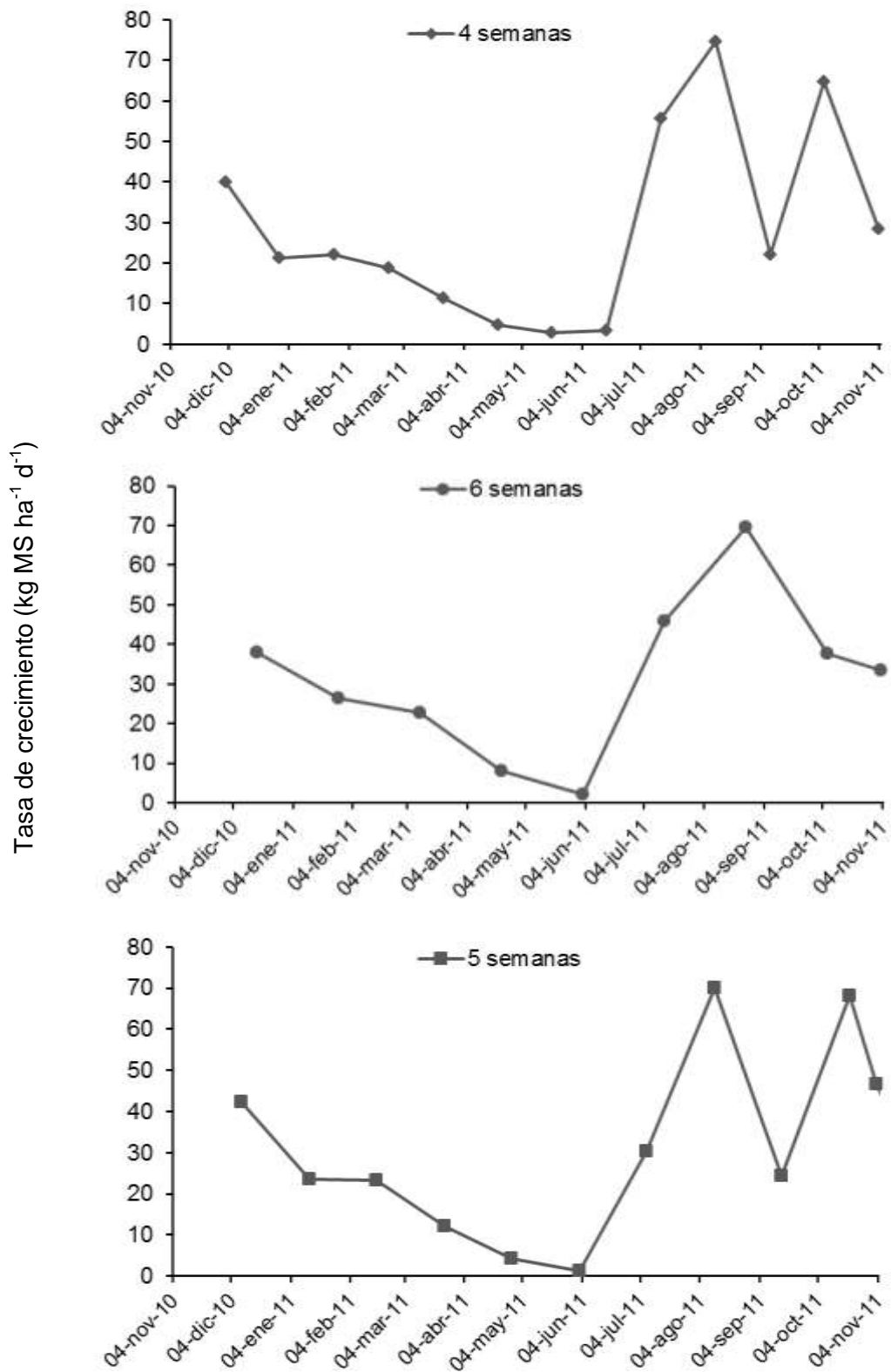


Figura 2. Tasa de crecimiento de *Urochloa brizantha* cv. Insurgente (kg MS ha⁻¹ día⁻¹), cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.

4.1.4. Altura de planta

La altura de la pradera fue diferente entre frecuencia de corte y épocas del año ($P < 0.01$). Conforme aumentó el intervalo de corte se incrementó la altura de planta. La altura en la época de lluvias fue mayor en 81 y 113 % a la de nortes y seca, respectivamente (Cuadro 3). Resultados similares fueron reportados por Machado *et al.* (2007), quienes encontraron que la altura de la pradera de pasto Marandu tuvo una relación lineal con el rendimiento de forraje. Para este mismo cultivar, se reportó que conforme se aumentó la asignación de forraje se incrementó la altura de la pradera hasta un punto máximo (Mesquita *et al.*, 2010; Casagrande *et al.*, 2011). Un comportamiento similar al anterior fue reportado por otros autores (Ramírez *et al.*, 2009), quienes al evaluar tres intervalos de corte (3, 5 y 7 semanas) en Mombaza, encontraron un incremento progresivo en altura de plantas y rendimiento estacional de forraje, conforme se aumentó el intervalo de corte, debido a mayor acumulación de tallos y material muerto. Sin embargo, en praderas de Tanzania no se observó relación entre la altura y tasa de acumulación de forraje (Canto *et al.*, 2001). La altura de la pradera y disponibilidad de materia seca son parámetros importantes porque facilitan la aprehensión del forraje y consumo por el animal en pastoreo (Alden y Whitaker, 1970).

4.1.5. Radiación interceptada

Se encontraron diferencias entre tratamientos para la variable radiación interceptada ($P < 0.01$) donde la mayor intercepción ($P < 0.05$) ocurrió en la frecuencia de 6 semanas, durante la época de lluvias, con promedio de 69 %. Los menores valores de intercepción de luz ocurrieron durante la época seca, con promedio de 12 % (Cuadro 3). Se ha indicado que las hojas del forraje residual después del corte de 15 cm, presentan menor eficiencia fotosintética y tienen baja capacidad de readaptarse a niveles más altos de luminosidad (Nabinger, 1997), lo que puede interferir en el proceso de rebrote. A pesar de que la altura de 15 cm después del corte o pastoreo, es la recomendada para Marandu (Trindade *et al.*, 2007), en el presente estudio, la

altura de corte a 15 cm pudo haber influido a que la mayoría de las praderas no hayan alcanzado 95 % de intercepción de luz.

4.1.6. Relaciones hoja:tallo y hoja:no hoja

Se encontró efecto de la interacción frecuencia de corte y época del año para la variable relación hoja:tallo ($P < 0.01$); los mayores valores se obtuvieron a 4 semanas y tendieron a disminuir conforme se incrementó el intervalo entre cortes. Sin embargo, se observó que la mayor relación hoja:tallo se obtuvo en la época seca, seguido por nortes y lluvias, con valores promedio de 60.2, 28.7 y 6.0, respectivamente (Cuadro 4). En la relación hoja:no hoja, el valor mayor promedio (20.1) ocurrió en la época de sequía. Resultados similares fueron reportados por otros autores (Ramírez *et al.*, 2009), quienes al evaluar tres intervalos de corte (3, 5 y 7 semanas) en Mombaza encontraron que al aumentar el intervalo de corte, se redujo la relación hoja:tallo y hoja:no hoja, condición que puede disminuir la eficiencia de utilización de la pradera. Sin embargo, al cortar cada tres semanas, obtuvieron un mayor rendimiento de hojas.

La mayor relación hoja:tallo y hoja:no hoja obtenidos durante la época seca, se debió, a que en situaciones de estrés hídrico, las plantas reducen el crecimiento de la parte aérea y, consecuentemente, el de tallos (Gerdes *et al.*, 2000; Ramirez *et al.*, 2009); además, la aparición de hojas es el último componente morfogénico de las plantas que es afectado por la falta de humedad (Nascimento y Adese, 2004). En cambio los valores menores de la relación hoja:tallo y hoja:no hoja, obtenidos en la época de lluvias, se atribuyen a la mayor cantidad de tallos y material muerto, ya que durante dicha época ocurrió la elongación de tallos y aparición de inflorescencias. Asimismo, el crecimiento acelerado ocasionó mayor acumulación de material muerto. Al respecto, se ha indicado que los pastos en la etapa reproductiva tienen mayor cantidad de tallos, en comparación a la etapa vegetativa; además, conforme aumenta la edad de rebrote se incrementa la proporción de tallos y material senescente y disminuye la formación de hojas, lo que ocasiona variaciones en la relación hoja:tallo

(Ramírez *et al.*, 2009). Al respecto, Sbrissia y Da Silva (2001) señalaron que la relación hoja:tallo varía con la especie forrajera, la cual es menor en especies de tallo pequeño y poca lignificación. Por tanto, esta variable puede ser utilizada como índice de valor nutritivo de los forrajes.

Cuadro 4. Cambios estacionales en la relación hoja:tallo y hoja:no hoja de *Urochloa brizantha* cv. Insurgente, cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.

Frecuencia de corte (semanas)	Nortes	Sequía	Lluvias	Promedio
Relación hoja:tallo				
4	33.3 Aa	71.6 Aa	7.9 Aa	37.6 A
5	24.7 Aa	54.5 Aa	6.0 Ba	28.4 A
6	28.2 Ab	54.6 Aa	4.1 Cc	28.9 A
Promedio	28.7 a	60.2 a	6.0 a	
Relación hoja:no hoja				
4	26.0 Aa	21.7 ABa	7.3 Ab	18.3 A
5	17.0 Bab	27.3 Aa	5.5 ABb	16.6 A
6	14.1 Ba	11.4 Ba	3.8 Bb	9.8 B
Promedio	19.0 a	20.1 a	5.5 b	

Letras diferentes mayúsculas, en la misma columna y minúsculas en la misma hilera, indican diferencias estadísticas entre tratamientos ($P < 0.05$).

En el presente estudio, se observó que independientemente de la frecuencia de corte y época del año, la relación hoja:tallo fue superior a lo reportado en otros estudios (Casagrande *et al.*, 2011), ya que se obtuvo en promedio una proporción del 90 % de hoja y, en consecuencia, poca cantidad de tallo y material muerto. Lo anterior pudo deberse a que al cortar a una altura de 15 cm, se cosechó mayor cantidad de hoja y menor proporción de tallos y material muerto. Resultados similares fueron reportados por otros autores (Cruz *et al.*, 2011), quienes al evaluar frecuencias e intensidades

de pastoreo en Mulato (*Brachiaria hibrido*) encontraron que si se considera el hábito de crecimiento amacollado, decumbente y estolonífero de éste pasto se pueden explicar las altas relaciones hoja:tallo y la falta de material senescente, debido a que se concentraron en los estratos inferiores de la pradera.

4.1.7. Dinámica de ahijamiento

4.1.7.1. Demografía de tallos

La Figura 3 muestra los cambios mensuales en densidad poblacional de tallos, el ciclo de vida de cada generación de tallos a través del tiempo y su contribución a la población total de tallos en los diferentes meses del año. Independientemente de la frecuencia de corte, de noviembre a marzo se observó un incremento constante en la densidad de tallos, seguida de una disminución en la aparición de tallos y un aumento en la muerte de los mismos (abril-junio). Con el inicio de las lluvias se presenta un pico en julio, seguido de una disminución de aparición en la canícula (agosto). Cabe resaltar que en la frecuencia de corte de 5 semanas, la máxima cantidad de tallos se presenta en el mes de octubre. Posteriormente la población de tallos tiende a mantenerse en todas las frecuencias.

4.1.7.2. Densidad, tasa de aparición y muerte de tallos

Se encontró efecto de la interacción frecuencia de corte y época de año para la variable densidad de tallos ($P < 0.05$), donde el valor mayor (3,101 tallos m^{-2}) se obtuvo en la frecuencia de corte de 4 semanas durante la época de lluvias (Cuadro 5). La ausencia de diferencia estadística de densidad de tallos, en época de nortes y sequía, puede explicarse porque las menores tasas de muerte de tallos fueron compensadas por mayores tasas de aparición y en todas las frecuencias de corte, en ambas épocas. La mayor cantidad de tallos registrada durante la época de lluvias, es consecuencia de mejores condiciones ambientales para el desarrollo y crecimiento de las plantas, principalmente la precipitación.

Se encontró interacción frecuencia de corte y época de año para la tasa de aparición de tallos ($P < 0.01$) y la mayor tasa de aparición de tallos ($33.3 \text{ tallos } 100 \text{ tallos}^{-1} \text{ mes}^{-1}$) se registró a las 6 semanas durante la época de lluvias. La tasa de aparición de tallos fue similar entre frecuencias de corte, durante la época de nortes, con $20 \text{ tallos } 100 \text{ tallos}^{-1} \text{ mes}^{-1}$. Mientras que en la época seca, la tasa de aparición de tallos fue baja, con $2 \text{ tallos } 100 \text{ tallos}^{-1} \text{ mes}^{-1}$ (Cuadro 5). La tasa similar de aparición de tallos durante la época de nortes, posiblemente se debió a que la baja temperatura y deficiencia hídrica, limitaron el crecimiento y desarrollo vegetal, lo que ocasionó la falta de respuesta de las frecuencias de corte evaluadas. En este estudio, la mayor tasa de aparición de tallos registrada con la frecuencia de corte de 6 semanas, puede deberse a que la mayor altura de planta, asociada al hábito de crecimiento semi-postrado de este pasto y distribución de plantas ($50 \times 50 \text{ cm}$) ocasionó apertura del dosel y mayor penetración de luz a la base del macollo, con la consecuente activación de yemas axilares y aparición de tallos (Ramírez, 2009).

Se encontró efecto de la interacción frecuencia de corte y época de año para la tasa de muerte de tallos ($P < 0.01$). Además, la mayor tasa de muerte de tallos ($28.1 \text{ tallos } 100 \text{ tallos}^{-1} \text{ mes}^{-1}$) se registró a las 6 semanas durante la época de lluvias. La tasa de muerte de tallos, durante este estudio fue 251 y 55 % mayor, durante las lluvias, con respecto a la época de nortes y seca, respectivamente. Estos resultados coinciden, en parte, con los de Marcelino *et al.* (2006) para esta misma especie, quienes al evaluar dos intensidades de defoliación (10 y 20 cm) y tres frecuencias de corte (aparición de 5, 7 y 9 hojas, después de cada defoliación), no encontraron diferencias de la frecuencia de corte en la densidad de tallos por efecto de la frecuencia de corte y con diferencias entre intensidades de defoliación.

La mayor tasa de muerte de tallos ocurrida con la frecuencia de corte a 6 semanas, se debió a que, con mayor cantidad de tallos y altura de los mismos, el número de meristemas apicales localizados arriba del nivel de defoliación también es mayor, lo que propicia mayor remoción de meristemas apicales y muerte de tallos al momento de la defoliación (Lemaire y Chapman, 1996; Cecato *et al.*, 2000; Costa *et al.*, 2007).

En cambio, las diferencias en tasa de muerte de tallos, entre épocas, se debieron a que este pasto presenta elevación rápida de meristemos apicales, durante las lluvias, en relación a la época de nortes y sequía (Gerdes *et al.*, 2000), lo que favoreció la tasa de muerte al momento de defoliación.

Cuadro 5. Densidad, tasa de aparición y muerte de tallos de *Urochloa brizantha* cv. Insurgente, cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.

Frecuencia de corte (semanas)	Nortes	Sequía	Lluvias	Promedio
Densidad de tallos (tallos m ⁻²)				
4	2,928 Aa	2,728 Ab	3,101 Aa	2,919 A
5	2,859 Aa	2,393 Ab	2,679 ABab	2,643 AB
6	2,731 Aa	2,433 Aa	2,451 Ba	2,538 B
Promedio	2,839	2,851	2,744	
Tasa de aparición de tallos (tallos 100 tallos ⁻¹ mes ⁻¹)				
4	20.6 Aa	1.2 Bc	19.4 Bb	13.8 B
5	18.4 Ab	1.8 ABc	29.4 Aa	16.5 AB
6	20.0 Ab	2.5 Ac	33.3 Aa	18.6 A
Promedio	20	2	27.4	
Tasa de muerte de tallos (tallos 100 tallos ⁻¹ mes ⁻¹)				
4	3.4 Ab	10.7 Ba	13.6 Ba	9.2 B
5	6.7 Ab	13.5 Aba	20.5 ABa	14.4 A
6	7.5 Ac	16.1 Ab	28.1 Aa	16.3 A
Promedio	5.9	13.4	20.7	

Letras diferentes, mayúsculas en la misma columna y minúsculas en la misma hilera, indican diferencias estadísticas entre tratamientos ($P < 0.05$).

Difante *et al.* (2008), al evaluar el pasto *U. brizantha* cv. Marandu, a dos alturas de corte (15 y 30 cm) y tres frecuencias de defoliación (aparición de 3, 4 y 5 hojas, después del corte), encontraron un comportamiento similar en la dinámica de ahijamiento, donde observaron menores tasas de aparición y muerte de tallos, durante la época de deficiencia hídrica y mayores tasas de muerte de tallos compensadas por mayores tasas de aparición, durante la época de lluvias. Este mismo efecto fue reportado para esta especie, bajo pastoreo continuo, por Sbrissia (2004) al evaluar cuatro alturas de pastoreo (10, 20, 30 y 40 cm) en diferentes épocas del año; con *Brachiaria decumbens* (Morais *et al.*, 2006) al comparar diferentes niveles de fertilización nitrogenada en tres periodos del año y en praderas de *Cynodon* spp. por Carvalho *et al.* (2000) al evaluar cuatro alturas de pastoreo (5, 10, 15 y 20 cm) en tres épocas del año.

En un estudio realizado en praderas de *U. brizantha* cv. Marandu, Portela *et al.* (2011) encontraron que con menor forraje residual después del pastoreo (altura de corte de 10 cm) y periodo de descanso hasta que el dosel llegó a 95 % de intercepción de luz hubo mayor tasa de aparición de tallos basales (TATb) y aparición de tallos aéreos y basales (TATab); además, encontraron que al final de la primavera, praderas manejadas a 5 cm tuvieron las mayores TATb y TATab y la pradera manejada a 10 cm y 100 % de intercepción de luz presentó una menor TATb. Esta respuesta en la transición entre el periodo seco y lluvioso, indica que al utilizar una estrategia de defoliación con 5 cm de altura después del pastoreo promueve mayor estímulo luminoso al desarrollar yemas basales, con mayor renovación en la población de tallos; mientras que durante el invierno, las praderas que son manejadas a mayor frecuencia de defoliación presentaran menor TATb.

Durante la primavera, el manejo debe asegurar que ocurran tasas altas de aparición de tallos, esenciales para mantener e incrementar la densidad poblacional de tallos durante el verano, otoño e invierno (Fagundes *et al.*, 2006). Asimismo, Giacomini *et al.* (2009) encontraron en praderas de *U. brizantha* cv. Marandu, manejadas con 95 % intercepción de luz, mayores tasas de aparición de tallos, en comparación con las

manejadas a 100 % intercepción de luz, especialmente al final de primavera y verano. Por tanto, en períodos con restricciones ambientales, la estrategia para mantener la perenidad y aumentar la productividad de la pradera es estimular el ahijamiento (Morais *et al.*, 2006; Giacomini *et al.*, 2009).

La demografía de tallos en el presente estudio (Figura 3) indican que, la densidad de tallos al final del estudio, fue mayor en praderas cosechadas con las frecuencias de corte de 5 semanas, en comparación con la de 4 y 6 semanas, como resultado de diferentes respuestas en la dinámica de ahijamiento, ocasionadas por las condiciones ambientales existentes durante las épocas, manejo y, probablemente, como un mecanismo de persistencia y, a la vez, colonización del área, por ser praderas nuevas con baja densidad de plantas. La mayor dinámica de ahijamiento ocurrida durante la época de lluvias, particularmente en el mes de julio, y fue resultado de mejores condiciones ambientales, principalmente precipitación, lo que favoreció el crecimiento y desarrollo de las plantas. De marzo a junio se presentó la menor aparición de tallos y la mayor muerte de estos.

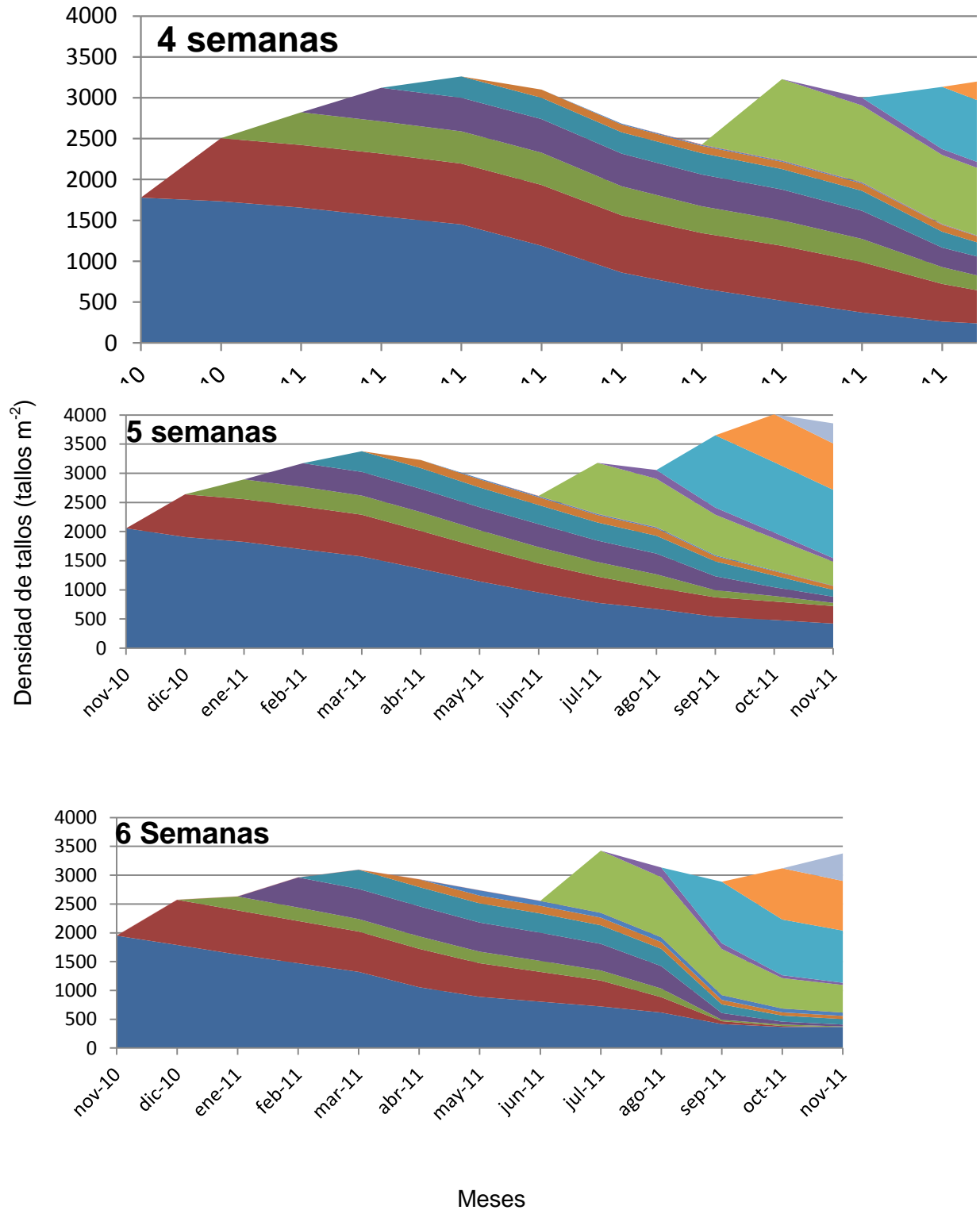


Figura 3. Cambios mensuales en la densidad de tallos de *Urochloa brizantha* cv. Insurgente (tallos m⁻²), cosechado a 4, 5 y 6 semanas, después del rebrote.

4.1.8. Flujo de tejido

4.1.8.1. Tasa de aparición de hojas y elongación de tallos

Se observó mayor tasa de aparición de hojas en la época de lluvias, en comparación con la época de nortes y sequía en la frecuencia de corte de 4 semanas. En la época de nortes, la tasa de aparición de hojas fue mayor en la frecuencia de corte de 5 semanas; mientras que en sequía, la tasa de aparición de hojas fue mínima. Durante las lluvias, las frecuencias de corte de 4 y 5 semanas presentaron 36 y 70 % mayor tasa de aparición de hojas, en comparación con la de 6 semanas. No existió diferencia significativa entre frecuencias de corte para la tasa de elongación de tallos, independientemente de la época del año. No obstante, las mayores tasas de elongación de tallos ocurrieron durante las lluvias, en comparación con la época de nortes y sequía. Durante la sequía, la tasa de elongación de tallos fue prácticamente nula (Cuadro 6).

Cuadro 6. Tasa de aparición de hojas y elongación de tallos de *Urochloa brizantha* cv. Insurgente, cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.

Frecuencia de corte (semanas)	Nortes	Sequía	Lluvias	Promedio
Tasa de aparición de hojas (hojas tallo ⁻¹ día ⁻¹)				
4	0.067 Bb	0.019 Ac	0.167 Aa	0.084 A
5	0.110 Aa	0.000 Bb	0.133 Aa	0.081 A
6	0.082 ABa	0.000 Bb	0.098 Ba	0.060 B
Promedio	0.086 b	0.006 c	0.133 a	
Tasa de elongación de tallos (mm tallo ⁻¹ día ⁻¹)				
4	1.200 Ab	0.400 Ab	5.420 Aa	2.340 A
5	2.700 Ab	0.000 Ab	4.784 Aa	2.495 A
6	1.800 Ab	0.000 Ab	3.572 Aa	1.791 A

Promedio	2.300 b	0.133 b	4.592 a
----------	---------	---------	---------

Letras diferentes, mayúsculas en la misma columna y minúsculas en la misma hilera, indican diferencias estadísticas entre tratamientos ($P < 0.05$).

Las variaciones en la tasa de aparición y elongación de hojas durante la época de sequía y nortes pudieron deberse a que cortes frecuentes permiten mayor recambio de tejido, lo que propicia el rebrote a partir de mayor cantidad de tallos jóvenes, los cuales presentan mayor tasa de aparición y elongación de hojas, en comparación con los tallos remanentes (Ferlin *et al.*, 2006); o bien, pudo deberse a que a medida que disminuyó la frecuencia de corte, aumentó la deficiencia hídrica, lo que se reflejó en menor capacidad de la planta para emitir y elongar hojas. La tasa de elongación de tallos con valores promedios de 2.30 y 0.13 mm tallo⁻¹ día⁻¹ para nortes y sequía, respectivamente ($P > 0.05$), indican que la deficiencia hídrica durante estas épocas propició menor tasa de recambio de tejido, lo cual impidió que se presentara efecto de la frecuencia de corte, principalmente, durante la sequía.

Durante la época de 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 disminuyó la frecuencia de corte de 4 a 6 semanas (Cuadro 6). Al respecto, se ha indicado que al aumentar el intervalo de defoliación durante el rebrote y crecimiento de la planta, la longitud de vainas foliares y tamaño del tallo, también se incrementa, presentándose mayor demora en la aparición de hojas en la parte superior del tallo (Duru y Ducrocq, 2000; Gomide y Gomide, 2000), lo que genera disminución en la tasa de aparición de hojas.

Durante la época de lluvias, la tasa de aparición de hojas disminuye conforme la planta crece, debido al incremento de las vainas foliares y mayor demora en el surgimiento de las hojas en la parte superior del tallo (Duru y Ducrocq, 2000; Gomide y Gomide, 2000). La mayor tasa de aparición de hojas registrada con la frecuencia de corte de 4 y 5 semanas, puede explicarse por la mayor tasa de elongación de tallos, lo que posiblemente, favoreció la elongación de entrenudos y elevación de meristemas apicales, lo que a su vez, reduce la distancia que la lámina foliar debe

recorrer a través del tallo y el tiempo de emergencia de las hojas de mayor nivel de inserción (Skinner y Nelson, 1995; Gomide y Gomide, 2000), y consecuentemente, incrementa la tasa de aparición y elongación de hojas.

La ausencia de diferencias significativas en la tasa de elongación de tallos durante las épocas del año, probablemente se debió a que las frecuencias de corte evaluadas fueron muy reducidas. Además, a que la acumulación de biomasa aérea (hojas y tallos) durante el periodo de rebrote, genera sombra en la base del macollo y las hojas en formación, deben ser colocadas en la parte superior del dosel (Woledge, 1978).

4.1.8.2 Tasas de elongación, senescencia y crecimiento neto foliar

La tasa de elongación foliar fue similar entre la época de lluvias y nortes con valores promedio de 41.01 y 39.52 mm tallo⁻¹ día⁻¹, respectivamente; mientras que la menor se registró en la época de sequía (5.25 mm tallo⁻¹ día⁻¹). Durante la época de nortes, las frecuencias de corte de 5 y 6 semanas fueron 57 y 71 % superiores a la de 4 semanas en tasa de elongación foliar. En la sequía, la mayor tasa de elongación se obtuvo en la frecuencia de 4 semanas; mientras que, durante las lluvias, no existió diferencia significativa entre frecuencias de corte (Cuadro 7).

La tasa de senescencia foliar fue mayor durante la época de nortes y lluvias en comparación a la sequía. En nortes, la tasa de senescencia fue similar entre las frecuencias de 5 y 6 semanas, pero mayores a la de 4 semanas. En la sequía se obtuvo la menor senescencia foliar mientras que, durante lluvias, no existieron diferencias significativas entre frecuencias de corte. La tasa de crecimiento neto foliar fue similar entre la época de nortes y lluvias, pero 947 y 976 % mayores, respectivamente a la época de sequía. No existió diferencia significativa para el crecimiento foliar entre frecuencias de corte en la época de nortes, mientras que durante la sequía la mayor tasa de crecimiento neto foliar se obtuvo en la frecuencia de corte de 4 semanas.

En un estudio con pasto *U. brizantha* cv. Insurgente y evaluando dos intensidades (10 y 20 cm) y tres intervalos de corte (aparición de 5, 7 y 9 hojas, después del corte), reportaron mayor tasa de aparición y elongación de hojas con el menor intervalo de corte, similar tasa de senescencia foliar entre intervalos de corte y mayor tasa de elongación de tallos con el mayor intervalo de corte; las diferencias en la aparición, elongación y senescencia foliar, se debieron a diferencias en la intensidad de defoliación, que proporcionaron mayor forraje residual para el rebrote de las plantas y a la amplitud del periodo de rebrote, que dependió de la aparición del número de hojas; lo que generó que el menor intervalo de corte tuviera mayor renovación de tejido con elevada cantidad de hojas y menor cantidad de tallo y material muerto (Marcelino *et al.*, 2006). En condiciones de pastoreo rotacional, Zeferino (2006) reportó mejor dinámica de recambio de tejido en los periodos más cálidos y lluviosos, con mayor tasa de elongación y acumulación de tallos, al aumentar el intervalo entre pastoreos; mientras que, en el menor intervalo entre pastoreos, encontró menor masa de forraje, con menores cantidades de tallo y material muerto, lo cual coincidió con este estudio.

Se ha indicado que las características morfogénicas están determinadas genéticamente; sin embargo, factores ambientales y manejo de las praderas, influyen la respuesta de las plantas; su estudio, permite comprender mejor el flujo de tejido foliar y la producción individual por tallo durante un período de rebrote (Nascimento *et al.*, 2002; Da Silva y Nascimento, 2007b). En el presente estudio, los factores ambientales determinaron marcada estacionalidad en las características evaluadas, con menores tasas de crecimiento y rendimientos durante la época de sequía, debido a que existieron condiciones crecientes de deficiencia hídrica conforme transcurrió esta época, lo que redujo el crecimiento de la parte aérea de la planta; mientras que, durante las lluvias, este proceso se revirtió debido a que existieron mejores condiciones de precipitación (Figura 1), lo que favoreció el crecimiento, y consecuentemente, se incrementó el recambio de tejido en las plantas.

Cuadro 7. Tasa de elongación, senescencia y crecimiento neto foliar de *Urochloa brizantha* cv. Insurgente, cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.

Frecuencia de corte (semanas)	Nortes	Sequía	Lluvias	Promedio
Tasa de elongación foliar (mm tallo ⁻¹ día ⁻¹)				
4	27.67 Ba	7.60 Ab	34.09 Aa	23.12 B
5	43.55 Aa	2.80 Bb	37.35 Aa	27.90 AB
6	47.33 Aa	5.36 ABb	51.58 Aa	34.76 A
Promedio	39.52 a	5.25 b	41.01 a	
Tasa de senescencia foliar (mm tallo ⁻¹ día ⁻¹)				
4	0.87 Bb	4.80 Aab	8.33 Aa	4.67 B
5	15.33 Aa	0.10 Bb	5.60 Ab	7.01 B
6	16.00 Aa	2.61 ABb	20.29 Aa	12.97 A
Promedio	10.73 a	2.50 b	11.41 a	
Tasa de crecimiento neto foliar (mm tallo ⁻¹ día ⁻¹)				
4	26.79 Aa	2.80 Ab	25.76 Aa	18.45 A
5	28.21 Aa	2.70 Bb	31.75 Aa	20.89 A
6	31.33 Aa	2.75 ABb	31.75 Aa	21.79 A
Promedio	28.78 a	2.75 b	29.60 a	

Letras diferentes, mayúsculas en la misma columna y minúsculas en la misma hilera, indican diferencias estadísticas entre tratamientos ($P < 0.05$).

Durante la sequía, la reducción en la tasa de aparición y elongación de hojas, puede explicarse por el periodo en que se realizaron las evaluaciones del flujo de tejido, ya que se ha indicado que las mayores frecuencias de corte proporcionan mayor remoción de tejido foliar y, consecuentemente, mayor producción de hoja, posiblemente debido al mayor número de cortes, lo que favorece la penetración de la luz en la base del dosel (Marcelino *et al.*, 2006) y la activación de yemas y formación de nuevas hojas; mientras que, menores frecuencias de corte, disminuyen la

cantidad de luz que llega a la base del macollo, debido a la sombra generada por las hojas y otras estructuras de la porción superior del dosel, lo que inhibe la actividad de yemas y disminuye la formación de hojas (Frank y Hofman, 1994; citado por Marcelino *et al.*, 2006).

En el presente estudio las evaluaciones de flujo de tejido, se realizaron durante el segundo periodo de rebrote de cada frecuencia de corte, es decir, de los 29 a 56, 36 a 70 y 43 a 84 días, durante la época de sequía, para las frecuencias de corte de 4, 5 y 6 semanas, respectivamente, lo que ocasionó condiciones limitantes para el crecimiento de las plantas, por la creciente deficiencia hídrica y, consecuentemente, redujo la capacidad de las plantas para formar nuevo tejido y promover crecimiento. Esta situación, también puede explicar la disminución en la tasa de elongación de tallos, a medida que la frecuencia de corte disminuyó de 4 a 6 semanas. La baja tasa de senescencia foliar, con valor promedio de $2.5 \text{ mm tallo}^{-1} \text{ día}^{-1}$, indica que la deficiencia hídrica propició menor dinámica de recambio de tejido foliar y prolongó la vida útil de las hojas, lo que impidió que se manifestara el efecto de la frecuencia de corte. El menor flujo de tejido foliar, con escasa senescencia foliar, ocasionó que la tasa de elongación y de crecimiento neto foliar, presentaran valores similares entre frecuencias de corte. Este comportamiento de las características morfogénicas sugiere que existe flexibilidad para determinar el intervalo de corte apropiado, en esta especie, hasta por seis semanas, sin ocasionar pérdidas de forraje por senescencia foliar, acumulación de tallo y material muerto, lo que favorece, la eficiencia en la producción de forraje, durante la época de sequía.

La tendencia en incremento en la tasa de senescencia foliar, a medida que la frecuencia de corte disminuyó, se atribuyó 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; esta condición se mantiene hasta que el tallo alcanza su número máximo de hojas vivas (verdes) y las primeras hojas cumplen su periodo de vida útil, comenzando el proceso de senescencia. Sin embargo, como las hojas son de menor tamaño, la tasa de elongación foliar es mayor que la tasa de senescencia. En esta

condición, 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 y en esa nueva condición la tasa de crecimiento neto foliar es decreciente y puede llegar a cero (Hodgson, 1990; Lemaire y Chapman, 1996). Las tasas de crecimiento neto foliar similares, durante las lluvias, se debieron al balance entre elongación y senescencia foliar, durante el período de rebrote para cada frecuencia de corte.

Acorde a los resultados del presente estudio, las frecuencias de corte de 4 y 5 semanas son apropiadas para controlar la senescencia foliar; mientras que, para el intervalo de 6 semanas, el mayor rendimiento de forraje, ocurrió a expensas de mayor acumulación de tallo y material muerto, debido a incrementos en el proceso de senescencia foliar; lo que sugiere, que el corte cada 4 semanas permite incrementar la eficiencia en la producción de forraje con alta proporción de hojas.

En general, los resultados indican que la acumulación de forraje en Insurgente, en condiciones de deficiencia hídrica, se caracteriza por acumulación de hojas de mayor vida útil, lo que permite bajos rendimientos de forraje, pero de buen valor nutritivo; mientras que, en condiciones apropiadas para el crecimiento vegetal, la acumulación de forraje, se ajusta al proceso de dos fases, descrito para plantas forrajeras tropicales; en el cual inicialmente, la acumulación de hojas es la principal característica, hasta que se estabiliza (cuando el dosel intercepta 95 % de la luz incidente y la aparición de nuevas hojas es compensada por la senescencia de las primeras hojas). Posterior a esta condición, la mayor acumulación de forraje, resulta básicamente de incrementos en la tasa de acumulación de tallos y de senescencia foliar (Da Silva y Nascimento, 2007b).

4.2. *Urochloa brizantha* cv. Toledo o Xaraes.

4.2.1. Rendimiento de forraje

El rendimiento de forraje en la pradera de pasto Toledo, durante las épocas de nortes, sequía, lluvias y total anual, se presenta en el Cuadro 8. Se observó interacción frecuencia de corte y época del año para rendimiento de forraje ($P < 0.01$); los mejores valores se obtuvieron a 5 y 6 semanas, durante la época de lluvias, con promedios de 6,489 y 6,538 kg MS ha⁻¹, respectivamente. Un comportamiento similar al anterior, se obtuvo en la época de nortes, donde cortes a 5 y 6 semanas presentaron los máximos rendimientos (3,320 y 3,577 kg MS ha⁻¹, respectivamente). El rendimiento anual de forraje del pasto Toledo, varió de 8,806 a 10,713 kg MS ha⁻¹ ($P < 0.05$) para las frecuencias de 4 y 6 semanas, respectivamente. La distribución promedio del rendimiento anual fue 33, 6 y 61 % para las épocas de nortes, sequía y lluvias, respectivamente. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Gerdes *et al.* (2000), Mari (2003) y Costa *et al.* (2005), quienes en Insurgente, bajo condiciones de corte y pastoreo, encontraron mayor producción de materia seca durante el periodo de lluvias. Estos autores también indicaron que el rendimiento de forraje incrementó conforme aumentó el periodo de rebrote. Sin embargo, los valores de rendimiento anual de forraje del pasto Toledo en el presente estudio, fueron inferiores a los reportados por Marí (2003), quien obtuvo rendimientos de 20.2 a 28.2 t MS ha⁻¹ año⁻¹, lo cual pudo deberse a la mayor densidad de siembra (8 kg ha⁻¹) utilizada y mayor precipitación durante el periodo de evaluación. Los resultados del presente estudio confirman que el estrés hídrico reduce la tasa de crecimiento y desarrollo de la parte aérea.

El mayor rendimiento de forraje de pasto *B. brizantha* cv. Toledo durante la época de lluvias, se atribuyó a buenas condiciones ambientales, principalmente, temperatura y precipitación, las cuales favorecieron el crecimiento vegetal. En cambio, durante la época de nortes y sequía, las bajas temperaturas y escasa precipitación limitaron el crecimiento y desarrollo vegetal. En la época de lluvias, el poco rendimiento de

forraje, en la frecuencia de 4 semanas, se debió al corto periodo de rebrote y, en consecuencia, a la menor tasa de crecimiento.

Cuadro 8. Cambios estacionales en el rendimiento de forraje (kg MS ha⁻¹) en *Urochloa brizantha* cv. Toledo, cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.

Frecuencia de corte (semanas)	Nortes	Sequía	Lluvias	Rendimiento anual
4	2,907 Bb	556 Ac	5,343 Ba	8,806 B
5	3,320 ABb	612 Ac	6,489 Aa	10,421 A
6	3,577 Ab	599 Ac	6,538 Aa	10,713 A
Promedio	3,268	589	6,123	

Letras diferentes, mayúsculas en la misma columna y minúsculas en la misma hilera, indican diferencias estadísticas entre tratamientos ($P < 0.05$).

La ausencia de diferencias estadísticas en rendimiento de forraje durante la época de lluvias, entre las frecuencias de 5 y 6 semanas, se explica por la tasa de crecimiento similar (Cuadro 10). Además, el mayor rendimiento de forraje obtenido a 6 semanas, no fue suficiente para generar diferencias significativas. Durante la época de lluvias, el incremento del rendimiento de forraje conforme aumentó la frecuencia de corte de 4 a 5 semanas, se debió a que la presencia de humedad en el suelo, generó tasas mayores de crecimiento y altura de plantas, ya que se considera que a mayor altura de plantas el peso de tallos es mayor (Ramírez, 2009).

4.2.2. Composición morfológica

La interacción frecuencia de corte y época del año fue significativa para los componentes morfológicos hoja, tallo y material muerto ($P < 0.01$). En la época de nortes el rendimiento de hoja obtenido con la frecuencia de 4 semanas fue 12 y 17 % menor a la de 5 y 6 semanas, respectivamente. Durante este periodo la contribución

de hoja al rendimiento de forraje fue 95, 94 y 93 % para las frecuencias de 4, 5 y 6 semanas, respectivamente. En la época de sequía no existieron diferencias significativas; sin embargo, el mayor porcentaje de hoja (99 %) se obtuvo en la frecuencia de 4 semanas. Durante las lluvias, la mayor proporción de hojas se obtuvo en la frecuencia de 4 semanas (87 %; Cuadro 9).

Cuadro 9. Rendimiento de los componentes morfológicos de *Urochloa brizantha* cv. Toledo (kg MS ha⁻¹), cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.

Frecuencia de corte (semanas)	Nortes	Sequía	Lluvias	Rendimiento anual
Hojas				
4	2,768 Bb	551 Ac	4,668 Ba	7,987 B
5	3,129 ABb	592 Ac	5,415 Aa	9,136 A
6	3,314 Ab	510 Ac	5,101 Aba	8,925 A
Promedio	3,070	551	5,061	
Tallos				
4	136 Ab	0 Bc	630 Ba	766 B
5	176 Ab	1 Bc	914 Aba	1,091 AB
6	192 Ab	8 Ab	1,067 Aa	1,266 A
Promedio	168	3	870	
Material muerto				
4	3 Bb	5 Bb	46 Ba	54 B
5	15 Bb	19 Bb	161 ABa	195 B
6	71 Ab	81 Ab	370 Aa	522 A
Promedio	30	35	192	

Letras diferentes, mayúsculas en la misma columna y minúsculas en la misma hilera, indican diferencias estadísticas entre tratamientos ($P < 0.05$).

Se encontró efecto de la interacción frecuencia de corte y época del año para la proporción de tallo ($P < 0.05$). En la época de nortes, el rendimiento de tallo al cortar cada 6 semanas fue 9 y 41 % mayor, en comparación a las cosechas de 5 y 4 semanas, respectivamente. En la época de sequía sólo existieron tallos en la frecuencia de 6 semanas. Durante las lluvias, el rendimiento de tallos se incrementó conforme aumento la frecuencia de corte. La acumulación de material muerto fue mayor en la época de lluvias, la cual se incrementó a medida que se aumentó la frecuencia de corte de 4 a 6 semanas. En cambio, durante la época de nortes y sequía se observó menor acumulación de material muerto, con valores similares en cada una de las frecuencias evaluadas (Cuadro 9). Los resultados encontrados en este estudio coinciden con los reportados por Flores *et al.* (2008), quienes observaron menor proporción de tallos y mayor cantidad de material muerto en praderas de pasto Xaraés cosechados a una altura de 15 cm bajo pastoreo continuo, en comparación a aquellas cosechadas a 40 cm, durante el verano. Dichos autores, señalaron que la mayor proporción de tallos en praderas cosechadas a 40 cm se debe a al mayor crecimiento de estos y estuvieron asociados con una mayor cantidad de material muerto. Por otro lado, Molan (2004) mencionó que los factores climáticos pueden influir en la composición morfológica de la pradera. La proporción de material muerto es marcadamente influenciada por los factores climáticos, pudiendo aumentar su proporción en situaciones de estrés de la planta.

La mayor contribución al rendimiento estacional de hojas, tallos y material muerto, durante la época de lluvias, se atribuyó a mejores condiciones de humedad y temperatura para el crecimiento y desarrollo vegetal, en comparación a la época de nortes y sequía. El comportamiento del rendimiento de los componentes morfológicos, en las frecuencias de corte evaluadas, coincide con el descrito para el pasto Xaraés por (Pedreira, 2006), en el que después de la defoliación, la acumulación de forraje durante el período de rebrote, se compone, principalmente, de hojas, llegando a un punto en que la producción de hoja se estabiliza, coincidiendo con la intercepción del 95 % de la luz, en este punto la aparición de nuevas hojas es compensada por la senescencia de hojas más viejas.

Posteriormente, ocurre una disminución del rendimiento de hojas y un aumento en la acumulación de tallo y material muerto. Este proceso, explica la menor proporción de hoja con la frecuencia de 4 semanas. La falta de diferencias entre frecuencias durante la época de sequía, es resultado del balance entre producción de nuevas hojas y la senescencia de las primeras, con mayor intensidad, en la frecuencia de 6 semanas, ocasionando mayor acumulación de material muerto.

La mayor proporción de componentes morfológicos a medida que la frecuencia aumentó de 4 a 6 semanas, durante la época de lluvias, se explicó por las mejores condiciones climáticas que existieron durante el crecimiento, lo que permitió mayor rendimiento de forraje después del corte. En el presente estudio se observó un alto porcentaje de hoja y menor proporción de tallos y material muerto en la masa de forraje. Lo anterior coincide con Pequeno (2010), quien señaló que la altura de corte entre 15 y 45 cm en praderas de pasto Xaraés produce rendimientos semejantes, sin embargo, praderas cosechadas a alturas bajas presentan mayor proporción de hojas y menor proporción de tallos en la masa del forraje.

4.2.3. Tasa de crecimiento

Se encontró efecto en la interacción frecuencia de corte y época del año para la variable tasa de crecimiento ($P < 0.01$). En la época de nortes, la tasa de crecimiento en la frecuencia de 4 semanas fue 13 y 26 % menor a la de 5 y 6 semanas, respectivamente. Durante la época de sequía, la tasa de crecimiento fue diferente entre frecuencias ($P < 0.05$), donde el mayor valor (18 kg de MS $\text{ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$) se obtuvo a las 6 semanas; mientras que, durante las lluvias, la mayor tasa de crecimiento (41 kg MS $\text{ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$) se registró a las 6 semanas valor que fue similar al obtenido a las 5 semanas (39 kg de MS $\text{ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$) (Cuadro 10). En esta especie, Costa *et al.* (2007), reportaron un incremento en la tasa de crecimiento al aumentar el intervalo entre defoliaciones (14, 21 y 28 días con tasas de crecimiento de 36, 49 y 92 kg MS $\text{ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$, respectivamente).

Las mayores tasas de crecimiento registradas durante la época de lluvias, se debió a mayor disponibilidad de humedad en el suelo. Mientras que el incremento de la tasa de crecimiento conforme se aumentó la frecuencia de corte indica que después del corte, las plantas tienen una fase de crecimiento lento, seguido de un crecimiento acelerado y finalmente una estabilización del crecimiento (Hodgson, 1990). En el presente estudio, la tasa de crecimiento similar entre las frecuencias de 5 y 6 semanas durante las lluvias, posiblemente se deba a mayor densidad de tallos, la cual se registró en la frecuencia de 5 semanas, lo que compensó el mayor peso de tallos cosechados cada 6 semanas.

Se observó que al inicio de la época de nortes en todas las frecuencias evaluadas, las tasas de crecimiento fueron altas posiblemente a consecuencia de la humedad residual del período de lluvias anterior. Sin embargo, conforme ésta avanzó, la tasa de crecimiento disminuyó como consecuencia de la falta de precipitación. Durante lluvias, se registró la mayor tasa de crecimiento, principalmente al inicio de la época y tendió a disminuir conforme avanzó el periodo de lluvias. Se ha mencionado que la tasa de crecimiento del forraje puede estar limitada por el suministro de fotoasimilados y las reservas de la planta, o bien por el número, tamaño y actividad de los meristemos (Perez *et al.*, 2004). La máxima tasa de crecimiento coincide con la máxima producción de hojas.

4.2.4. Altura de planta

La altura de planta fue diferente entre frecuencia de corte ($P < 0.05$), donde los mayores valores se obtuvieron en la época de lluvias en la frecuencia de 5 y 6 semanas, con promedios de 60 y 66 cm, respectivamente. La altura de plantas al aumentar el intervalo de corte y se debió a que conforme se aumentó la frecuencia de corte, se incrementó la tasa de crecimiento. Estos resultados coinciden con lo reportado por Gerdes *et al.* (2000) y Souza (2007), quienes señalaron que la mayor altura de planta, se registró durante las lluvias, la cual se incrementó conforme el intervalo entre pastoreos fue mayor. Al respecto se ha señalado que la materia seca

total se incrementa a medida que la altura de la pradera aumenta (Carloto *et al.*, 2011).

Cuadro 10. Tasa de crecimiento, altura de planta y radiación interceptada en *Urochloa brizantha* cv. Toledo, cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.

Frecuencia de corte (semanas)	Nortes	Sequía	Lluvias	Promedio anual
Tasa de crecimiento (kg MS ha ⁻¹ día ⁻¹)				
4	23 Bb	7 Cc	32 Ba	21 C
5	26 ABb	13 Bc	39 Aa	26 B
6	29 Ab	18 Ac	41 Aa	29 A
Promedio	26	13	37	
Altura (cm)				
4	35 Bb	26 Bc	57 Ba	39 B
5	43 Ab	29 ABc	60 ABa	44 A
6	41 Ab	31 Ac	66 Aa	46 A
Promedio	40	29	61	
Radiación interceptada (%)				
4	42 Cb	3 Cc	53 Ba	33 C
5	51 Ba	8 Bb	57 Ba	38 B
6	62 Ab	15 Ac	67 Aa	48 A
Promedio	52	9	59	

Letras diferentes, mayúsculas en la misma columna y minúsculas en la misma hilera, indican diferencias estadísticas entre tratamientos ($P < 0.05$).

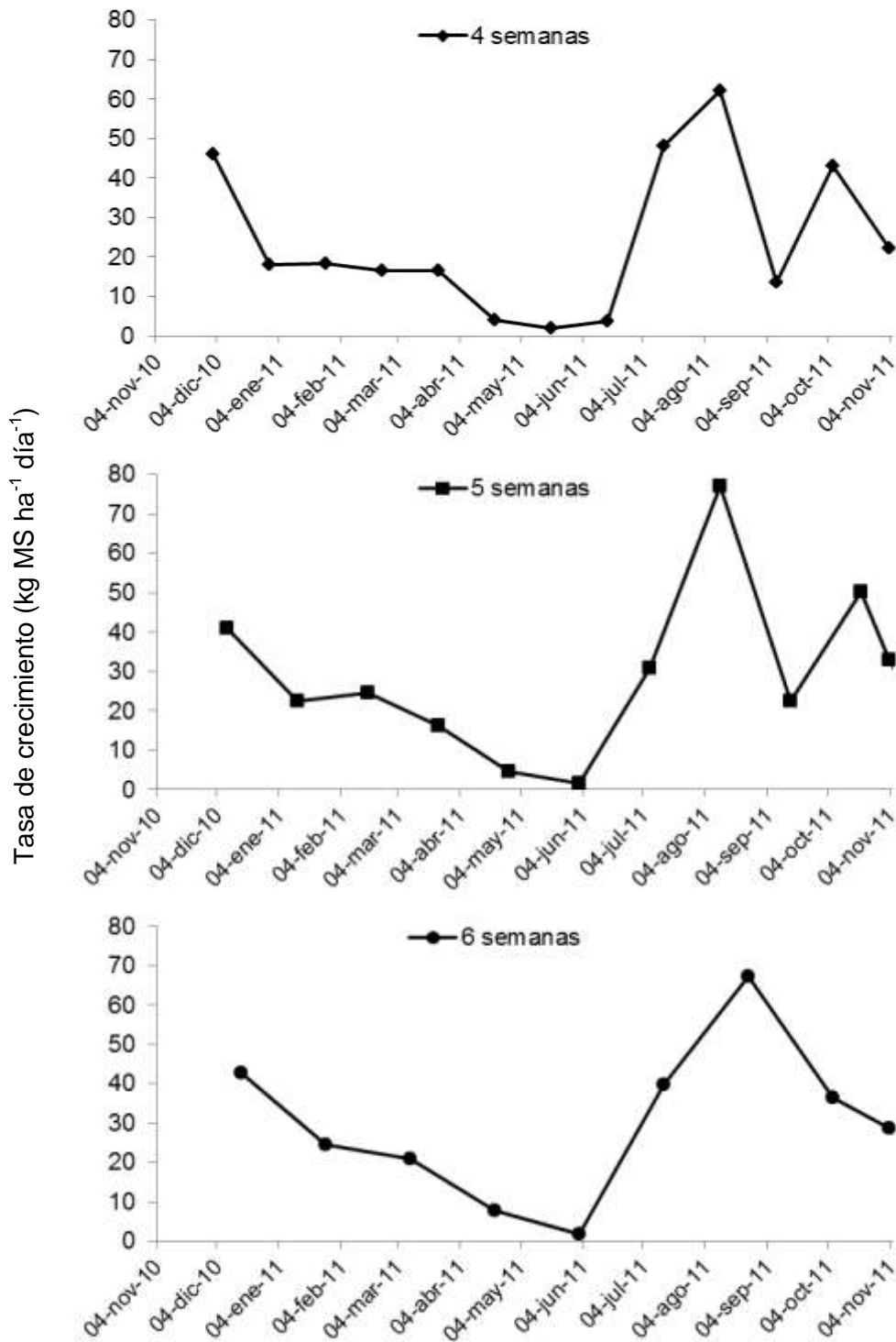


Figura 4. Tasa de crecimiento de *Urochloa brizantha* cv. Toledo (kg MS ha⁻¹ día⁻¹), cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.

4.2.5. Radiación interceptada

Se encontró efecto de la frecuencia de corte en la interceptación de luz ($P < 0.05$), donde la mayor radiación ocurrió al cosechar cada 6 semanas, independientemente de la época del año. Sin embargo, fue en la época de lluvias, cuando se obtuvo la mayor interceptación con 67 %; mientras que el menor ocurrió durante la época seca, con promedio de 33 %, en la frecuencia de 4 semanas (Cuadro 10). En el presente estudio se observó que las praderas no alcanzaron el 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 entre surcos y plantas, respectivamente), lo cual favoreció la penetración de luz solar a través del dosel vegetal y propició que las plantas requirieran mayor índice de área foliar, para interceptar mayor cantidad de luz.

4.2.6. Relación hoja:tallo y hoja:no hoja

No se observó interacción entre frecuencia de corte y época del año en la relación hoja:tallo ($P > 0.05$), pero el efecto fue significativo en la relación hoja:no hoja ($P < 0.01$). Las características estructurales y rendimiento de materia seca en especies forrajeras, son importantes para definir el manejo adecuado de las praderas. Al respecto, Pereira *et al.* (2012) observaron que Marandu mostró mayor proporción de hojas y mayor relación hoja:tallo en comparación con el cultivar Xaraés. En otro estudio, Pereira *et al.* (2010) encontraron que la masa de forraje de la pradera y densidad de forraje por macollo se incrementan durante otoño-invierno; mientras que en primavera aumenta la acumulación de material muerto en los estratos inferiores de la pradera y en consecuencia, disminuye la densidad de hojas y tallos por macollo.

La mayor relación hoja:tallo y hoja:no hoja, durante la época de sequía, se debió a que, en situaciones de estrés hídrico, se reduce el crecimiento de la parte aérea y, consecuentemente, el de tallos (Gerdes *et al.*, 2000). Sin embargo, la aparición de hojas es la última característica morfogénica que es afectada en tales condiciones

(Nascimento y Adese, 2004). La menor relación de hoja:tallo y hoja:no hoja, en los intervalos de 5 y 6 semanas se debieron a la mayor contribución de tallo y material muerto al rendimiento de forraje. Estos resultados coinciden con los de Molan (2004), Sbrissia (2004) y Sarmiento (2007), quienes en *Urochloa brizantha*, encontraron que las menores relaciones hoja:tallo y hoja:no hoja tasas se registraron durante las épocas de lluvias y las mayores cuando hubo déficit hídrico.

Cuadro 11. Cambios estacionales en la relación hoja:tallo y hoja:no hoja de *Urochloa brizantha* cv. Toledo, cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.

Frecuencia de corte (semanas)	Nortes	Sequía	Lluvias	Promedio
Relación hoja:tallo				
4	21.5 Aa	&	7.5 Ab	9.7 A
5	18.2 Aa	171.0 Aa	6.0 ABa	65.1 A
6	17.5 Ab	71.6 Aa	5.0 Bb	31.4 A
Promedio	19.1	80.9	6.2	
Relación hoja:no hoja				
4	20.8 Ab	151.6 Aa	7.0 Ab	59.8 A
5	16.8 ABb	38.0 Ba	5.1 Bb	20.0 B
6	12.8 Ba	7.7 Bab	3.6 Cb	8.0 B
Promedio	16.8	65.8	5.2	

Letras diferentes, mayúsculas en la misma columna y minúsculas en la misma hilera, indican diferencias estadísticas entre tratamientos ($P < 0.05$).

& = 100 % hoja

La relación hoja:no hoja fue mayor en la frecuencia de 4 semanas, en comparación a 5 y 6 semanas (Cuadro 11). Los mayores valores de hoja:tallo y hoja:no hoja se presentaron durante la época de seca y, en la frecuencia de 4 semanas (100 % fue hoja). Los resultados del presente estudio coinciden con lo reportado por Gerdes *et*

al. (2000) y Mari (2003) quienes reportaron que la mayor relación hoja:tallo se registró durante la sequía en el menor intervalo de corte.

Se ha indicado que la intensidad de pastoreo modifica en forma significativa la estructura del dosel (Carloto *et al.*, 2011). Por ejemplo, en pasto Xaraés (*Urochloa brizantha* cv. Xaraés) Carloto *et al.* (2011) al evaluar su estructura, bajo pastoreo continuo y alturas de pastoreo a 15, 30 y 45 cm, durante el periodo de lluvias, encontraron que a 15 cm se obtuvo el mayor porcentaje de hoja y el menor de tallo, dando como resultado menor relación hoja:tallo. Estos autores señalaron que la relación hoja:no hoja disminuyó a medida que aumentó la altura de la pradera. La alta acumulación de material muerto y baja relación hoja:no hoja, generalmente se presenta en praderas de especies de *Brachiaria* en pastoreo continuo.

4.2.7. Dinámica de ahijamiento

4.2.7.1. Demografía de tallos

La Figura 5 muestra los cambios mensuales en densidad poblacional de tallos, el ciclo de vida de cada generación de tallos a través del tiempo y su contribución a la población total de tallos en los diferentes meses del año. Independientemente de la frecuencia de corte, de noviembre a febrero se observó un incremento constante en la densidad de tallos, seguida de una disminución en la aparición de tallos y un aumento en la muerte de los mismos (marzo-junio). Con el inicio de las lluvias se presenta un pico en julio, seguido de una mínima aparición en la canícula (agosto). Posteriormente la población de tallos tiende a mantenerse.

4.2.7.2. Densidad, tasas de aparición y muerte de tallos

No se encontró interacción frecuencia de corte y época para la variable densidad de tallos (Cuadro 12). Sin embargo, el efecto fue significativo en los factores principales frecuencia de corte y época del año ($P < 0.01$). En la época de lluvias, la mayor densidad de tallos se obtuvo en la frecuencia de 4 semanas (2,780 tallos m^{-2}), valor que fue similar ($P > 0.05$) al registrado a 5 semanas (2,479 tallos m^{-2}), pero diferente y superior al obtenido a las 6 semanas (1,699 tallos m^{-2} ; Cuadro 12).

Se observó interacción entre frecuencia de corte y época del año ($P < 0.01$), efecto de frecuencia de corte y época para la tasa de aparición de tallos (Cuadro 12). La mayor tasa de aparición de tallos ocurrió durante la época de lluvias, en comparación con nortes y sequía. Durante la época de nortes, la tasa de aparición de tallos fue similar entre frecuencias con 21 tallos 100 tallos $^{-1}$ mes $^{-1}$; sin embargo, en la época de sequía, la tasa de aparición fue baja, con 2 tallos 100 tallos $^{-1}$ mes $^{-1}$; mientras que, durante las lluvias, el mayor valor se obtuvo a las 5 semanas, con 33.2 tallos 100 tallos mes $^{-1}$, y fue similar a la obtenida a 6 semanas (29.1 tallos 100 tallos mes $^{-1}$) pero diferente y superior al registrado a 4 semanas (11.6 tallos 100 tallos mes $^{-1}$; Cuadro 12).

Se encontró interacción entre frecuencia de corte y época del año, efecto de frecuencia de corte y época para la tasa de muerte de tallos ($P < 0.01$; Cuadro 12). La mayor tasa de muerte de tallos ocurrió durante la época de lluvias, donde hubo 130 y 133 % más tallos muertos en comparación con nortes y seca, respectivamente. La mayor tasa de aparición y muerte de tallos, registrada durante la época de lluvias, es consecuencia de las condiciones ambientales, sobre todo la precipitación y temperatura, los cuales influyeron en el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Cuadro 12. Densidad, tasa de aparición y muerte de tallos de *Urochloa brizantha* cv. Toledo, cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.

Frecuencia de corte (semanas)	Nortes	Sequía	Lluvias	Promedio
Densidad de tallos (tallos m ⁻²)				
4	2,833 Aa	2,618 Ab	2,780 Aab	2,744 A
5	2,546 ABa	2,054 Ab	2,479 Aab	2,359 AB
6	2,053 Ba	1,793 Aa	1,699 Ba	1,848 B
Promedio	2,477	2,155	2,319	
Tasa de aparición de tallos (tallos 100 tallos ⁻¹ mes ⁻¹)				
4	22.1 Aa	1.3 Ac	11.6 Bb	11.7 B
5	22.8 Ab	1.5 Ac	33.2 Aa	19.2 A
6	18.6 Aa	2.3 Ab	29.1 Aa	16.6 AB
Promedio	21.2	1.7	24.6	
Tasa de muerte de tallos (tallos 100 tallos ⁻¹ mes ⁻¹)				
4	8.9 Aa	4.0 Bb	8.6 Ba	7.2 B
5	8.8 Ab	9.3 Ab	24.2 Aa	14.1 A
6	5.9 Ab	10.3 Ab	21.7 Aa	12.7 A
Promedio	7.9	7.8	18.2	

Letras diferentes, mayúsculas en la misma columna y minúsculas en la misma hilera, indican diferencias estadísticas entre tratamientos ($P < 0.05$).

Durante la época de nortes, la tasa similar de aparición de tallos en las frecuencias evaluadas, posiblemente se debió a que la deficiencia hídrica y baja temperatura, limitó el crecimiento y desarrollo de las plantas. En este estudio, la tasa mayor de aparición de tallos registrada en las frecuencias de 5 y 6 semanas, pudo ser por la mayor altura de plantas, asociado a la distribución espacial de plantas, 50 x 50 cm entre líneas y plantas, respectivamente, favoreciendo mayor apertura del dosel y penetración de luz a la base del macollo y, en la consecuencia, mayor activación de yemas basales y axilares, principalmente durante las lluvias.

La menor tasa de muerte de tallos, en las épocas de nortes y sequía, en comparación con la de lluvias, se atribuyó a que este pasto presenta elevación rápida de meristemas apicales, durante las lluvias (Gerdes *et al.*, 2000), lo que ocasionó mayor tasa de muerte al momento de la defoliación. La mayor tasa de muerte de tallos ocurrida en la frecuencia de 6 semanas, se debió a que la mayor altura de la planta ocasiono que los nuevos tallos fuesen sombreados por las hojas presentes en los estratos superiores ocasionando su muerte, al no poder competir por luz y poder fotosintetizar. Además, la cantidad de meristemas apicales localizados arriba del nivel de defoliación es mayor (Lemaire y Chapman, 1996), lo que ocasiona mayor remoción de meristemas apicales y, en consecuencia, la muerte de tallos (Cecato *et al.*, 2000; Costa *et al.*, 2007).

La Figura 5 muestra la demografía de tallos. Independientemente de la frecuencia de corte, se observó incremento progresivo en densidad de tallos, de noviembre a marzo (Figura 5); mientras que de marzo a junio, se registró disminución progresiva en densidad de tallos, probablemente debida a las condiciones de sequia registradas durante ese periodo. Una vez reestablecidas las lluvias se presento un pico en julio y una minima aparición en agosto, asociada con un incremento en la muerte de tallos. La densidad de tallos al final del estudio, fue mayor en praderas cosechadas con frecuencia de corte de 5 semanas, en comparación a la de 4 y 6 semanas, como resultado de diferentes respuestas en la dinámica de ahijamiento vegetal, ocasionadas por el manejo y las condiciones ambientales existentes durante las épocas de evaluación.

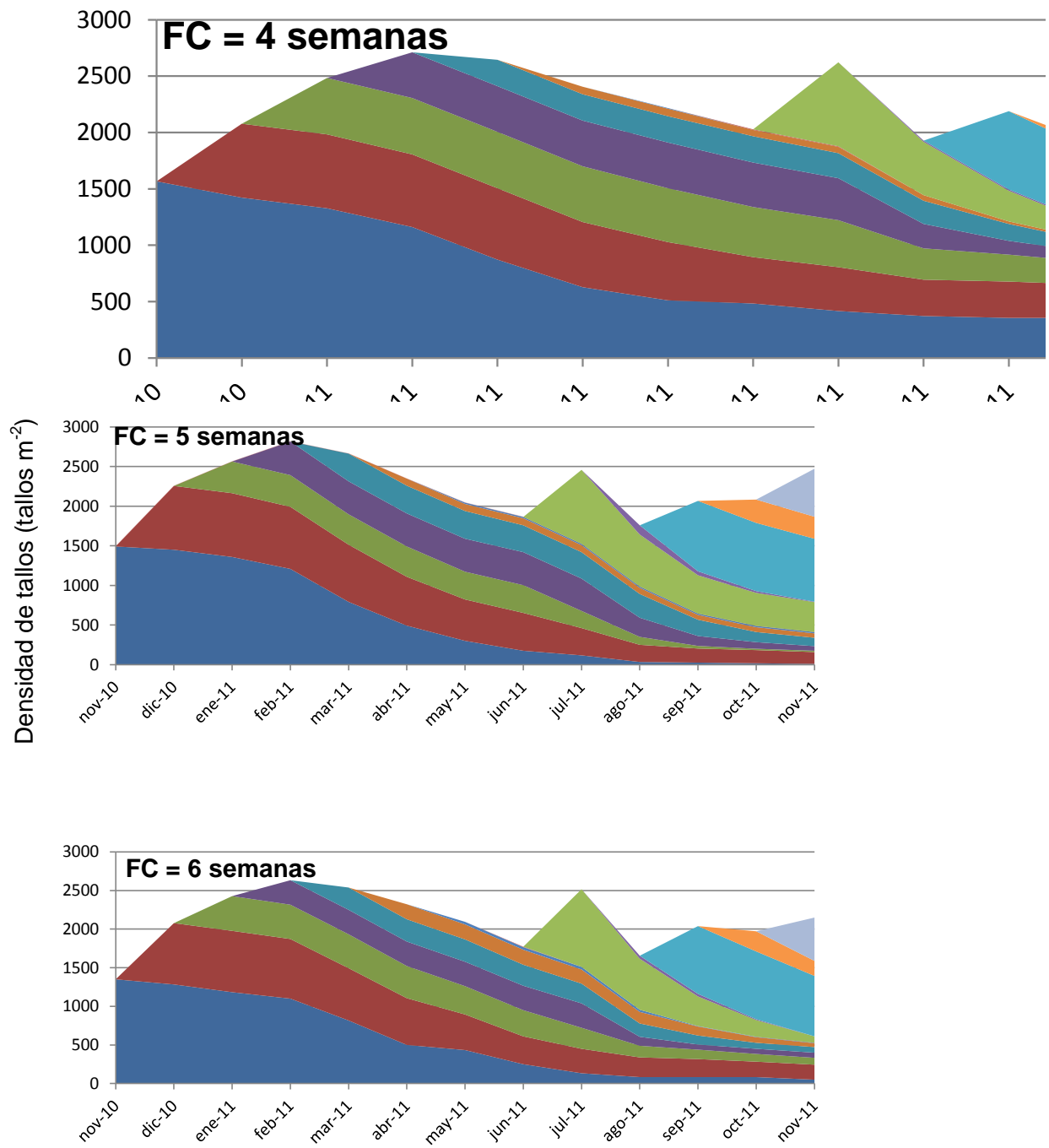


Figura 5. Cambios mensuales en la densidad de tallos de *Urochloa brizantha* cv. Toledo (tallos m⁻²), cosechado a 4, 5 y 6 semanas, después del rebrote.

4.2.8. Flujo de tejido

4.2.8.1. Tasas de aparición de hojas y elongación de tallos

Se encontró efecto de la interacción frecuencia de corte y época del año en la tasa de aparición de hojas (Cuadro 13), donde el mayor valor se presentó al cosechar cada 5 semanas durante las lluvias, con un promedio de 0.252 hojas tallo⁻¹ día⁻¹. Durante la época de nortes no existieron diferencias significativas ($P>0.05$) entre frecuencias de corte; en la sequía, la tasa de aparición de hojas fue nula; mientras que, durante las lluvias, la frecuencia de corte de 4 y 5 semanas superaron en 49 y 107 % a la 6 semanas. No existieron diferencias significativas entre frecuencias de corte para la tasa de elongación de tallos, en las diferentes épocas del año. Sin embargo, la tasa mayor de elongación de tallos ocurrió durante la época de lluvias, con un promedio de 7.0 mm tallo⁻¹ día⁻¹. Durante la sequía, la tasa de elongación de tallos fue nula (Cuadro 13).

Se observó que en la época de lluvias es el periodo de floración del pasto Toledo, cuando la elongación de tallos se acelera. Sin embargo, esto se reflejó en una reducción en materia seca total de tallo con las densidades altas en esta estación (Pereira *et al.*, 2012). En general, los tallos jóvenes presentan mayores tasas de crecimiento, caracterizadas por altas tasas de aparición y elongación de hoja, en relación con los tallos maduros y viejos. De acuerdo con Barbosa *et al.* (2012) los tallos jóvenes también presentan mayor longitud de hoja y número de hojas vivas que los tallos maduros y viejos.

Cuadro 13. Tasa de aparición de hojas y elongación de tallos de *Urochloa brizantha* cv. Toledo, cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.

Frecuencia de corte (semanas)	Nortes	Sequía	Lluvias	Promedio
Tasa de aparición de hojas (hojas tallo ⁻¹ día ⁻¹)				

4	0.092 Ab	0.000 Ac	0.182 Aa	0.091 AB
5	0.126 Ab	0.000 Ac	0.252 Aa	0.126 A
6	0.102 Aa	0.000 Ab	0.122 Ba	0.075 B
Promedio	0.107 b	0.000 c	0.185 a	
Tasa de elongación de tallos (mm tallo ⁻¹ día ⁻¹)				
4	1.220 Ab	0.000 Ab	6.210 Aa	2.477 A
5	2.982 Ab	0.000 Ab	8.090 Aa	3.691 A
6	1.590 Ab	0.000 Ab	6.772 Aa	2.787 A
Promedio	1.931 b	0.000 b	7.024 a	

Letras diferentes, mayúsculas en la misma columna y minúsculas en la misma hilera, indican diferencias estadísticas entre tratamientos ($P < 0.05$).

En este estudio, los factores ambientales tales como temperatura y precipitación determinaron la estacionalidad de la producción del forraje con tasas menores de crecimiento y rendimientos durante la época de sequía, debido al incremento de deficiencia hídrica conforme transcurrió la época, lo cual redujo el crecimiento aéreo de la planta; mientras que, durante las lluvias hubo mayor crecimiento, con el consecuente incremento en recambio de tejido vegetal (Da Silva y Nascimento, 2007).

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 la acumulación de tallos y senescencia foliar (Da Silva y Nascimento, 2007).

4.2.8.2 Tasas de elongación, senescencia y crecimiento neto foliar

Se encontró efecto de la interacción frecuencia de corte y época del año para la variable tasa de elongación foliar (Cuadro 14), donde el mayor valor (92.93 mm tallo⁻¹

día⁻¹) se obtuvo en la frecuencia de 6 semanas durante la época de lluvias. En esta época, la tasa de elongación foliar promedio fue 75 y 831 % mayor en comparación a la de nortes y sequía, respectivamente. En la época de nortes no existieron diferencias estadísticas en elongación foliar, mientras que en la sequía, la mayor la tasa de elongación se obtuvo en la frecuencia de 4 semanas; con un valor de 15.08 mm tallo⁻¹ día⁻¹ (Cuadro 14).

La tasa de senescencia foliar fue mayor durante la época de lluvias en comparación a la de nortes y sequía. En nortes, la tasa de senescencia fue similar entre las frecuencias de corte evaluadas. En la sequía, la mayor senescencia foliar se obtuvo a las 4 semanas. Durante las lluvias, la mayor tasa de senescencia foliar se obtuvo a las 6 semanas ($P>0.05$). La tasa de crecimiento neto foliar durante la época de lluvias fue 37 y 96 % mayor en comparación a la de nortes y sequía, respectivamente ($P>0.05$). En la época de nortes, la mayor tasa de crecimiento se obtuvo a las 6 semanas, con valor de 41.16 mm tallo⁻¹ día⁻¹. En la sequía, la mayor tasa de crecimiento neto foliar se obtuvo en la frecuencia de corte de 4 semanas. No existió diferencia significativa para el crecimiento neto foliar entre frecuencias de corte en la época de lluvias (Cuadro 14).

Cuadro 14. Tasa de elongación, senescencia y crecimiento neto foliar de *Urochloa brizantha* cv. Toledo, cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.

Frecuencia de corte (semanas)	Nortes	Sequía	Lluvias	Promedio
Tasa de elongación foliar (mm tallo ⁻¹ día ⁻¹)				
4	35.23 Ab	15.08 Ac	53.75 Ba	34.36 B
5	38.53 Ab	3.00 Cc	63.93 ABa	35.23 B
6	47.31 Ab	5.53 Bc	92.93 Aa	48.62 A
Promedio	40.16 b	7.54 c	70.22 a	
Tasa de senescencia foliar (mm tallo ⁻¹ día ⁻¹)				

4	2.53 Ab	9.94 Aa	3.07 Bb	5.18 B
5	6.25 Aa	2.11 Ba	7.91 Ba	5.44 B
6	6.27 Ab	4.16 Bb	30.90 Aa	13.95 A
Promedio	5.12 b	5.40 b	13.96 a	
Tasa de crecimiento neto foliar (mm tallo ⁻¹ día ⁻¹)				
4	32.72 Ba	4.14 Ab	50.68 Aa	29.18 B
5	32.36 Bb	1.00 Bc	56.02 Aa	29.81 AB
6	41.16 Aa	1.37 Bb	62.03 Aa	34.71 A
Promedio	35.22 b	2.14 c	56.24 a	

Letras diferentes, mayúsculas en la misma columna y minúsculas en la misma hilera, indican diferencias estadísticas entre tratamientos ($P < 0.05$).

Estos resultados concuerdan con los reportados por Marcelino *et al.* (2006) quienes en pasto Insurgente al evaluar dos intensidades (10 y 20 cm) y tres frecuencias de corte (aparición de 5, 7 y 9 hojas, después del corte), encontraron mayor tasa de aparición y elongación de hojas con la menor frecuencia de corte, una tasa similar de senescencia foliar entre frecuencia de corte y mayor tasa de elongación de tallos con la mayor frecuencia de corte. Las diferencias en la aparición, elongación y senescencia foliar, la atribuyeron a diferencias en intensidad de defoliación, las cuales proporcionaron mayor forraje residual para el rebrote de las plantas y a la amplitud del periodo de rebrote, que dependió de la aparición del número de hojas, lo cual generó que el intervalo menor de corte, presentara mayor renovación de tejido con elevada cantidad de hojas y menor cantidad de tallo y material muerto. En otro estudio, Zeferino (2006) en pasto Insurgente bajo pastoreo rotacional, reportó mayor dinámica de recambio de tejido en los periodos cálidos y lluviosos, con mayor tasa de elongación y acumulación de tallos, con el mayor intervalo entre pastoreos; mientras que, el menor intervalo, presentó menor masa de forraje, con menores cantidades de tallo y material muerto.

Existen trabajos en Brasil en invernadero con pasto Mombaza (*Megathyrsus maximus* Jacq. cv. Mombaza; Garcez Neto *et al.*, 2002) y *Urochloa brizantha* cv.

Marandu (Hochst ex A. Rich; Alexandrino *et al.*, 2000), que demuestran la dinámica sobre la tasa de aparición foliar (TApF). Zeferino (2006), al evaluar la morfogénesis del pasto Marandu, encontró que los tratamientos de 95 % de IL mostraron los mayores valores de TApF, lo que es coherente y es un factor que predispone la mayor densidad poblacional de tallos (DPT) registrada. Asimismo, los mayores valores de TApF e incidencia de luz en la base del dosel, son estimuladores del ahijamiento.

Por otro lado, Ramírez (2009) encontró interacción entre intervalo de corte*época para la tasa de elongación foliar ($P=0.0003$), senescencia foliar ($P<0.0001$) y crecimiento neto foliar ($P=0.0074$) en pasto Insurgente. La tasa de elongación foliar fue mayor durante las lluvias, excepto para el intervalo de corte de 3 semanas, que fue semejante en ambas épocas. Durante la sequía, la tasa de elongación disminuyó a medida que el intervalo de corte aumentó de 3 a 7 semanas; mientras que, durante lluvias, los intervalos de corte de 5 y 7 semanas fueron similares entre sí, pero presentaron 37 y 58 % mayor tasa de elongación foliar, respectivamente, en comparación con el intervalo de corte de 3 semanas.

4.3. *Megathyrsus maximus* cv. Mombaza

4.3.1. Rendimiento de forraje

El rendimiento estacional y anual de forraje del pasto Mombaza, se presentan en el Cuadro 15. Se observó efecto de la interacción frecuencia de corte por época del año en rendimiento de forraje ($P<0.01$), donde el mayor valor (6,764 kg MS ha⁻¹) se obtuvo en la frecuencia de 6 semanas durante la época de lluvias. El mayor rendimiento anual se presentó al cosechar cada 6 semanas (11,237 kg MS ha⁻¹). La distribución estacional del rendimiento anual de forraje fue de 62, 33 y 5 % para lluvias, nortes y seca, respectivamente. Independientemente de la época del año, el mayor rendimiento de forraje se presentó al cosechar cada 6 semanas ($P<0.05$). Lo anterior se puede atribuir al mayor aporte de tallo y material muerto, ya que conforme

aumenta la edad de la planta hay incremento en estos componentes estructurales (Ramírez *et al.*, 2010).

El mayor rendimiento de forraje, durante lluvias se atribuyó a las condiciones ambientales óptimas; mientras que el menor rendimiento estacional y anual registrado en la frecuencia de 4 semanas se pudo deber a que la planta no alcanzó a interceptar la mayor cantidad de radiación incidente, debido al corto intervalo entre cortes, por lo que no logró alcanzar la fase de crecimiento acelerado (Hodgson, 1990). Resultados similares fueron reportados bajo condiciones de corte (Adese, 2006) y pastoreo (Santos *et al.*, 1999; Carnevalli, 2003; Cândido *et al.*, 2005) para esta especie, al registrar el mayor rendimiento durante el período de lluvias, el cual se incrementó conforme aumentó el período de rebrote.

Cuadro 15. Cambios estacionales en el rendimiento de forraje (kg MS ha⁻¹) en *Megathyrus maximus* cv. Mombaza, cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.

Frecuencia de corte (semanas)	Nortes	Sequía	Lluvias	Rendimiento anual
4	3,314 Bb	439 Bc	5,580 Ba	9,333 B
5	2,861 Cb	463 Bc	6,382 Aa	9,706 B
6	3,743 Ab	730 Ac	6,764 Aa	11,237 A
Promedio	3,306	544	6,242	

Letras diferentes, mayúsculas en la misma columna y minúsculas en la misma hilera, indican diferencias estadísticas entre tratamientos ($P < 0.05$).

4.3.2. Composición morfológica

Se encontró efecto de la interacción frecuencia de corte y época para rendimiento de hojas, tallos y material muerto ($P < 0.01$). A excepción de la época de nortes, todos los componentes estructurales fueron mayores al aumentar el intervalo de corte de 4 a 6

semanas. De igual forma, el mayor aporte al rendimiento de forraje se presentó durante la época de lluvias, seguido por nortes y sequía, respectivamente. En promedio, la aportación de la hoja al rendimiento anual de forraje representó 88 % (Cuadro 16).

El rendimiento mayor de tallos se registró durante la época lluvias en la frecuencia de 6 semanas, con 1,024 kg MS ha⁻¹. El rendimiento mayor de material muerto se registró durante lluvias, con 100 kg MS ha⁻¹.

El rendimiento de hoja, tallo y material muerto, durante la época de lluvias, fue resultado de mejores condiciones ambientales, las cuales propiciaron mejor crecimiento vegetal, con respecto a nortes y sequía. En el presente estudio se observó que la respuesta de las plantas a la frecuencia de defoliación, estuvo dentro del patrón de acumulación de forraje para pastos tropicales. Dicha acumulación es un proceso en el que inicialmente se caracteriza por la producción de hojas hasta llegar a la estabilización, donde intercepta el 95 % de la luz. Posteriormente la aparición de nuevas hojas es compensada por la senescencia de las primeras hojas maduras (Da Silva y Nascimento, 2007b). Por tanto, el mayor rendimiento de forraje, resulta básicamente del incremento en la acumulación de tallos y senescencia foliar.

Cuadro 16. Rendimiento de los componentes morfológicos de *Megathyrsus maximus* cv. Mombaza (kg MS ha⁻¹), cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.

Frecuencias de corte (semanas)	Nortes	Sequía	Lluvias	Rendimiento anual
	Hojas			
4	3,304 Ab	407 Bc	4,880 Ba	8,591 B
5	2,841 Bb	447 Bc	5,689 Aa	8,977 B
6	3,676 Ab	690 Ac	5,669 Aa	10,035 A
Promedio	3,274	515	5,413	9,201

Tallos				
4	7 Ab	3 Ab	637 Ba	647 B
5	4 Ab	4 Ab	528 Ba	536 B
6	47 Ab	8 Ab	1,024 Aa	1,079 A
Promedio	19	5	730	
Material muerto				
4	3 Aa	29 Aa	63 Aa	95 A
5	15 Ab	12 Ab	165 Aa	192 A
6	20 Aa	31 Aa	71 Aa	122 A
Promedio	13	24	100	

Letras diferentes, mayúsculas en la misma columna y minúsculas en la misma hilera, indican diferencias estadísticas entre tratamientos ($P < 0.05$).

El mayor aporte de tallos al rendimiento de forraje en la frecuencia de 6 semanas, durante las lluvias, se atribuyó al incremento en el período de rebrote. En cambio, durante nortes y sequía, la falta de humedad y las bajas temperaturas (nortes) fueron las limitantes del rendimiento de forraje. Similar comportamiento fue observado por otros autores, bajo condiciones de corte (Adese, 2006) y pastoreo rotacional (Carnevali, 2003; Barbosa, 2004), quienes reportaron menor proporción de hojas y mayor proporción de tallos y material muerto, a medida que el período de rebrote aumento. Por tanto, la menor proporción de hojas, la mayor de tallos y material muerto, a medida que se aumentó la frecuencia de corte resalta la importancia de determinar el momento fisiológico óptimo de cosecha, y con ello, mejorar la eficiencia de utilización del forraje producido, sin afectar la persistencia de la pradera. Al respecto, Pereira *et al.* (2012) indicaron que en el invierno, el aporte al rendimiento del material muerto es menor a las otras estaciones, debido al menor número de cortes y reducción en la tasa de crecimiento a causa de poca precipitación y luminosidad.

4.3.3. Tasa de crecimiento

Se encontró diferencia estadística entre épocas del año en tasa de crecimiento ($P < 0.01$), donde los valores más altos se obtuvieron durante las lluvias, con respecto a nortes y seca (Cuadro 17). La mayor tasa de crecimiento durante lluvias, se debió a la alta precipitación registrada. Durante esta época, la tasa de crecimiento promedio a las 6 semanas fue 7 y 19 % mayor a la de 5 y 4 semanas, respectivamente. La diferencia de tasa de crecimiento entre frecuencias de corte, se explican porque el crecimiento de las plantas después de ser cosechadas cerca del nivel del suelo, tienen una fase inicial de crecimiento lento, seguida de una fase de crecimiento acelerado y, finalmente, una tercera fase en la que la tasa de crecimiento disminuye e incluso, puede llegar a cero (Hodgson, 1990), lo que indica que las frecuencias evaluadas, no fueron tan largas como para que el crecimiento de las plantas alcanzara la tercera fase.

La mayor tasa de crecimiento se obtuvo en lluvias con valores de 34, 39 y 42 kg MS $\text{ha}^{-1} \text{día}^{-1}$ para 4, 5 y 6 semanas, respectivamente, seguida de nortes y sequía. En un estudio realizado por Cândido *et al.* (2005), reportaron incremento en la tasa de crecimiento, conforme aumentaron los períodos entre pastoreos de 32 a 53 días con valor de 93 a 202 kg MS $\text{ha}^{-1} \text{día}^{-1}$, respectivamente. En este estudio, la tasa de crecimiento en la época de lluvias superó en 32 % a la de nortes y 63 % a la seca (Cuadro 17).

Los cambios mensuales en tasa de crecimiento, se presentan en la Figura 6. La frecuencia de corte de 4 semanas mostró mayor estabilidad en la tasa de crecimiento, respecto a las frecuencias de corte de 5 y 6 semanas, donde la tasa de crecimiento disminuyó conforme avanzó el período de lluvias. Una causa de la reducción de la tasa de crecimiento es la continua disminución de las reservas de nutrimentos, cuando las plantas son expuestas a frecuencias de corte fijos (Bamikole *et al.*, 2004), sin la adecuada reposición de los nutrimentos extraídos, como sucedió en este estudio.

Cuadro 17. Tasa de crecimiento, altura de planta y radiación interceptada de *Megathyrsus maximus* cv. Mombaza, cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.

Frecuencia de corte (semanas)	Nortes	Sequía	Lluvias	Promedio anual
Tasa de crecimiento (kg MS ha ⁻¹ día ⁻¹)				
4	25 Bb	6 Cc	34 Ca	22 C
5	23 Bb	14 Bc	39 Ba	25 B
6	31 Ab	21 Ac	42 Aa	31 A
Promedio	26.3	13.7	38.2	
Altura (cm)				
4	27 Bb	25 Bb	65 Ca	39 B
5	28 Bb	25 Bc	71 Ba	41 B
6	34 Ab	28 Ac	88 Aa	50 A
Promedio	29.6	26.0	74.5	
Radiación interceptada (%)				
4	48 Aa	7 Bb	48 Ba	34 B
5	58 Aa	8 Bb	56 Ba	41 AB
6	61 Ab	15 Ac	71 Aa	49 A
Promedio	55.5	10.0	58.2	

Letras diferentes, mayúsculas en la misma columna y minúsculas en la misma hilera, indican diferencias estadísticas entre tratamientos ($P < 0.05$).

4.3.4. Altura de planta

En general, se observó un aumento en la altura de la planta conforme se incrementó el intervalo de corte, siendo esta más acentuada durante la época de lluvias (Cuadro 17), época en la cual se registraron las mayores alturas de forraje en todas las

frecuencias de corte. Al igual que en el presente estudio, otros resultados han reportado la mayor altura de plantas durante la estación de lluvias (Gerdes *et al.*, 2000) y una mayor altura conforme se incrementó el intervalo de cortes (Adese, 2006).

4.3.5. Radiación interceptada

Se encontraron diferencias entre frecuencias de corte y época del año para la variable radiación interceptada ($P < 0.01$), donde el valor mayor ocurrió cuando el pasto Mombaza se cosechó cada 6 semanas durante la época de lluvias, con un promedio anual de 49 %. La menor interceptación luminosa ocurrió en la frecuencia de 4 semanas durante la época seca, con un promedio anual de 10 % (Cuadro 17). Se ha indicado que en gramíneas forrajeras tropicales, tal es el caso de *M. maximus* cvs. Tanzania y Mombaza, la relación entre interceptación de luz y altura del dosel antes del pastoreo es importante (Uebele, 2002; Difante, 2005; Carnevalli *et al.*, 2006; Barbosa *et al.*, 2007, Zanine, 2007), ya que determina el momento óptimo de pastoreo. Resultados de investigaciones han sugerido que el momento óptimo de pastoreo para los pastos Mombaza y Tanzania es cuando alcanzan un 95 % de interceptación de luz, equivalentes a una altura de 90 cm (Carnevalli *et al.*, 2006) y 70 cm (Barbosa *et al.*, 2007), respectivamente. Por tanto, la altura del dosel puede ser una característica confiable para determinar el inicio del pastoreo, ya que una vez que se alcanza el índice máximo de área foliar, se presenta una reducción en la acumulación de hojas y aumenta la proporción de tallos y material muerto (Da Silva y Nascimento, 2007).

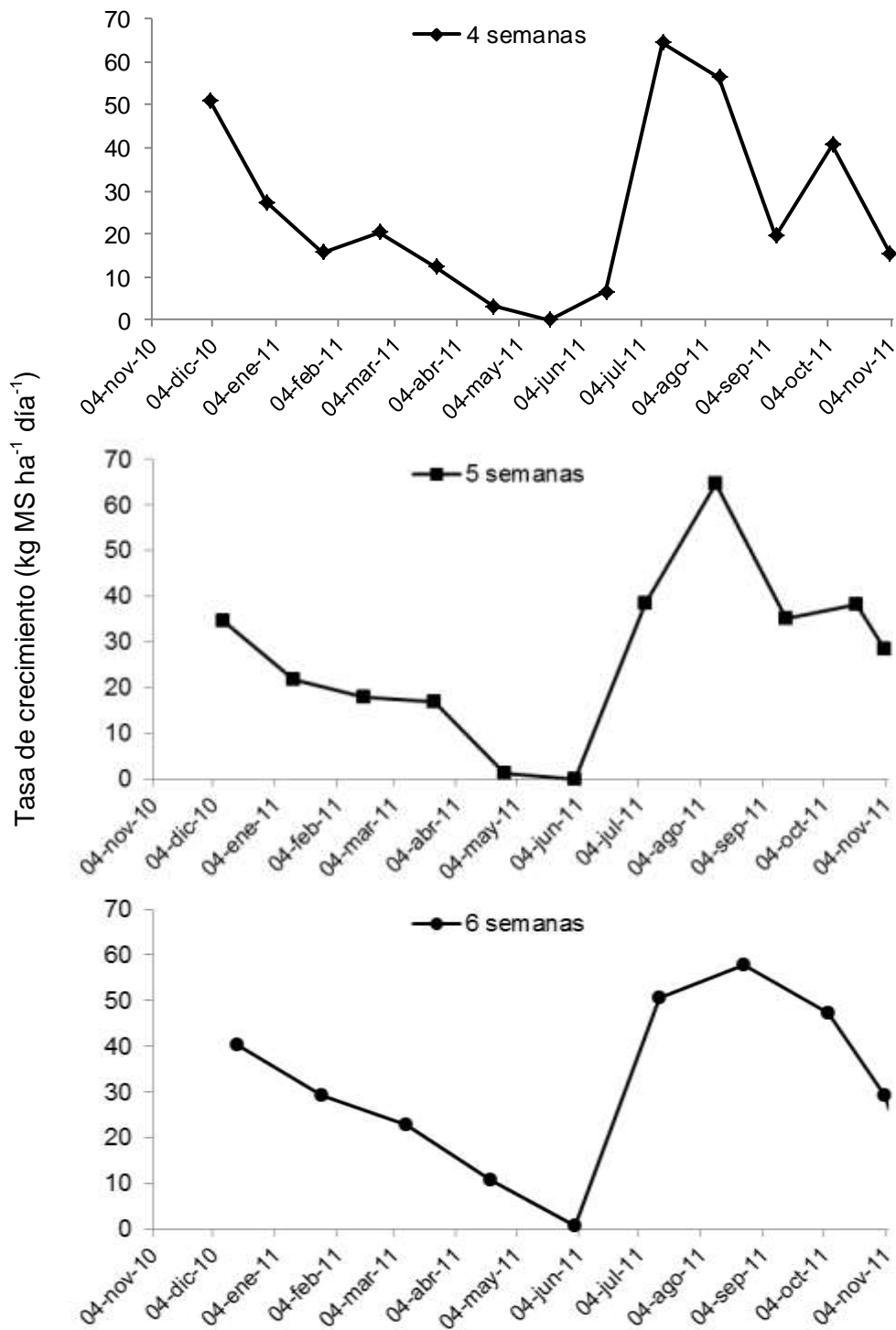


Figura 6. Tasa de crecimiento de *Megathyrus maximus* cv. Mombaza (kg MS ha⁻¹ día⁻¹), cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.

En el presente estudio, los mayores rendimientos de forraje se presentaron durante lluvias, debido a las tasas altas de crecimiento ocurridas por la mayor temperatura y humedad. En cambio, durante la época seca, se obtuvo el menor rendimiento de forraje debido a la ausencia de precipitación. Las praderas no llegaron al 95 % de intercepción de luz, probablemente debido al crecimiento erecto de la especie y a la distancia entre plantas y surcos (50 x 50 cm), lo cual permitió una mayor penetración de luz a través del dosel vegetal. Al respecto, Pereira *et al.* (2012) encontraron en pasto Mombaza, que con densidades altas de plantas por unidad de superficie se llega en menor tiempo al 95 % de intercepción de luz, en comparación con densidades bajas. Sin embargo, con densidades bajas, se reduce la muerte de tallos aumentando el rendimiento de materia seca total.

4.3.6. Relación hoja:tallo y hoja:no hoja

La relación hoja:tallo y hoja:no hoja presentaron interacción entre frecuencia de corte y época del año ($P < 0.01$), registrándose los mayores valores durante la época de nortes (Cuadro 18), particularmente en las plantas cosechadas más frecuentemente ($P < 0.01$). La menor relación hoja:tallo y hoja:no hoja se registro en la época de lluvias a mayores intervalos de defoliación (5.7 y 5.3). Se ha indicado que bajo estrés hídrico las plantas reducen el crecimiento de tallos y, consecuentemente, la parte aérea (Gerdes *et al.*, 2000). Asimismo, la aparición de hojas es la última característica morfogénica de las plantas que es afectada por la falta de humedad (Nascimento y Adese, 2004).

Cuadro 18. Cambios estacionales en la relación hoja:tallo y hoja:no hoja de *Megathyrsus maximus* cv. Mombaza, cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.

Frecuencia de corte (semanas)	Nortes	Sequía	Lluvias	Promedio
Relación hoja:tallo				

4	472.0 Aa	135.7 Ab	8.2 Ac	217.9 A
5	710.3 Aa	118.2 Ab	11.0 Ac	279.8 A
6	78.2 Ba	84.6 Ab	5.7 Bc	56.2 B
Promedio	432.8	112.8	8.3	
Relación hoja:no hoja				
4	347.4 Aa	12.7 Bb	7.4 Ac	122.5 A
5	175.3 Ba	32.1 Ab	8.5 Ab	72.0 B
6	56.0 Ca	25.9 Ab	5.3 Ab	29.1 B
Promedio	193.1	23.6	7.1	

Letras diferentes, mayúsculas en la misma columna y minúsculas en la misma hilera, indican diferencias estadísticas entre tratamientos ($P < 0.05$).

& = 100 % hoja

Cuando la masa de forraje se expresa en términos de porcentaje, las pérdidas de forraje por pastoreo en praderas manejadas a 25 y 35 cm representan 20.3 y 24.1 %, respectivamente. Un patrón similar de respuesta fue reportado por Carnevalli *et al.* (2006) en *Megathyrus maximus* cv. Mombaza, lo cual indica que con un buen manejo del pastoreo, dará como resultado una mayor producción de forraje de mejor valor nutritivo, y mayor eficiencia de cosecha del forraje producido.

4.3.7. Dinámica de ahijamiento

4.3.7.1. Demografía de tallos

La Figura 7 muestra los cambios mensuales en densidad poblacional de tallos, el ciclo de vida de cada generación de tallos a través del tiempo y su contribución a la población total de tallos en los diferentes meses del año. Independientemente de la frecuencia de corte, de noviembre a febrero se observó un incremento constante en la densidad de tallos, seguida de una escasa aparición de tallos y un aumento en la muerte de los mismos (marzo-junio). Con el inicio de las lluvias se presenta un pico en julio, seguido de una mínima aparición en la canícula (agosto). Posteriormente la población de tallos tiende a mantenerse.

La densidad de tallos al final del estudio, fue mayor en praderas cosechadas con frecuencia de corte de 5 semanas, en comparación a la de 4 y 6 semanas, como resultado de diferentes respuestas en dinámica de ahijamiento de las plantas, ocasionadas por las condiciones climáticas existentes y manejo. Durante febrero se obtuvo la mayor densidad de tallos, probablemente, como un mecanismo de persistencia y, a la vez, colonización del área, por ser praderas nuevas con baja densidad de plantas. La mayor dinámica de ahijamiento ocurrida durante lluvias, fue resultado de mejores condiciones ambientales, principalmente, la precipitación, lo que favorece el crecimiento y desarrollo vegetal.

4.3.7.2. Densidad, tasa de aparición y muerte de tallos

Se encontró efecto de época del año ($P=0.01$) en densidad poblacional de tallos (Cuadro 19). No se observó diferencia significativa de la frecuencia de corte en la densidad de tallos. Sin embargo, se apreció una tendencia de mayor densidad de tallos conforme se disminuyó la frecuencia de corte. Se observó que la mayor densidad de tallos se registró en la época de nortes, con un promedio de 2,454 tallos m^{-2} . La densidad de tallos al final del estudio, fue mayor en la frecuencia de corte de 5 semanas, en comparación a las de 4 y 6 semanas, como resultado de diferentes respuestas de ahijamiento de las plantas, ocasionadas por las condiciones de manejo y factores ambientales existentes.

La interacción frecuencia de corte y época fue significativa para la tasa de aparición de tallos ($P<0.01$). Se observó mayor tasa de aparición de tallos durante la época de lluvias, en comparación con nortes y sequía. En la época de lluvias, la menor tasa de aparición de tallos ocurrió en la frecuencia de 4 semanas, con 20.1 tallos $100\ tallos^{-1}\ mes^{-1}$ (Cuadro 19).

Se encontró efecto significativo de la frecuencia de corte y época del año en la tasa de muerte de tallos ($P<0.01$). Se observó mayor tasa de muerte de tallos durante el periodo lluvioso, en comparación con nortes y sequía, particularmente en las

frecuencias de corte de 5 y 6 semanas ($P<0.05$). Durante la época de lluvias, la tasa promedio de muerte de tallos fue 143 y 80 % mayor, en comparación con la de nortes y sequía, respectivamente (Cuadro 19).

Cuadro 19. Densidad, tasa de aparición y muerte de tallos de *Megathyrsus maximus* cv. Mombaza, cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.

Frecuencia de corte (semanas)	Nortes	Sequía	Lluvias	Promedio
Densidad de tallos (tallos m ⁻²)				
4	2,479 Aa	2,217 Aa	2,139 Aa	2,278 A
5	2,475 Aa	1,906 Ab	1,876 Ab	2,086 A
6	2,409 Aa	1,800 Ab	1,897 Ab	2,018 A
Promedio	2,454	1,974	1,971	
Tasa de aparición de tallos (tallos 100 tallos ⁻¹ mes ⁻¹)				
4	22.8 Aa	1.0 Bb	20.1 Ba	14.6 B
5	25.6 Ab	1.5 Bc	34.2 Aa	20.4 A
6	24.2 Ab	3.3 Ac	35.2 Aa	21.0 A
Promedio	24.2	1.9	29.8	
Tasa de muerte de tallos (tallos 100 tallos ⁻¹ mes ⁻¹)				
4	8.0 Ab	10.1 Aab	17.2 Ba	11.8 B
5	11.0 Ab	13.1 Ab	27.2 Aa	17.1 A
6	10.3 Ab	16.4 Ab	26.9 Aa	18.0 A
Promedio	9.8	13.2	23.8	

Letras diferentes, mayúsculas en la misma columna y minúsculas en la misma hilera, indican diferencias estadísticas entre tratamientos ($P<0.05$).

La menor densidad de tallos conforme se incrementó el periodo de rebrote, se atribuyó a mayor competencia por luz, con lo que se inhibe el ahijamiento. Por tanto, las praderas presentan menor densidad de tallos (Deregibus *et al.*, 1985; Matthew *et al.*, 2000; Lemaire, 2001). Al respecto, Montagner *et al.* (2012) indicaron que durante

el rebrote, la competencia intraespecífica por luz se incrementa gradualmente, reduciéndose la cantidad y calidad de luz al interior del dosel, causando cambios morfofisiológicos en las plantas.

Bajo condiciones de corte, Adese (2004) reportó ausencia de efecto del intervalo de corte, en la tasa de aparición y muerte de tallos basales de *M. maximus* cv. Mombaza. Asimismo, bajo condiciones de pastoreo no se encontró efecto de las frecuencias de 28, 38 y 48 días en densidad de tallos (Santos *et al.*, 2004). Sin embargo, si hubo diferencias en densidad de tallos entre épocas del año (Santos *et al.*, 1999).

De acuerdo con Barbosa (2004), la frecuencia de corte y/o pastoreo es la que promueve modificaciones en las variables morfogénicas en tallos de diferentes edades, donde la contribución de estos sobre la producción de forraje es influenciada marcadamente por la época del año. La tasa de aparición y elongación de hojas son responsables de la acumulación de biomasa de una pradera, sin embargo; no son afectadas por la edad de los tallos durante el invierno, en praderas de pasto Mombaza. Durante el verano, los tallos jóvenes presentaron mayor capacidad de producción de forraje en comparación a los tallos maduros, determinando variaciones similares en las características estructurales del dosel, de forma semejante a lo observado por Carvalho (2002) y Barbosa (2004). La tasa alta de aparición de tallos es compensada por alta mortalidad (Montagner *et al.*, 2012), lo cual indica que existe un balance entre la aparición y mortalidad de tallos para mantener una población estable de tallos (Da Silva *et al.*, 2008).

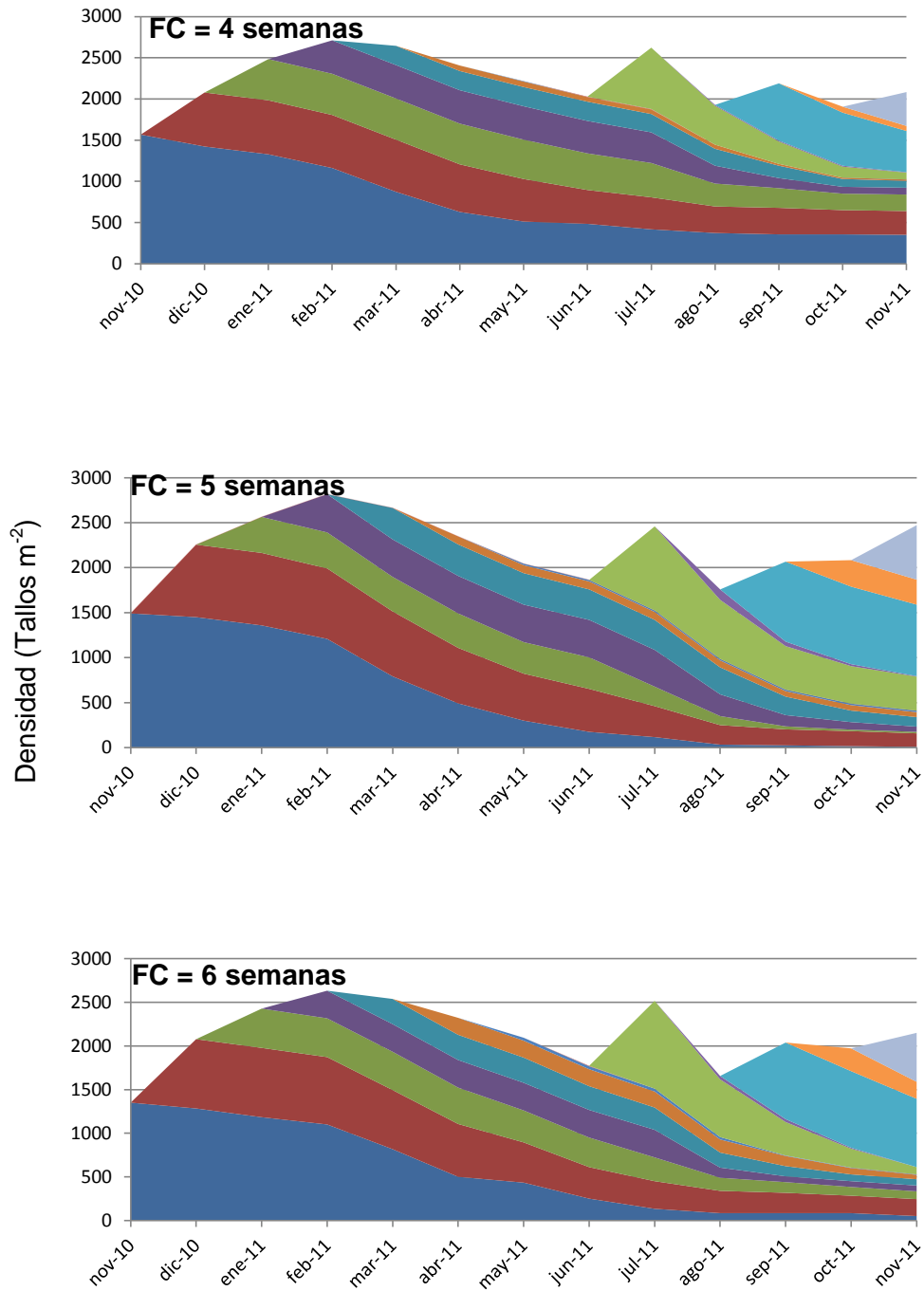


Figura 7. Cambios mensuales en la densidad de tallos de *Megathyrsus maximus* cv. Mombaza (tallos m⁻²), cosechado a 4, 5 y 6 semanas después del rebrote.

4.3.8. Flujo de tejidos

4.3.8.1. Tasa de aparición de hojas y elongación de tallos

Se encontró efecto significativo de la época del año en la tasa de aparición de hojas, donde el valor mayor (0.175 hojas tallo⁻¹ día⁻¹) se obtuvo en la época de lluvias, valor que fue 17 % superior a la época de nortes ($P < 0.05$), al cosechar cada 4 semanas. No existieron diferencias significativas entre frecuencias en ninguna de las épocas del año. Durante la sequía, la tasa de aparición de hojas y tallos fue prácticamente nula; mientras que, durante la época de lluvias, aunque no existieron diferencias significativas ($P > 0.05$), se observó una tendencia a disminuir la tasa de aparición de hojas conforme aumento el intervalo de corte de 4 a 6 semanas.

No hubo diferencias significativas de la frecuencia de corte en la tasa de elongación de tallos, independientemente de la época del año. La mayor elongación del tallo se registro en la época de lluvias.

Cuadro 20. Tasa de aparición de hojas y elongación de tallos de *Megathyrsus maximus* cv. Mombaza, cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.

Frecuencia de corte (semanas)	Nortes	Sequía	Lluvias	Promedio
Tasa de aparición de hojas (hojas tallo ⁻¹ día ⁻¹)				
4	0.122 Ab	0.000 Ac	0.175 Aa	0.099 A
5	0.119 Aa	0.000 Ab	0.126 Aa	0.082 A
6	0.116 Aa	0.003 Ab	0.117 Aa	0.079 A
Promedio	0.119 b	0.001 c	0.139 a	
Tasa de elongación de tallos (mm tallo ⁻¹ día ⁻¹)				
4	2.280 Ab	0.000 Ab	5.028 Aa	2.436 A
5	4.350 Aa	0.040 Ab	4.818 Aa	3.069 A
6	2.895 Ab	0.000 Ab	6.570 Aa	3.155 A

Promedio	3.175 b	0.013 b	5.472 a
----------	---------	---------	---------

Letras diferentes, mayúsculas en la misma columna y minúsculas en la misma hilera, indican diferencias estadísticas entre tratamientos ($P < 0.05$).

4.3.8.2. Tasa de elongación, senescencia y crecimiento neto foliar

Se encontró efecto de la frecuencia de corte y época del año para la variable tasa de elongación foliar donde el valor mayor promedio (110.28 mm tallo⁻¹ día⁻¹) se obtuvo en la frecuencia de 6 semanas durante la época de lluvias, y fue 78 y 900 % superior en comparación con la de nortes y sequía, respectivamente ($P < 0.05$). Durante la época de nortes, el mayor valor de tasa de elongación se obtuvo en la frecuencia de 6 semanas y fue menor conforme la frecuencia de corte disminuyó de 6 a 4 semanas. En contraste, la mayor elongación foliar se presentó a las 4 semanas durante el periodo seco ($P < 0.05$). En lluvias a pesar de que la elongación en el corte cada 6 semanas fue superior en más de 60 % al de 4 y 5 semanas, no se registraron diferencias estadísticas entre frecuencias ($P > 0.05$). La tasa de senescencia foliar, durante las lluvias fue mayor que la de nortes y sequía. Solo se registraron efectos de frecuencia de corte en la tasa de senescencia foliar durante la época de sequía, siendo la frecuencia de corte de 5 semanas el que registró la menor tasa con 1.06 mm tallo⁻¹ día⁻¹. En la época de lluvias, la tasa de crecimiento neto foliar promedio fue 52 y 1,099 % mayor, en comparación, con la de nortes y sequía, respectivamente, sin embargo; no se observaron diferencias estadísticas entre frecuencias de corte. En nortes el mayor crecimiento neto foliar se presentó en la frecuencia de 6 semanas ($P < 0.05$). Durante la sequía el mayor crecimiento neto foliar se presentó en los cortes cada 4 semanas y duplicó al de 5 y 6 semanas ($P > 0.05$).

Cuadro 21. Tasa de elongación, senescencia y crecimiento neto foliar de *Megathyrus maximus* cv. Mombaza, cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.

Frecuencia de corte	Nortes	Sequía	Lluvias	Promedio
---------------------	--------	--------	---------	----------

(semanas)				
Tasa de elongación foliar (mm tallo ⁻¹ día ⁻¹)				
4	39.28 Bb	12.17 Ac	66.79 Aa	39.41 A
5	44.61 Ba	4.32 Cb	63.24 Aa	37.39 A
6	52.57 Ab	7.51 Bc	110.28 Aa	56.78 A
Promedio	45.48 b	8.00 c	80.10 a	
Tasa de senescencia foliar (mm tallo ⁻¹ día ⁻¹)				
4	1.33 Ab	3.39 Aab	4.99 Aa	3.24 A
5	6.35 Aa	1.06 Ba	6.57 Aa	4.66 A
6	5.78 Ab	3.93 Ab	41.67 Aa	17.13 A
Promedio	4.50 b	2.80 b	17.74 a	
Tasa de crecimiento neto foliar (mm tallo ⁻¹ día ⁻¹)				
4	37.95 Bb	8.78 Ac	61.80 Aa	36.18 A
5	38.26 Ba	3.26 Bb	56.67 Aa	32.73 A
6	46.79 Aa	3.57 Bb	68.61 Aa	39.66 A
Promedio	41.00 b	5.20 c	62.36 a	

Letras diferentes, mayúsculas en la misma columna y minúsculas en la misma hilera, indican diferencias estadísticas entre tratamientos ($P < 0.05$).

Los factores ambientales y de manejo, determinan las características morfogénicas de las plantas, su estudio permite entender el flujo de tejido foliar y la producción individual de tallos, durante un período de rebrote. En este estudio, los factores ambientales determinaron marcada estacionalidad en las variables evaluadas, con menores tasas y rendimientos durante la época de sequía, debido al incremento de deficiencia hídrica, lo cual redujo el crecimiento aéreo de la planta; mientras que, durante las lluvias se presentaron mejores condiciones de precipitación (Figura 1) lo cual ocasionó mayor crecimiento, con el consecuente incremento en el recambio de tejido de las plantas (Da Silva y Nascimento, 2007b).

En la época de nortes, aunque no existieron diferencias significativas en la tasa de aparición de hojas y tallos, se observó una tendencia a disminuir su valor conforme disminuyó la frecuencia de corte. Durante la sequía, la nula tasa de aparición y

elongación de tallos, independientemente de la frecuencia de corte, se debió probablemente al efecto de las frecuencias aplicadas y la falta de precipitación lo cual no permitió recambio de tejido en esta especie. Además de que, las estimaciones iniciaron 28, 36 y 43 días después del inicio de la época de sequía, para las frecuencias de corte de 4, 5 y 6 semanas, respectivamente, lo cual disminuyó la capacidad de las plantas para emitir y elongar hojas. Las similares tasas de elongación de tallos y senescencia foliar entre frecuencias (Cuadro 21), indican que la deficiencia hídrica propició menor dinámica para el flujo de recambio de tejido, lo que impidió que se manifestara el efecto del intervalo de corte; además, que la aparición y elongación foliar son las características morfogénicas menos afectadas en estas condiciones. La senescencia foliar, aunque baja, fue suficiente para compensar las diferencias en la elongación foliar, lo que propició similares tasas de crecimiento neto foliar entre nortes y lluvias para las frecuencias de 5 y 6 semanas. Por otro lado, la frecuencia de corte de 4 semanas permitió mayor recambio de tallos, en comparación a las 5 y 6 semanas, lo que propició el rebrote a partir de mayor cantidad de tallos jóvenes, los que según Ferlin *et al.* (2006), presentan mayor tasa de aparición y elongación foliar con relación a tallos remanentes.

En la época de lluvias, se observó una situación similar a la de nortes, con una tendencia a disminuir la tasa de aparición de hojas conforme disminuyó la frecuencia de corte. Además, con mejores condiciones para el crecimiento y mayor dinámica de recambio de tejido, la tendencia a menor tasa de aparición de hojas ocurrida con las frecuencias de corte de 5 y 6 semanas, se debió a que en condiciones de defoliación severa, como en este estudio, durante el rebrote y conforme la planta crece, la longitud de vainas foliares y consecuentemente el tamaño del tallo, también se incrementa, por lo que existe mayor demora en el surgimiento 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. Contrario a este argumento, la mayor tasa de aparición de hojas registrada con la frecuencia de corte de 6 semanas, con respecto a la de 5 semanas, se debió probablemente, a que la menor frecuencia de corte presentó mayor altura de plantas y tallos, lo que favorece la elongación de entrenudos y elevación del meristemo apical a lo largo del tallo, que a

su vez, reduce la distancia que la lámina foliar debe recorrer y el tiempo para que las hojas de mayor nivel de inserción, emerjan (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, a medida que el intervalo de corte aumentó, se explica porque 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; esta condición, se mantiene hasta que el tallo alcanza su número máximo de hojas vivas (verdes) y las primeras hojas cumplen su periodo de vida útil e inicia el proceso de senescencia. Sin embargo, como estas hojas son de menor tamaño, la tasa de elongación foliar es mayor que la tasa de senescencia. En esta condición se alcanza la máxima tasa de crecimiento neto foliar. Desde este momento en adelante, 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 es decreciente y puede llegar a cero (Hodgson, 1990, Lemaire y Chapman, 1996).

Los resultados del presente estudio coinciden con los obtenidos por Santos *et al.* (1999) y Ramírez *et al.* (2010), quienes al evaluar frecuencias de pastoreo y corte 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 tejido, con senescencia foliar mínima durante la sequía. 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.

En este estudio, la tasa similar de aparición de hojas y elongación de tallos entre frecuencias, independientemente de la época del año, 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 las plantas (50 x 50 cm), 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). En este estudio, lo más recomendable sería cosechar a las 5 semanas durante la época de nortes y sequía y a las 4 semanas durante las lluvias.

En un estudio realizado por Ramírez *et al.* (2010) encontraron que el pasto Mombaza presentó marcada estacionalidad para el flujo de tejidos, con mayor dinámica durante las lluvias, en comparación con la 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.

4.4. *Megathyrsus maximus* cv. Tanzania

4.4.1. Rendimiento de forraje

Se observó un aumento paulatino en el rendimiento anual conforme se incremento el intervalo de corte de 4 a 6 semanas (Cuadro 22), no existiendo diferencias entre 5 y 6 semanas, pero siendo estadísticamente significativas con la de 4 semanas ($P < 0.05$). Se observó interacción frecuencia de corte y época en rendimiento de forraje ($P < 0.01$; Cuadro 22), donde el mayor valor se registró en la frecuencia de 6 semanas durante la época de lluvias, con un promedio de 8,317 kg MS ha⁻¹, superando en 58 y 28 % a los rendimientos obtenidos a las 4 y 5 semanas, respectivamente. En la época seca el mayor rendimiento (1,027 kg MS ha⁻¹) se obtuvo en la frecuencia de 5 semanas. No existieron diferencias significativas de la frecuencia de corte durante la época de nortes. En general, la distribución estacional

del rendimiento de forraje fue de 59, 34 y 8 % en las épocas de lluvias, nortes y seca, respectivamente.

Se observó interacción frecuencia de corte y época del año para la variable rendimiento de forraje ($P<0.01$; Cuadro 2), donde el mayor valor se registró en la frecuencia de 6 semanas durante la época de lluvias, con un promedio de 8,317 kg MS ha⁻¹, superando en 58 y 28 % a los rendimientos obtenidos a las 4 y 5 semanas, respectivamente. En la época seca el mayor rendimiento (1,027 kg MS ha⁻¹) se obtuvo en la frecuencia de 5 semanas. No existieron diferencias significativas de la frecuencia de corte durante la época de nortes para rendimiento de forraje. El menor rendimiento anual de forraje se obtuvo a 4 semanas ($P<0.05$), siendo inferior al valor registrado en las frecuencias de 5 y 6 semanas, pero sin diferencias estadísticas entre ellas. En general, la distribución estacional del rendimiento de forraje fue de 59, 34 y 8 % en las épocas de lluvias, nortes y seca, respectivamente.

Gomide y Zago (1980) al evaluar alturas de corte a 15, 20 y 25 cm en *M. maximus* concluyeron que el rebrote de esta gramínea está asociado en mayor grado a los meristemos apicales que escapan a la defoliación que a los carbohidratos de reserva en la base de los tallos; sin embargo, los meristemos apicales y los carbohidratos de reserva pueden ser afectados por las altas intensidades de defoliación. En este estudio, el pasto Tanzania produjo el mayor rendimiento de forraje en comparación a los demás cultivares lo cual indica que puede tolerar altas frecuencias de corte. El mismo efecto anterior fue observado por Cecato *et al.*, (2000) quienes al evaluar seis cultivares de *M. maximus*, encontraron que el cultivar Tanzania produjo el mayor rendimiento de forraje cuando se cortó a 20 cm de altura en comparación al corte de 40 cm. En el presente estudio, el mayor rendimiento de forraje del pasto Tanzania, durante la época de lluvias, se atribuyó a mejores condiciones ambientales, principalmente temperatura y precipitación, generando mayor crecimiento y desarrollo de las plantas. Mientras que el menor rendimiento de forraje obtenido en la frecuencia de 4 semanas durante la época de lluvias, se debió a la menor tasa de crecimiento y menor periodo de rebrote.

Cuadro 22. Cambios estacionales en el rendimiento de forraje (kg MS ha⁻¹) en *Megathyrus maximus* cv. Tanzania, cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.

Frecuencia de corte (semanas)	Nortes	Sequía	Lluvias	Rendimiento anual
4	3,340 Ab	643 Bc	5,273 Ca	9,256 B
5	4,293 Ab	1,027 Ac	6,514 Ba	11,833 A
6	4,085 Ab	877 Ac	8,317 Aa	13,279 A
Promedio	3,906	849	6,701	

Letras diferentes, mayúsculas en la misma columna y minúsculas en la misma hilera, indican diferencias estadísticas entre tratamientos ($P < 0.05$).

4.4.2. Composición morfológica

La contribución al rendimiento anual y estacional de los componentes morfológicos del pasto Tanzania, se presenta en el Cuadro 23. Se encontró interacción frecuencia de corte y época del año para rendimiento de hoja ($P < 0.01$) y tallo ($P < 0.01$); sin efecto significativo en material muerto ($P > 0.05$). El mayor rendimiento de hojas se obtuvo durante la época de lluvias, donde se observó un incremento conforme aumentó la frecuencia de corte de 4 a 6 semanas ($P < 0.05$). Similar comportamiento al de las hojas presentó el rendimiento de tallo durante las lluvias, donde el valor más alto (1,256 kg MS ha⁻¹) se obtuvo a 6 semanas, valor que fue 45 y 20 % mayor al obtenido a las 4 y 5 semanas, respectivamente. Durante el periodo de nortes ($P > 0.05$) y sequía ($P < 0.05$), se observó un incremento en tallo conforme aumentó el intervalo entre cortes, aunque su aporte al rendimiento fue mínimo. Respecto al material muerto, se registraron valores de 64, 127 y 211 kg MS ha⁻¹ en las frecuencias de 4, 5 y 6 semanas durante la época de lluvias, sin diferencias significativas.

Cuadro 23. Rendimiento de los componentes morfológicos de *Megathyrus maximus* cv. Tanzania (kg MS ha⁻¹), cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.

Frecuencia de corte (semanas)	Nortes	Sequía	Lluvias	Rendimiento anual
Hojas				
4	3,283 Ab	641 Cc	4,738 Ca	8,662 B
5	4,213 Ab	1,012 Ac	5,713 Ba	10,937 A
6	3,982 Ab	835 Bc	6,850 Aa	11,667 A
Promedio	3,826	829	5,767	
Tallos				
4	46 Ab	0 Bb	471 Ba	517 B
5	59 Ab	3 Bb	674 Ba	736 B
6	67 Ab	12 Ab	1,256 Aa	1,336 A
Promedio	57	5	800	
Material muerto				
4	12 Ba	2 Ba	64 Aa	78 A
5	20 Ba	13 Ba	127 Aa	159 A
6	36 Ab	30 Ab	211 Aa	277 A
Promedio	23	15	134	

Letras diferentes, mayúsculas en la misma columna y minúsculas en la misma hilera, indican diferencias estadísticas entre tratamientos ($P < 0.05$).

El pasto Tanzania se caracteriza por su plasticidad genotípica. Al respecto, Freitas *et al.* (2012) encontraron que la diferencia en la densidad de siembra inicial, con respecto a la pradera establecida, no persiste más de dos años posteriores a la siembra. Braz *et al.* (2011) indicaron que la baja competencia intraespecífica por luz y nutrientes en praderas establecidas con densidades bajas puede favorecer el amacollamiento del pasto Tanzania y en consecuencia, hay compensación entre el tamaño y la densidad de macollos, por lo que establecer praderas con baja densidad

de plantas presenta mayor amacollamiento, contrariamente a lo que se observa con alta densidad de población. Dicha compensación, puede anular el efecto de densidad de plantas sobre el rendimiento de materia seca total, características estructurales y valor nutritivo. De acuerdo con Magalhães *et al.* (2011) el efecto positivo de la densidad alta de plantas sobre la producción de forraje de Tanzania, durante el período de establecimiento se observa por el período más corto para que las praderas alcancen el 95 % de intercepción de luz.

Estudios recientes muestran que el rendimiento de forraje en gramíneas forrajeras tropicales, resulta de un proceso de dos fases; la primera consiste en la formación y crecimiento de hojas, hasta que su acumulación llega a un punto máximo cuando el dosel intercepta el 95 % de la luz incidente y la aparición de nuevas hojas es compensada por la senescencia de las primeras hojas); la segunda consiste en el incremento en tasa de acumulación de tallos y senescencia foliar (Da Silva y Nascimento, 2007). En el presente estudio, la tasa similar de elongación de tallos, la diferencia en tasa de aparición y senescencia foliar, durante la época de lluvias, sugiere que la pradera no alcanzó la fase del 95 % de intercepción de luz, debido a su hábito de crecimiento y distribución espacial de plantas (50 x 50 cm entre líneas y plantas, respectivamente), lo cual facilitó mayor 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.

Se ha indicado que la estacionalidad de la producción, bajo valor nutritivo y la rápida elongación del tallo, durante el período reproductivo, afectan directamente la utilización de la pradera y, en consecuencia, el desempeño y productividad animal (Humphreys, 1978; Euclides *et al.* 1993; Santos *et al.* 1999).

4.4.3. Tasas de crecimiento

Se encontró interacción frecuencia de corte y época del año ($P < 0.01$) para tasa de crecimiento, donde el valor mayor ($52 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$) se obtuvo en la frecuencia de 6 semanas, durante la época de lluvias. Un comportamiento similar se observó, durante la época de sequía y a 6 semanas, se presentó la tasa máxima de crecimiento, con $26 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$ (Cuadro 24; Figura 8). La tasa de crecimiento, durante la época de lluvias fue mayor en 28 y 128 % a nortes y sequía, respectivamente. Mientras que la tasa de crecimiento promedio anual en la frecuencia de 6 semanas superó en 16 y 68 % a aquella de 5 y 4 semanas, respectivamente. La frecuencia de 6 semanas presentó 271 y 63 % mayor tasa de crecimiento, que la de 4, durante sequía y lluvias, respectivamente.

Cuadro 24. Tasa de crecimiento, altura de planta y radiación interceptada en *Megathyrsus maximus* cv. Tanzania, cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.

Frecuencia de corte (semanas)	Nortes	Sequía	Lluvias	Promedio anual
Tasa de crecimiento ($\text{kg MS ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$)				
4	26 Aa	7 Cb	32 Ca	22 C
5	35 Ab	21 Bc	40 Ba	32 B
6	34 Ab	26 Ac	52 Aa	37 A
Promedio	32	18	41	
Altura (cm)				
4	29 Ab	26 Ab	54 Ba	37 B
5	34 Ab	29 Ab	52 Ba	38 AB
6	31 Ab	31 Ab	66 Aa	43 A
Promedio	31	29	57	
Radiación interceptada (%)				

4	50 Ba	5 Cb	52 Ba	36 B
5	64 Aba	13 Bb	70 Aa	49 A
6	72 Aa	21 Ab	78 Aa	57 A
Promedio	62	13	67	

Letras diferentes, mayúsculas en la misma columna y minúsculas en la misma hilera, indican diferencias estadísticas entre tratamientos ($P < 0.05$).

4.4.4. Altura de planta

Se presentaron diferencias significativas ($P < 0.01$) de la frecuencia de corte y época del año, para altura de planta, donde el mayor valor (66 cm) se obtuvo en la frecuencia de 6 semanas, durante la época de lluvias. En las épocas de nortes y sequía no se encontró diferencia en altura de planta entre frecuencias de corte (Cuadro 24).

La altura de planta, fue mayor en la época de lluvias, con respecto a la de nortes y sequía. La mayor tasa de crecimiento y altura de plantas, durante lluvias, se debieron a mejores condiciones ambientales, principalmente precipitación. La ausencia de efecto de la frecuencia de corte en la altura de planta, durante la época de nortes, se debió principalmente a que durante esta época, la falta de humedad y baja temperatura limitaron el crecimiento, mientras que en la época de sequía fue la nula precipitación. En otras gramíneas forrajeras tropicales se reportó, mayor altura de plantas durante las lluvias (Gerdes *et al.*, 2000) y conforme se incrementó el intervalo entre pastoreos (Souza, 2007).

4.4.5. Radiación interceptada

Se encontró diferencia significativa de la interacción frecuencia de corte y época del año ($P < 0.01$) para intercepción de luz, donde el valor mayor (78 %) se obtuvo a 6 semanas durante la época de lluvias, valor similar ($P > 0.05$) al obtenido a 5 semanas, con 70 %, pero diferente y superior ($P < 0.05$) al registrado a 4 semanas (52 %). Un comportamiento similar al anterior se observó para las épocas de nortes y sequía,

donde los máximos valores de intercepción de luz se obtuvieron a 6 semanas (Cuadro 24). En un estudio realizado en *M. maximus* cv. Tanzania, se encontró que cuando la pradera alcanzó una altura de 65 cm, interceptó 95 % de luz (Freitas *et al.*, 2012). En el presente estudio, se observó que durante lluvias, a 6 semanas, se alcanzó una altura de 66 cm. También, durante ésta época fue cuando se alcanzó el 95 % de intercepción de luz.

Se ha indicado que las praderas pastoreadas a bajas alturas presentan menor capacidad productiva. En cambio, el pastoreo alto (50 cm para Tanzania y Mombaza) promueve mayor número de ciclos de pastoreo, disminuyendo el número de días para alcanzar el 95 % de intercepción de luz (Carnevalli *et al.*, 2006; Barbosa *et al.*, 2007; Zanine, 2007). Al respecto, en el presente estudio, independientemente de la frecuencia de corte; sólo se alcanzó el 95 % de intercepción de luz durante el mes de julio.

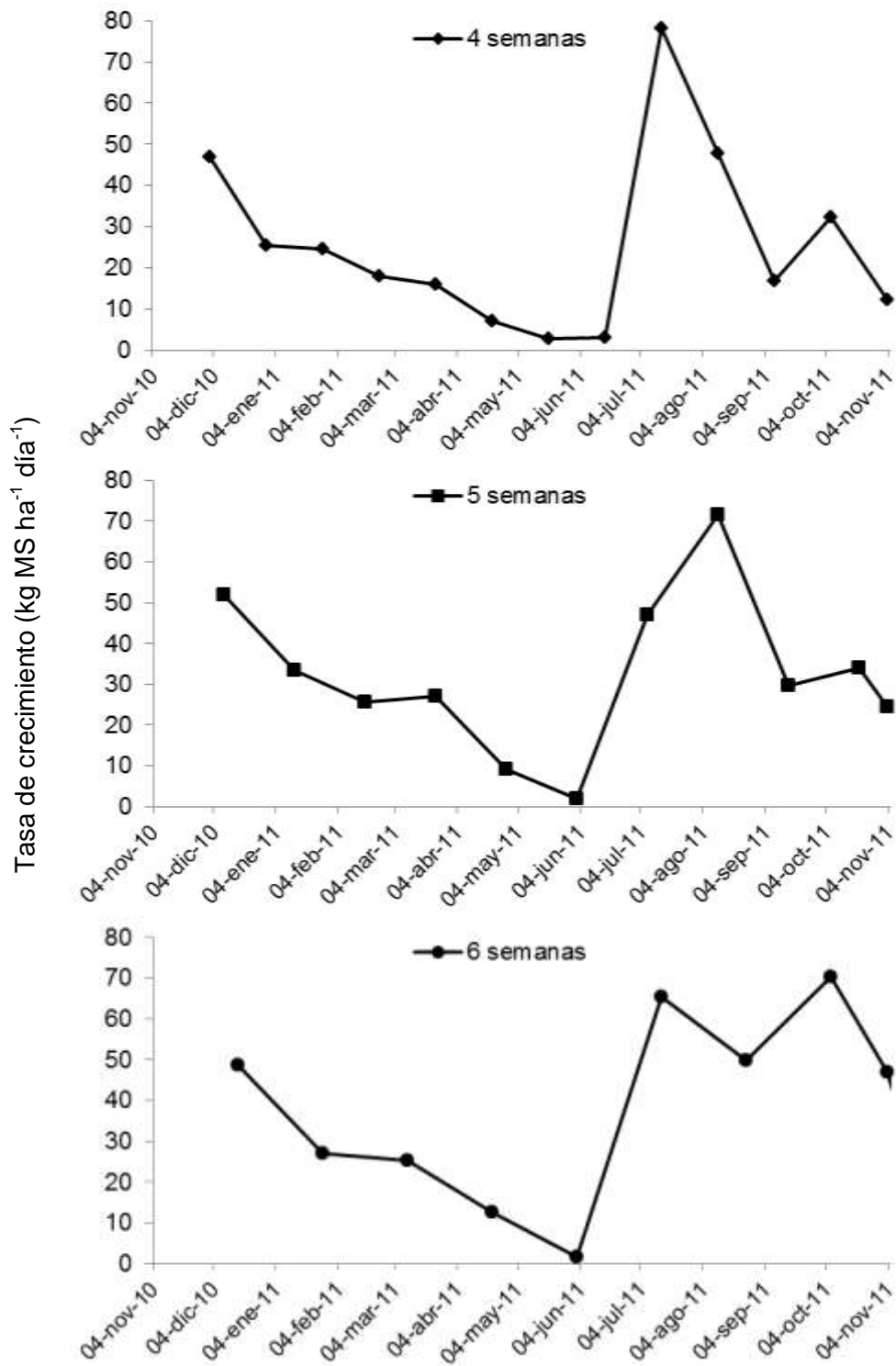


Figura 8. Tasa de crecimiento de *Megathyrus maximus* cv. Tanzania (kg MS ha⁻¹ día⁻¹), cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.

4.4.6. Relación hoja:tallo y hoja:no hoja

Se encontró efecto de la interacción frecuencia de corte y época del año para la relación hoja:tallo y hoja:no hoja ($P<0.01$), donde la mayor relación hoja:tallo (381.0) ocurrió a 5 semanas, durante la sequía. En la época de nortes y lluvias, la mayor relación hoja:tallo se obtuvo en la frecuencia de 4 semanas, con valores de 95.3 y 10.3, respectivamente. Similar comportamiento se observó para la relación hoja:no hoja, donde los valores mayores se presentaron en la frecuencia de 4 semanas, con 298.4, 67.2 y 9.0 para las épocas de sequía, norte y lluvias, respectivamente (Cuadro 25).

Cuadro 25. Cambios estacionales en la relación hoja:tallo y hoja:no hoja de *Megathyrus maximus* cv. Tanzania, cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.

Frecuencia de corte (semanas)	Nortes	Sequía	Lluvias	Promedio
Relación hoja:tallo				
4	95.3 Aa	&	10.3 Ab	35.2 B
5	79.4 Ab	381.0 Aa	9.2 Ab	157.0 A
6	67.6 Aa	68.9 Ba	5.5 Ab	47.3 B
Promedio	80.8	150.0	8.3	
Relación hoja:no hoja				
4	67.2 Ab	298.4 Aa	9.0 Ab	125.0 A
5	61.1 Aa	83.2 Ba	8.2 Aa	51.0 B
6	41.6 Aa	20.7 Bb	4.7 Ab	22.3 B
Promedio	56.6	134.1	7.3	

Letras diferentes, mayúsculas en la misma columna y minúsculas en la misma hilera, indican diferencias estadísticas entre tratamientos ($P<0.05$).

& = 100 % hoja

La relación hoja:no hoja, resalta la importancia de la senescencia y la contribución del material muerto a la producción y calidad del forraje. En *M. maximus* cv. Mombaza (Ramírez *et al.*, 2009) reportaron mayor relación hoja:no hoja a menor intervalo de corte, durante la sequía. También en *M. maximus*, otros autores (Carnevalli, 2003; Barbosa, 2004), encontraron reducción de la proporción de hojas e incremento de las proporciones de tallo y material muerto, conforme el periodo de rebrote fue mayor.

En otras gramíneas forrajeras tropicales se reportó mayor relación hoja:tallo y hoja:no hoja durante la época de sequía conforme el intervalo de corte fue menor (Gerdes *et al.*, 2000; Mari, 2003; Ramírez *et al.*, 2009). Lo anterior, indica que en el presente estudio la frecuencia de corte de 4 semanas, asociado a la intensidad de corte de 15 cm favoreció la relación hoja:tallo y hoja:no hoja, pero disminuyó la altura de plantas y tasa de crecimiento de Tanzania, lo que podría afectar la persistencia de la pradera.

4.4.7. Dinámica de ahijamiento

4.4.7.1. Demografía de tallos

Los cambios mensuales en la densidad poblacional de tallos durante el periodo de evaluación se presentan en la Figura 9. En general, se observó un incremento progresivo de noviembre a marzo. De abril a agosto se presentó una disminución en la densidad de tallos, con una mínima aparición y un incremento en la tasa de muerte. De septiembre a noviembre la densidad de tallos tiende a estabilizarse en alrededor de 2,200 tallos m⁻². La densidad de tallos al final del estudio fue ligeramente mayor en praderas cosechadas con la frecuencia de corte de 5 semanas, en comparación con las frecuencias de 4 y 6 semanas, como resultado de diferentes respuestas en la dinámica de ahijamiento de las plantas, a las condiciones de manejo.

4.4.7.2. Densidad, tasa de aparición y muerte de tallos

Se observó efecto de frecuencia de corte ($P<0.05$) y época del año ($P<0.01$) para densidad de tallos, donde los valores mayores se obtuvieron en la frecuencia de 4 semanas, durante las épocas de sequía y nortes, con 3, 094 y 3,042 tallos m^{-2} (Cuadro 26). Resultados similares fueron reportados por otros autores. Por ejemplo, Sbrissia (2004) registro valores bajos de densidad de tallos durante el inicio de la primavera, con incremento durante el final de primavera y un pico en verano. Asimismo, Uebele (2002) y Barbosa (2004), en pasto Mombaza y Tanzania, respectivamente, también encontraron alta densidad de tallos durante el verano. La mayor densidad de tallos observada en la frecuencia de 4 semanas, de acuerdo con López *et al.* (2011), se debe a la intensidad de corte y exposición de los meristemos basales a la luz con lo que se favorece la aparición de nuevos tallos. Asimismo, Barbosa *et al.* (2012) indicaron que la reducción en la frecuencia de pastoreo disminuye la tasa de crecimiento y desarrollo de tallos jóvenes en comparación con tallos viejos. Los tallos jóvenes también presentan mayor longitud de hoja y número de hojas vivas, en comparación a tallos viejos.

Se encontró interacción frecuencia de corte y época del año en la tasa de aparición de tallos ($P<0.05$), donde la mayor tasa de aparición (32.5 tallos 100 tallos $^{-1}$ mes $^{-1}$) ocurrió a 5 semanas durante la época de nortes, valor que fue similar al obtenido a 4 semanas (29.3 tallos), pero diferente y superior al registrado a 6 semanas, con 26.5 tallos. Sólo se encontró efecto de época para la tasa de muerte de tallos ($P<0.01$), donde el mayor promedio (21.3 tallos 100 tallos $^{-1}$ mes $^{-1}$) se obtuvo durante la época de lluvias (Cuadro 26).

Cuadro 26. Densidad, tasa de aparición y muerte de tallos de *Megathyrus maximus* cv. Tanzania, cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.

Frecuencia de corte (semanas)	Nortes	Sequía	Lluvias	Promedio
-------------------------------	--------	--------	---------	----------

Densidad de tallos (tallos m ⁻²)				
4	3,042 Aa	3,094 Aa	2,136 Ab	2,757 A
5	2,810 Aa	2,931 Aa	2,013 Ab	2,584 A
6	2,711 Aa	2,800 Ba	1,996 Ab	2,502 A
Promedio	2,854	2,942	2,048	
Tasa de aparición de tallos (tallos 100 tallos ⁻¹ mes ⁻¹)				
4	29.3 ABa	1.4 ABc	12.7 Ab	14.5 A
5	32.5 Aa	1.2 Bc	13.4 Ab	15.7 A
6	26.5 Ba	2.4 Ac	17.5 Ab	15.5 A
Promedio	29.4	1.7	14.5	
Tasa de muerte de tallos (tallos 100 tallos ⁻¹ mes ⁻¹)				
4	11.7 Ab	6.1 Ab	22.0 Aa	13.3 A
5	9.2 Ab	5.1 Ab	20.9 Aa	11.8 A
6	11.0 Ab	4.8 Ac	21.1 Aa	12.3 A
Promedio	10.6	5.3	21.3	

Letras diferentes, mayúsculas en la misma columna y minúsculas en la misma hilera, indican diferencias estadísticas entre tratamientos ($P < 0.05$).

En el presente estudio, durante el año de evaluación, todas las especies presentaron un patrón de crecimiento similar, con mayores rendimientos de forraje durante la época de lluvias, los cuales descendieron en nortes y sequía. Esta fluctuación del rendimiento ha sido indicada por otros investigadores (Ramírez *et al.*, 2003; Ramírez *et al.*, 2010); sin embargo, de acuerdo con Chapman y Lemaire (1993) la respuesta productiva de cada especie forrajera, no solo depende del ambiente donde se desarrolla, sino también de las características genéticas. Por tanto, las plantas doresponden en forma distinta en crecimiento y producción, dentro de una misma época del año.

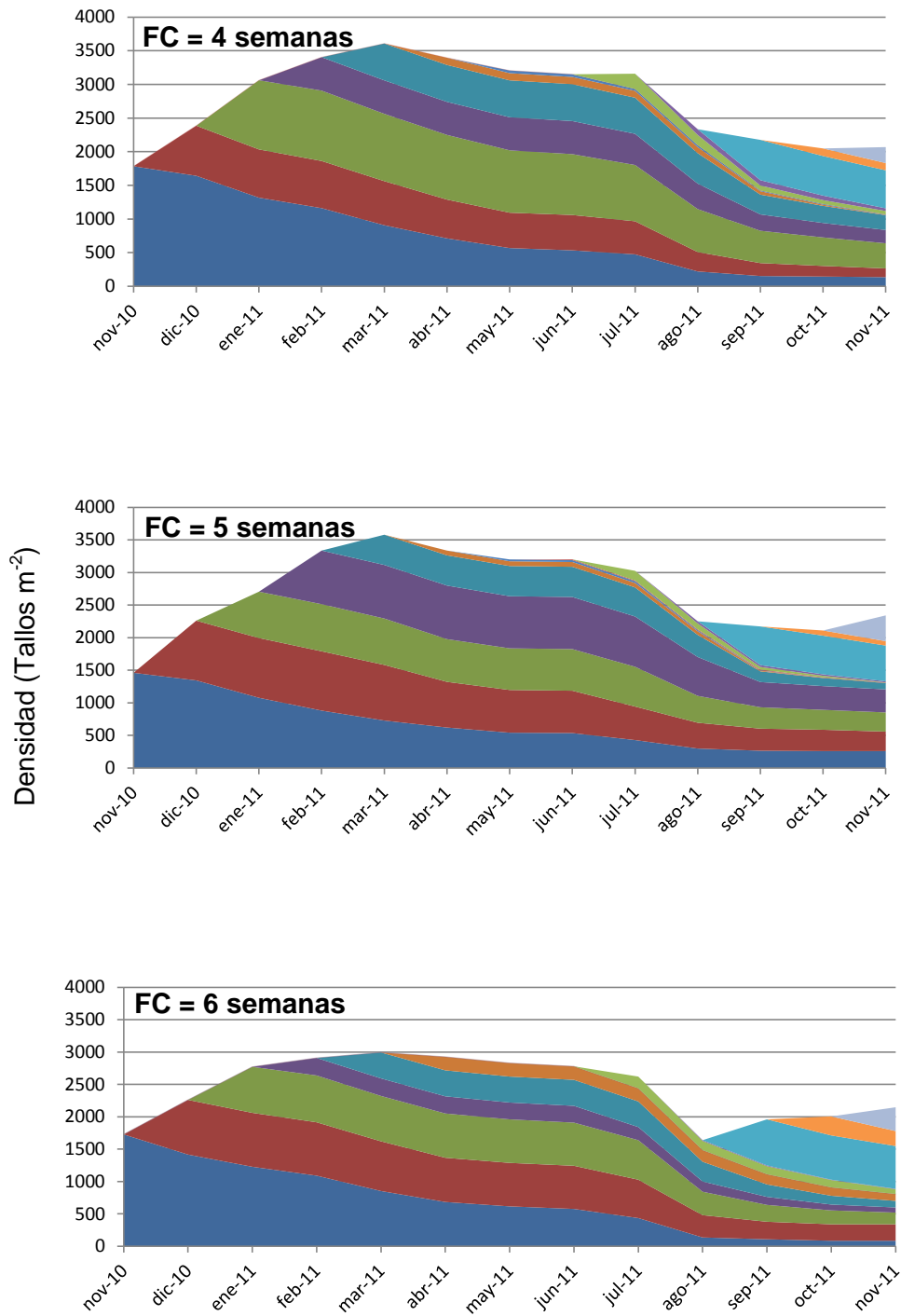


Figura 9. Cambios mensuales en la densidad de tallos de *Megathyrus maximus* cv. Tanzania (tallos m⁻²), cosechado a 4, 5 y 6 semanas después del rebrote.

4.4.8. Flujo de tejidos

4.4.8.1. Tasa de aparición de hojas y elongación de tallos

No existieron diferencias significativas entre frecuencias de corte en ninguna de las épocas del año en las tasas de aparición de hojas y elongación de tallos ($P>0.05$). La mayor tasa promedio de aparición de hojas se registro en la época de lluvias, seguida de nortes y seca ($P<0.05$; Cuadro 27). La mayor tasa de elongación de tallos se obtuvo en la época de lluvias.

Cuadro 27. Tasa de aparición de hojas y elongación de tallos de *Megathyrsus maximus* cv. Tanzania, cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.

Frecuencia de corte (semanas)	Nortes	Sequía	Lluvias	Promedio
Tasa de aparición de hojas (hojas tallo ⁻¹ día ⁻¹)				
4	0.101 Aa	0.019 Ab	0.172 Aa	0.097 A
5	0.149 Aa	0.011 Ab	0.165 Aa	0.108 A
6	0.132 Aa	0.010 Ab	0.139 Aa	0.094 A
Promedio	0.127 b	0.013 c	0.159 a	
Tasa de elongación de tallos (mm tallo ⁻¹ día ⁻¹)				
4	2.580 Ab	0.000 Ab	5.400 Aa	2.660 A
5	2.280 Ab	0.000 Ab	7.002 Aa	3.094 A
6	2.618 Ab	0.000 Ab	9.348 Aa	3.989 A
Promedio	2.493 b	0.000 b	7.250 a	

Letras diferentes, mayúsculas en la misma columna y minúsculas en la misma hilera, indican diferencias estadísticas entre tratamientos ($P<0.05$).

Se ha indicado que 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 tallos, durante un período de rebrote (Ramirez et

al., 2010). En este estudio se pudo apreciar que la falta de precipitación fue el factor principal que influyó en dichas características. Por otro lado, se observó que la tasa de aparición de hojas tendió a disminuir durante el proceso de crecimiento de las plantas. Al respecto, Pena *et al.* (2009) encontraron que la tasa de aparición de hojas disminuyó en pasto Tanzania con la reducción del intervalo de defoliación (aumento en el número de hojas emergidas por tallo) en el primer corte.

De acuerdo con Santos (2004), uno de los problemas principales, en el manejo del pasto Tanzania es el aumento en la cantidad de tallos al iniciar la floración. Este problema se presenta en la mayoría de las gramíneas forrajeras tropicales, ya que ocurre la elongación de tallos en la floración (Pena *et al.*, 2009). También en pasto Tanzania, Barbosa *et al.* (2002) encontraron una 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.

Mientras que en los cultivares Mombaza y Tanzania, Carnevalli (2003) y Barbosa (2004), respectivamente, observaron que combinaciones adecuadas de intensidad y frecuencia de pastoreo se puede controlar efectivamente la elongación del tallo, ya que con la progresiva acumulación de hojas, las nuevas hojas formadas en la punta del dosel vegetal (Woledge, 1978), o cuando las plantas pasan de un estado vegetativo a un estado reproductivo. Asimismo, en pasto Tanzania bajo pastoreo rotacional, Barbosa *et al.* (2002), encontraron que la tasa de aparición foliar disminuyó con el aumento en altura del dosel. Mientras que, Gomide *et al.* (2002) al evaluar al pasto Mombaza en pastoreo rotacional, con diferentes períodos de descanso, no encontraron diferencias en la tasa de aparición foliar. El mismo efecto anterior fue observado en pasto Mombaza por Garcez *et al.* (2002), quienes no encontraron efecto de la altura de corte sobre la tasa de elongación foliar.

4.4.8.2. Tasa de elongación, senescencia y crecimiento neto foliar

Se encontró efecto de la frecuencia de corte y época del año en la tasa de elongación foliar donde el mayor valor (136.86 mm tallo⁻¹ día⁻¹) se obtuvo en la frecuencia de 6 semanas durante la época de lluvias. Este valor fue 44 y 681 % mayor, en comparación con la de nortes y sequía, respectivamente ($P < 0.05$). No existieron diferencias significativas para tasa de elongación foliar en la época de nortes y sequía ($P > 0.05$). La tasa de senescencia foliar, durante las lluvias fue mayor que la de nortes y sequía, donde el valor más alto (47.64 mm tallo⁻¹ día⁻¹) se registró a las 6 semanas. Durante la época de nortes y sequía, la tasa promedio de senescencia foliar fue similar con valores de 2.00 y 2.28 mm tallo⁻¹ día⁻¹, respectivamente. En la época de lluvias, la tasa de crecimiento neto foliar fue 8 y 606 % mayor, en comparación, con la de nortes y sequía, respectivamente (Cuadro 28).

Cuadro 28. Tasa de elongación, senescencia y crecimiento neto foliar de *Megathyrus maximus* cv. Tanzania, cosechado a diferente frecuencia de corte, durante las épocas del año.

Frecuencia de corte (Semanas)	Nortes	Sequía	Lluvias	Promedio
Tasa de elongación foliar (mm tallo ⁻¹ día ⁻¹)				
4	47.25 Aa	12.63 Ab	50.77 Ba	36.88 B
5	59.90 Aa	10.61 Ab	79.09 ABa	49.86 B
6	77.60 Ab	10.90 Ac	136.86 Aa	83.64 A
Promedio	61.58 b	11.38 c	88.91 a	
Tasa de senescencia foliar (mm tallo ⁻¹ día ⁻¹)				
4	4.48 Aa	1.20 Ba	4.85 Ba	3.51 B
5	0.64 Ab	1.18 Bb	21.42 Ba	7.75 B
6	0.61 Ab	4.47 Ab	47.64 Aa	21.61 A
Promedio	2.00 b	2.28 b	24.64 a	

	Tasa de crecimiento neto foliar (mm tallo ⁻¹ día ⁻¹)			
4	42.77 Aa	11.43 Ab	45.92 Aa	33.37 A
5	59.26 Aa	9.43 Ab	57.67 Aa	42.12 A
6	76.99 Aa	6.43 Ab	89.22 Aa	62.04 A
Promedio	59.67 a	9.10 b	64.27 a	

Letras diferentes, mayúsculas en la misma columna y minúsculas en la misma hilera, indican diferencias estadísticas entre tratamientos ($P < 0.05$).

Por otro lado, en Mombaza (Coelho *et al.*, 2002) y Tanzania (Barbosa *et al.*, 2002) no se encontró efecto de la intensidad de pastoreo sobre la tasa de senescencia de hojas. La recuperación del dosel en una planta se caracteriza por el flujo de biomasa, involucrando el proceso de formación, crecimiento y senescencia de nuevas hojas y tallos. En un estudio con pasto *Megathyrsus maximus* cv. Mombaza, Candido *et al.* (2005) observaron aparición de hoja a 10 días después de la defoliación y 36 días de vida útil de las hojas. Mientras que Carvalho *et al.* (2005) al utilizar riego, observaron vida útil de la hoja hasta los 45 días lo cual se debió, probablemente, a alta tasa de aparición foliar ya que la planta presentó mayor velocidad de rebrote, lo cual generó disminución en la vida útil de la hoja.

Resultados similares a los del presente estudio fueron reportados por Ramírez (2009), quien al evaluar diferentes frecuencias de corte en *Megathyrsus maximus* cv. Mombaza en dos épocas del año, encontró comportamiento estacional similar, con mayor tasa de crecimiento foliar conforme se incrementó el intervalo de corte de 3 a 7 semanas. Asimismo, Sbrissia (2004) al evaluar al pasto Marandu, obtuvo menor material senescente al pastorear a 10 cm de altura, en verano. En tanto que Santos *et al.* (2004) en Mombaza, encontraron mayor número de hoja senescente a 35 y 49 días de crecimiento en verano y otoño. Por otro lado, Cándido *et al.* (2005) al evaluar al cultivar Tanzania encontraron una tasa de crecimiento foliar de 6 a 8 cm tallos⁻¹ día⁻¹. Mientras que Carvalho (2002) en Mombaza al cosechar a 15 y 30 cm de altura, obtuvo valores de 6.9 a 7.3 cm tallo⁻¹ día⁻¹ de crecimiento foliar, los cuales fueron similares a los encontrados en este estudio.

CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

En las gramíneas *Urochloa brizantha* cvs. Insurgente y Toledo, y *Megathyrsus maximus* cvs. Mombaza y Tanzania, conforme aumento el intervalo de corte incrementó la altura de plantas y rendimiento de forraje, debido a una acumulación alta de tallos y material muerto, lo que redujo las relaciones hoja:tallo y hoja:no hoja.

La frecuencia de corte de 4 semanas, presentó la mayor proporción de hoja en el rendimiento acumulado, y una menor acumulación de tallo y material muerto.

Los pastos Insurgente, Toledo, Mombaza y Tanzania presentaron mayor rendimiento de forraje en lluvias, con un mejor ahijamiento durante la época de nortes. La sobrevivencia de tallos fue la principal estrategia utilizada por las plantas para persistir durante la sequía; mientras que, durante la época de lluvias, se favoreció el recambio de tallos.

El rendimiento de forraje, composición morfológica y estructural de los pastos Insurgente, Toledo, Mombaza y Tanzania, se puede manipular mediante frecuencias de defoliación, en las diferentes épocas del año.

Para mejorar el rendimiento de forraje y su eficiencia, el pasto Insurgente, Toledo y Tanzania se deben cosechar cada 5 semanas, durante las tres épocas del año; mientras que Mombaza cada 4, 4 y 5 semanas, durante la época de nortes, sequía y lluvias, respectivamente.

Se sugiere seguir evaluando las especies y cultivares estudiadas por un período de tiempo mayor; así como su evaluación bajo condiciones de pastoreo.

LITERATURA CITADA

Adese L. B. 2006. Características morfofisiológicas e acúmulo de forragem em capim-Mombaça submetido a regimes de desfolhação (Tese doutorado). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, Brasil. 187 p.

Alden W G., Whitaker I. A. 1970. The determinants of herbage intake by grazing sheep: the inter relationship of factors influencing herbage intake and availability. *Australian Journal Agricult Research*, 21(5):755-766.

Argel, M. P., C. Hidalgo A., M. Lobo. 2000. Pasto Toledo (*Urochloa brizantha* CIAT 26110) gramínea de crecimiento vigoroso con amplio rango de adaptación a condiciones de trópico húmedo y subhúmedo. Boletín Técnico. Consorcio Tropileche. Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica. San José, Costa Rica. 18 p.

Arosteguy J. C., Hodgson J., Souter W. G., Barthram G. T. 1982. Herbage growth and utilization on swards grazed by cattle and sheep. *In: General eeting of the european grassland federation*, 9, Hurley. Proceedings ... Hurley: British Grassland Society. p.p. 155–158.

Bamikole A. M., Akinsoyinu, O. A., Ezenwa, I. O. J., Babayemi, J. O., Akinlade, J., Adewumi, K. M. 2004. Effect of six-weekly harvests on the yield, chemical composition and dry matter degradability of *Megathyrsus maximus* and *Stylosanthes hamata* in Nigeria. *Grass and Forage Science*, 59:357–363. 148

Barbosa R. A. 2004. Características morfofisiológicas e acúmulo de forragem em capim-Tanzânia (*Megathyrsus maximus* Jacq. cv. Tanzânia) submetido a frequências e intensidades de pastejo. (Tese Doutorado). Universidade Federal Viçosa. Viçosa, Brasil. 116 p.

Barbosa R. A., Nascimento J. D., Vilela H. H., Sousa B. M. L., Da Silva S. C., Euclides V. P. B., Da Silveira M. C. T. 2012. Morphogenetic and structural characteristics of guinea grass tillers at different ages under intermittent stocking. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41(7): 1583-1588.

Barbosa R. A., Nascimento Jr. D., Euclides V. P. B., Da Silva S. C., Zimmer A. H., Torres Jr. R. A. A. 2007. Capim-tanzânia submetido a combinações entre intensidade e freqüência de pastejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42(3):329-340.

Barbosa A. R., Nascimento Jr. D., Euclides B. V. P., Regazzi J. A. e Fonseca M. D. 2002. Características morfogênicas e acúmulo de forragem do capim-tanzânia (*Megathyrsus maximus* Jacq. cv. Tanzânia) em dois resíduos forrageiros pós-pastejo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31(2):583-593.

Barioni L. G., Martha Junior G. B., Ramos A. K. B., Veloso R. F., Rodrigues D. C. de, Vilela L. 2003. Planejamento e gestão do uso de recursos forrageiros na produção de bovinos em pastejo. *In: Sinposio sobre manejo da pastagem*, 20. Piracicaba. Anais... Piracicaba: FEALQ. p.p. 105-153.

Barthram E., Duff G. T. I., Elston D. A., *et al.* 2005. Frequency distributions of sward height under sheep grazing. *Grass and Forage Science*, 60:04–16.

Bauer M. O., Pacheco L. P. A., Chichorro J. F., Vasconcelos L. V., Pereira D. F. C. 2011. Produção e características estruturais de cinco forrageiras do gênero *Brachiaria* sob intensidades de cortes intermitentes. *Revista de Ciencia Animal Brasileira*, 12(1):17-25.

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

Briske D. D. 1996. Strategies of plant survival in grazed systems: A functional interpretation. *In*: Hodgson, J. and Illius, A.W. (eds.). The ecology and management of grazing systems. London: CAB International, cap. 2. p.p. 37- 67.

Briske, D.D. 1991. Developmental morphology and physiology of grasses. *In*: Heitschmidt, R.K.; Stuth, J.W. Grazing management. Portland: Timber, cap. 4. p.p. 85 –108.

Bullock J. M. 1996. Plant competition and population dynamics. *In*: Hodgson, J.; Illius, A.W. (eds.) The ecology and management of grazing systems. Wallingford: CAB International. p.p. 69-100.

Cab J. F. E., Enríquez Q. J. F., Pérez P. J., Hernández G. A., Herrera H. J. G., Ortega J. E., Quero C. A. R. 2008. Potencial productivo de tres especies de *Brachiaria* en monocultivo y asociadas con *Arachis pintoi* en Isla, Veracruz. Revista Técnica Pecuaria México, (46):317-332.

Cândido D. M. J., Silva G. R., Neiva M. J. N., Facó O., Benevides I. Y., Farias F. S. 2006. Fluxo de biomassa em capim-tanzânia pastejado por ovinos sob três períodos de descanso. Revista Brasileira de Zootecnia, 35(6):2234-2242.

Cândido D. M. J., Gomide M. C. A., Alejandrino E., Gomide J. A., Pereira E. W. 2005. Morfofisiologia do Dossel de *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça sob lotação intermitente com três períodos de descanso. Revista Brasileira de Zootecnia, 34(2):406-415.

Canto M. W., Cecato U., Peternelli M., Jobim C. C., Almeida J. J., Rigolon L. P., Watfe E., Barrionuevo C. V., Nunes B. R. C. 2001. Efeito da altura do capim-tanzânia diferido nas características da pastagem no período de inverno. Revista Brasileira de Zootecnia, (30):1186-1193.

Carlos A. y Chacon L. 2005. Evaluacion de pasturas de *Brachiaria Humidicola* sola y en asociacion con *Desmodium ovalifolium*, en sistema de pastoreo rotativo, al norte del estado Tachira. IX Seminario de pastos y forrajes. pp 138-149.

Carloto M. N., Euclides V. P. B., Montagner D. B., Lempp B., Difante G. S., De Paula C. C. L. 2011. Desempenho animal e características de pasto de capim-Xaraés sob diferentes intensidades de pastejo, durante o período das águas. Pesquisa Agropecuaria Brasileira, 46(1): 97-104.

Carnevalli R. A. 2003. Dinâmica da rebrotação de pastos de capim-mombaça submetidos a regimes de desfolhação intermitente. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, Brasil. 136 p.

Carnevalli R. A., Da Silva S. C., Bueno A. A. O., Uebele M. C., Bueno F. O., Silva G. N., Moraes J. P. 2006. Herbage production and grazing losses in *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça under four grazing managements. Tropical Grasslands, 40:165–176.

Carvalho B. C. A., Da Silva C. S., Sbrissia F. A., Pinto M. L. F., Carnevalli A. R., Fagundes L. J., Pedreira S. C. G. 2000. Demografia do perfilhamento e taxas de acúmulo de matéria seca em capim tifton 85 sob pastejo. Scientia Agricola, 57(4):591-600.

Carvalho D. D. 2002. Leaf morphogenesis and tillering behaviour in single plants and simulated swards of Guinea grass (*Megathyrsus maximus* Jacq.) cultivars. (Ph. D. thesis). Massey University. New Zealand. 154 p.

Casagrande D. R., Ruggieri A. C., Moretti M. H., Berchielli T. T., Vieira B. R., Roth A. P. T. P., Reis R. A. 2011. Sward canopy structure and performance of beef heifers under supplementation in *Urochloa brizantha* cv. Marandu pastures maintained with

three grazing intensities in a continuous stocking system. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40(10):2074-2082.

Casagrande D. R., Ruggieri A. C., Rosseto J. E., Gomide J. A., Reis R. A., Valente A. L. S. 2010. Características morfogênicas e estruturais do capim-marandu manejado sob pastejo intermitente com diferentes ofertas de forragem. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(10):2108-2115.

Casal J. J., Sánchez R. A., Deregibus V. A. 1987. Tillering responses of *Lolium multiflorum* plants to changes of red/far-red ratios typical of sparse canopies. *Journal of Experimental Botany*, 38:1432-1439.

Cecato U. A., Machado O. M., Martins E. N., Pereira L. A. F., Barbosa M. A. A. F., Santos G. T. 2000. Avaliação da produção e de algumas características da rebrota de cultivares e acessos de *Megathyrus maximus* Jacq. sob duas alturas de corte. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 29(3):660-668.

Chacon E., Stobbs T. H. 1976. Influence of progressive defoliation of a grass sward on the eating behavior of cattle. *Australian Journal of Agricultural Research*, 27:709–727.

Chapman D. F. and Lemaire G. 1993. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. *Proc XVII Internat Grass Congr. New Zealand and Australia*. pp. 95-104.

Chapman D. F., and Lemaire G. 1993. Morphogenic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. *In: Baker, M. J. (Ed.). Grasslands for our world*. Wellington: SIR. chap. 3, p.p. 55-64.

Costa K. A. P., Rosa B., Oliveira I. P., Custodio D. P., Silva D. C. 2005. Efeito da estacionlidade na produção de materia seca e composição bromatológica da *Urochloa brizantha* cv. Marandu. *Ciência Animal Brasileira*, 6(3):187-193.

Costa N. L., Paulino V. T., Townsend C. R., Magalhães J. A., Oliveira J. R. C. 2007. Desempenho agrônômico de genótipos de *Urochloa brizantha* em diferentes idades de corte em Porto Velho, Rondônia, Brasil. *Revista Electronica de Veterinaria*, 8(8):1-5.

Costa N. L. y Saibro J. C. 1984. Adubação nitrogenada, épocas e alturas de corte em *Paspalum guenoarum* Arech. *Agronomia Sulriogrande*, 20(1):33-49.

Cruz P. y 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. Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology*. CABI Publishing. UK. p.p. 101-126.

Cruz P. y Boval M. 1999. Effect of nitrogen on some traits to temperate and tropical perennial forage grasses. *In: Lemaire, G. (ed) Grassland ecophysiology and grazing ecology. Proceedings of an International Symposium, Curitiba, Brazil*. p.p. 134-150.

Cruz H. A., Hernández G. A., Enríquez Q. J. F., Gómez V. A., Ortega J. E., Maldonado G. N. M. 2011. Producción de forraje y composición morfológica del pasto Mulato (*Brachiaria* híbrido 36061) sometido a diferentes regímenes de pastoreo. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 2(4):429-443.

Cruz L. P. I., Hernández G. A., Enríquez Q. J. F., Mendoza P. S. I., Quero C. A. R., Joaquín T. B. M. 2001. Desempenho agrônômico de genótipos de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickt en el trópico húmedo de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 34(2):123-131.

Da Silva C. S. y Nascimento J. D. 2006. Ecofisiologia de plantas forrageiras. *Em: Pereira, O. G. Obeid, J. A., Do Nascimento, J. D. Fonseca, D. M. (Eds.). Anais do III Simpósio sobre manejo estratégico da pastagem. UFV. Viçosa, Brasil. p.p. 1- 42.*

Da Silva C. S., Bueno A. A. O., Carnevalli R. A., Uebele M. C., Bueno F.O., Hodgson J., *et al.* 2009. Sward structural characteristics and herbage accumulation of *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça subjected to rotational stocking managements. *Scientia Agricola*, 66(1):8-19.

Da Silva C. S. y Nascimento Jr. D. 2007a. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. Suplemento especial. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36:121-138.

Da Silva C. S. y Nascimento Jr. D. 2007b. Ecofisiologia da produção animal em pastagem e suas implicações sobre o desempenho e a produtividade de sistemas pastoris. *Anais do VI Simpósio de Forragicultura e Pastagens. Lavras-MG, Brasil. 1-48 pp.*

Da Silva C. S. y Pedreira C. G. S. 1997. Princípios de ecologia aplicados ao manejo da pastagem. *In: Simpósio sobre manejo da pastagem, 3, Piracicaba. Anais... Piracicaba : FEALQ. pp. 1-62.*

Davies A. 1974. Leaf tissue remaining after cutting and regrowth in perennial ryegrass. *Journal of Agricultural Science*, 82:165-172.

Davies A. 1988. The regrowth of grass swards. *In M.B. Jones and A. Lazenby (eds.) The grass crop: The physiological basis of production. Chapman and Hall, London. p.p. 85-127.*

Davies A. 1993. Tissue turnover in the sward. *In: Davies, A. et al. (Eds). Sward measurement handbook. 2. ed. Reading: British Grassland Society. p.p. 183-216.*

Demment G. P. and Greenwood G. B. 1988. Forage ingestion: effects of sward characteristics and body size. *Journal Animal Science*, 66:2380-2392.

Deregibus V. A., Sanchez R. A., Casal J. J. 1983. Effects of light quality on tiller production in *Lolium* spp. *Plant Physiology*, 72:900-902.

Deregibus, V. A., Jacobo E., Ansin O. E. 2001. Grassland use and plant diversity in grazed ecosystems. *In: Gomide J.A., Mattos W.R.S., Da Silva S.C. (Eds.) Proceedings XIX International Grassland Congress, São Pedro, São Paulo, Brasil.* pp. 879-882.

Deregibus V. A., Sanchez R. A., Casal J. J., Telica M. J. 1985. Tillering responses to enrichment of red light beneath the canopy in humid natural grassland. *Journal of Applied Ecology*, 22:199-206.

Difante G. S., Euclides V. P. B., Nascimento Jr. D., Da Silva S. C., Barbosa R. A., Torres Jr. R. A. A. 2010. Desempenho e conversão alimentar de novilhos de corte em capim-tanzânia submetido a duas intensidades de pastejo sob lotação rotativa. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(1):33-41.

Difante G. S., Nascimento Jr. D., Da Silva C. S., Euclides V. P. B., Zanine M. A., Adese B. 2008. Dinâmica do perfilhamento do capim-marandu cultivado em duas alturas e três intervalos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37:189-196.

Difante G. S. 2005. Desempenho de novilhos, comportamento ingestivo e consumo voluntário em pastagem de *Megathyrsus maximus* Jacq. cv. Tanzânia. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, Brasil. 74 p.

Difante G. S., Nascimento Jr. D., Da Silva S. C., Euclides B. V. P., Baptaglin M. D., Teixeira S. M. C., Da Silva P. K. 2011. Características morfogênicas e estruturais do

capim-marandu submetido a combinações de alturas e intervalos de corte. Revista Brasileira de Zootecnia, 40(5):955-963.

Dong S. K., Kang M. Y., Hu Z. Z., Long R., Pu X. P. 2004. Performance of cultivated perennial grass mixtures under different grazing intensities in the alpine region of the Qinghai-Tibetan Plateau. Grass and Forage Science, (59):298-306.

Dubeux J. C., Sollenberger L. E., Vendramini J. M., Stewart R. L., Interrante S.M. 2006. Litter mass, deposition rate, and chemical composition in bahiagrass pasture managed at different intensities. Crop Science, 46: 1299-1304

Durand J. L., Gastal F., Etchebest S. *et al.* 1997. Interspecific variability of plant water status and leaf morphogenesis in temperate forage grasses under summer water deficit. European Journal of Agronomy, 7: 99- 107.

Durand J. L., Varlet-Chandler C., Lemaire G. *et al.* 1991. Carbon partitioning in forage crops. Acta Biotheoretica, 39: 213-224.

Duru M. and 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.

EMBRAPA. Capim-xaraés tem registro de origem e garantia da Embrapa. Disponível em:<<http://www.embrapa.br:8080/aplic/bn.nsf/f7c8b9aeabc42c8583256800005cfec7/1776761d7f3ec1c083256cb800516f67?OpenDocument>>. Consultado: 13/marzo/2004.

EMBRAPA-CNPGC. Xaraés é o mais novo capim lançado pela EMBRAPA Gado de Corte. Disponível em:<<http://www.cnpgc.embrapa.br/salaimprensa/2001/xaraes/xaraes.html>>. Consultado: 13/marzo/2004.

Enríquez Q., J. F. y A. R. Quero C. 2006a. Producción de semillas de gramíneas y leguminosas forrajeras tropicales. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Libro Técnico Número 11. Veracruz, México. 109 p.

Enríquez Q., J. F. y A. R. Quero C. 2006b. Reseña de la producción y suministro de semilla de especies forrajeras en México. En: M. E. Velasco Z., A. Hernández G., R. Pérezgrovas G y B. Sánchez M. (eds.). Producción y manejo de recursos forrajeros tropicales. U. A. de Chiapas. pp. 217-237. Tuxtla Gutiérrez, Chis.

Enríquez Q. J. F. y Romero M. J. 1999. Tasa de crecimiento estacional a diferentes edades de rebrote de 16 ecotipos de *Brachiaria ssp.* en Isla, Veracruz. Revista Agrocencia, 33:141-148.

Euclides V. P. B., Cardoso E. G., Macedo M. C. M. *et al.* 2000. Consumo voluntário de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk e *Urochloa brizantha* cv. Marandu sob pastejo. Revista Brasileira de Zootecnia, supl.2, 29(6):2200-2208.

Euclides V. P. B., Macedo M. C. M., Vieira A. *et al.* 1993. Evaluation of *Panicum maximum* cultivars under grazing. *In*: Proceedings of the XVII International Grassland Congress, 1993, Rockhampton, Australia, p.p. 1999-2000.

Festo J. M., Sabed N. A., Jeremy A. R. 2003. The impact of temperature on leaf appearance in bamba groundnut landraces. Crop Science, (43):1375-1379.

Flores R. S., Euclides V. P. B., Abrao M. P. C., Galbeiro S., Difante G. S., Barbosa R. A. 2008. Desempenho animal, produção de forragem e características estruturais dos capins marandu e xaraes submetidos a intensidades de pastejo. Revista Brasileira de Zootecnia, 37(8):

Freitas F. P., Fonseca D. M., Braz T. G. S., Martuscello J. A., Santos M. E. R. 2012. Forage yield and nutritive value of Tanzania grass under nitrogen supplies and plant densities. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41(4): 864-872.

Fuerza Aérea Mexicana. 2012. Estadística meteorológica mensual. Dirección de Servicio Meteorológico. Estación Loma Bonita, Oaxaca, México.

Fulkerson W. J. and Slack K. 1995. Leaf number as a criterion for determining defoliation time for *Lolium perenne*. 2. Effect of defoliation frequency and height. *Grass and Forage Science*, 50(1):16-20.

Garcez N. F. A., Nascimento D. Jr., Regazzi A. J., Fonseca D. M., Mosquim P. R., Gobbi K. F. 2002. Respostas morfológicas e estruturais de *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e alturas de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31(5):1890-1900.

Gastal F., Lemaire G., Lestienne F. 2004. Defoliation, shoot plasticity, sward structure and herbage utilisation. *In*: Pizarro E. *et al.* editors. Symposium on grassland ecophysiology and grazing ecology, 2, UFPR, Curitiba. Anais. Curitiba. CD-ROM.

Gerdes L., Werner C. J., Colozza T. M., Carvalho D. D., Schammas A. E. 2000. Avaliação de características agrônômicas e morfológicas das gramíneas forrageiras Marandu, Setária e Tanzânia aos 35 dias de crescimento nas estações do ano. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 29(4):947-954.

Giacomini A. A. 2007. Demografia do perfilhamento e produção de forragem em pastos de capim-marandu submetidos a regimes de lotação intermitente por bovinos de corte. (Tese Doutorado). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba, São Paulo. Brasil. 175 p.

Gómez F. E., Díaz S. H., Saldívar F. A., Briones E. F., Vargas T. V., Grantd W. E. 2007. Patrón de crecimiento de pasto buffel [*Pennisetum ciliare* L. (Link.) Sin. *Cenchrus ciliaris* L.] en Tamaulipas, México. Revista Técnica Pecuaria México, 45(1):1-17.

Gomide M. C. A., Gomide J. A., Alexandrino E. 2003. Índices morfogênicos e de crescimento durante o estabelecimento e a rebrotação do capim-mombaça (*Megathyrsus maximus* Jacq.). Revista Brasileira de Zootecnia, 32(4):795-803.

Gomide C. A. M., Gomide J. A., Pereira O. G. *et al.* 2002. Morfogênese e acúmulo de biomassa em capim-mombaça sob pastejo rotacionado observando diferentes períodos de descanso. *In: Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia*, 39, 2002. Recife – PE, Anais., Recife: SBZ. CD ROM (forragicultura).

Gomide C. A. M. y Gomide J.A. 2000. Morfogênese de cultivares de *Megathyrsus maximus* Jacq. Revista Brasileira de Zootecnia, 29(2):341-348 pp.

Gomide C. A. M., Gomide J. A., Queiroz D. S., Paciullo D. S. C. 1997. Fluxo de tecidos em *Brachiaria decumbens*. *In: Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia*, 34, 1997. Juiz de Fora, Anais... Juiz de Fora: SBZ. p. p. 117-119.

Gomide J. A. 1997. Morfogênese e análise de crescimento de gramíneas tropicais. *In: Simpósio internacional sobre produção animal em pastejo*, Anais Universidade Federal Viçosa. Viçosa, Brasil. p. p. 411- 430.

Gomide J.A. y Zago C. P. 1980. Crecimiento e recuperação do capim Colonião após o corte. Revista Brasileira de Zootecnia, 9(2):293-305.

Grant S. A., Barthram G. T., Torvell L., King J., Smith H. K. 1983. Ward management, lamina turnover and tiller population density in continuously stocked *Lolium perenne* L. dominated sward. Grass and Forage Science, 38:333-344.

Hernández G. A., Martínez H. P. A., Mena U. M., Pérez P. J., Enríquez Q. J. F. 2002. Dinámica del rebrote en pasto Insurgente (*Brachiaria brizantha* Hochst. stapf.) pastoreado a diferente asignación en la estación de lluvia. Revista Técnica Pecuaria México, 40(2): 193-205.

Hirata M. and Pakiding W. 2004. Tiller dynamics in Bahia grass (*Paspalum notatum*): an analysis of responses to nitrogen fertilizer rate, defoliation intensity and season. Tropical Grassland, (38):100-111.

Hodgson J. 1990. Grazing management: science into practice. Longman Scientific & Technical. Harlow, England. 204 p.

Humphreys, L.R. 1978. Tropical pastures and fodder crops. Longman Group. 135 p.

Hunt L. A. 1965. Some implications of death and decay in pasture production. The Journal of the British Grassland Society, 20:27-31.

Jank L., Do Valle C. B., Resende R. M. S. 1996. Grass and forage plant improvement in the tropics and subtropics. *In*: McGiloway, D. A. (Ed.). Grassland: a global resource. Wageningen Academic Publishers. The Netherlands. p. p. 69-80.

Korte C. J. 1986. Tillering in "Grassland Nui" perennial ryegrass swards. 2. Seasonal pattern of tillering and age of flowering tillers with two mowing frequencies. New Zealand Journal of Agricultural Research, 29:629-638.

L'Huilier P. J. 1987. Tiller appearance and death of *Lolium perenne* in mixed swards grazed by dairy cattle at two stocking rates. New Zealand Journal of Agricultural Research, 30:15-22.

Lambers H., Chapin III F. S., Pons T. L. 1998. Plant physiological ecology. Springer. 540 p.

Langer R. H. M. 1956. Growth and nutrition of Timothy (*Phleum pratense*). I. Life story of individual tillers. *Annals of Applied Biology*, 44:166-187.

Langer R. H. M. 1963. Tillering in herbage grasses. *Herbage Abstracts*, Farm Royal, 33:141- 148.

Lara M. A. S. 2007. Respostas morfofisiológicas de cinco cultivares de *Brachiaria spp.* às variações estacionais da temperatura do ar e do fotoperíodo. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba, São Paulo. Brasil. 91 p.

Lascano C. *et al.* 2002. Pasto Toledo. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. 22 p.

Lemaire G. 2001. Ecophysiology of grasslands: dynamic aspects of forage plant populations in grazed swards. *In: Gomide, J. A., Mattos W.R.S., Da Silva S. C. (Eds). Proceedings of the XIX International Grassland Congress, São Pedro, São Paulo, Brasil. pp. 29-37.*

Lemaire G. and Agnusdei M. 2000. Leaf tissue turnover and efficiency of herbage utilization. *In: Lemaire G. et al. (ed.) Grassland ecophysiology and grazing ecology, CAB International, Wallingford, UK. pp. 265-288.*

Lemaire G. and Chapman D. 1996. Tissue flows in grazed plant communities. *In: Hodgson J., Illius A.W. (Ed.). The ecology and management of grazing systems. London: CAB International, chap. 1, pp. 3-36.*

Liu Y., Wang D., Wang X., Ba L., Sun W. 2002. Comparison of leaf turnover for *Leymuns chinensis* and *Phragmites communis* after grazing. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 13(5):573-576.

Ludlow, M. M. 1980. Stress physiology of tropical pasture plants. *Tropical Grassland*, (12):136-145.

Machado L. A. Z, Fabrício A. C., De Assis P. G., Maraschin G. E. 2007. Estrutura do dossel em pastagens de capim-marandu submetidas a quatro ofertas de lâminas foliares. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 42(10):1495-1501.

Man N. V. and Wiktorsson H. 2003. Forage yield, nutritive value, feed intake and digestibility of three grass species as affected by harvest frequency. *Tropical Grassland*, 37:101-110.

Marcelino K. R. A., Nascimento Jr. D., Da Silva S. C., Euclides V. P. B., Fonseca D. M. 2006. Características morfológicas e estruturais e produção de forragem do capim-marandu submetido a intensidades e frequências de desfolhação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35(6):2243-2252.

Marcelino A. K. R. 2004. Características morfológicas e estruturais e produção de forragem nos capins marandu e mombaça submetidos a diferentes intensidades e frequências de desfolhação. (Tese Doutorado). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, Brasil. 141 p.

Mari J. L. 2003. Intervalo entre cortes em capim-marandu [*Urochloa brizantha* (Hochst. Ex A-Rich) Stapf cv. Marandu] produção, valor nutritivo e perdas associadas à fermentação da silagem. (Dissertação Mestrado). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Piracicaba, São Paulo, Brasil. 138 p.

Marshall C. 1987. Physiological aspects of pasture growth. *In*: Snaydon R. W. (Ed.). *Managed grasslands analytical studies*. Amsterdam: Science Publ., chap. 4, pp. 29-46.

Martínez M. D., Hernández G. A., Enríquez Q. J. F., Pérez P. J., González M. S. S., Herrera H. J. G. 2008. Producción de forraje y componentes del rendimiento del pasto *Brachiaria humidicola* CIAT 6133 con diferente manejo de la defoliación. *Revista Técnica Pecuaria México*, 46(4):427-438.

Matthew C. 2002. Translocation from flowering to daughter tillers in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Australian Journal of Agricultural Research*, 53(1):21-28.

Matthew C., Assuero S. G., Black C. K., Sackville H. N. R. 2000. Tiller dynamics of grazed swards. *In: Lemaire G., Hodgson J., Moraes A., Carvalho P. C. F., Nabinger C. (ed.) Grassland ecophysiology and grazing ecology*, CAB International, Wallingford, UK. pp. 127-150.

Matthew C., Van Loo E. N., Thom E. R., Dawson L. A., Care D. A. 2001. Understanding shoot and root development. *In: XIX International Grassland Congress. Brazilian Society Animal Husbandry. Sao Pedro, Sao Paulo, Brasil.* pp. 19-27.

Matthew C., Lemaire G., Sackville H. N. R., Hernández G. A. 1995. A modified selfthinning equation to describe size/density relationships for defoliated swards. *Annals of Botany*, 76:579-587.

Mazzanti A. and Lemaire G. 1994. Effects of nitrogen fertilization on the herbage production of tall fescue swards grazed continuously with sheep. 2. Consumption and efficiency of herbage utilization. *Grass and Forage Science*, 49:352-359.

Mello A. C. L. y Pedreira C. G. S. 2004. Respostas morfológicas do capim- tanzânia (*Megathyrsus maximus* Jacq. cv. Tanzânia- 1) irrigado à intensidade de desfolha sob lotação rotacionada. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33(2):282-289.

Mesquita P., Da Silva S. C., Paiva A. J., Caminha F. O., Pereira L. E. T., Guarda V. A., Nascimento Jr. D. 2010. Structural characteristics of marandu palisadegrass swards subjected to continuous stocking and contrasting rhythms of growth. *Scientia Agricola*, 67(1):23-30.

Middleton C. H. 1982. Dry matter and nitrogen changes in five tropical grasses as influenced by cutting height and frequency. *Tropical Grassland*, 16:112-117.

Milchunas D. G., Sala O. E., Lauenroth W. K. 1988. A generalized model of the effects of grazing by large herbivores on grassland community structure. *American Naturalist*, 132:87-106.

Molan K. L. 2004. Estrutura do dossel, interceptação luminosa e acúmulo de forragem em pastos de capim-marandu submetidos a alturas de pastejo por meio de lotação contínua. (Dissertação Mestrado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, São Paulo, Brasil. 159 p.

Montagner D. B., Nascimento Jr. D., Vilela H. H., Sousa B. M. L., Euclides V. P. B., Da Silva D. C., Carloto M. N. 2012. Tilling dynamics in pastures of guinea grass subjected to grazing severities under intermittent stocking. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41(3): 544-549.

Morais V. R., Fonseca M. D., Nascimento Jr. D., Ribeiro J. J. I., Fagundes L. J., Moreira L. M., Mistura C., Martuscello J. A. 2006. Demografia de perfilhos basilares em pastagem de *Brachiaria decumbens* adubada com nitrogênio. *Revista Brasileira de Zootecnia* 35:380-388.

Morales A. A. 1998. Morfogênese e repartição de carbono em *Lotus corniculatus* L. cv. São Gabriel sob o efeito de restrições hídricas e luminosas. Tese (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. 74 p.

Murphy J. S. and Briske D. D. 1992. Regulation of tillering by apical dominance: chronology, interpretive value, and current perspectives. *Journal of Range Management*, 45(5):419-429.

Nabinger C. 1998. Princípios de manejo e produtividade de pastagens. Anais do III ciclo de palestras em produção e manejo de bovinos de corte. ULBRA. Canoas, Brasil. pp. 54-107.

Nabinger C. 1997. Eficiência do uso de pastagens: disponibilidade e perdas de forragem. *In*: Peixoto A. M., Moura J. C., Faria V. P. (eds.). Anais do 14º Simpósio sobre manejo da pastagem. Tema: Fundamentos do pastejo rotacionado. FEALQ, Piracicaba, Sao Paulo. pp. 231-251.

Nabinger C. 1996. Princípios da exploração intensiva de pastagens. *Em*: Peixoto A. Moura, Faria, V. P. J. C. (Eds.). Anais do 13 Simpósio sobre manejo da pastagem: produção de bovinos a pasto. FEALQ, Brasil. pp. 15-96.

Nelson C. J. 2000. Shoot morphological plasticity of grasses: leaf growth vs. tillering. *In*: Lemaire G., Hodgson J., Moraes A., Carvalho P.C.F., Nabinger C. (Ed.). *Grassland ecophysiology and grazing ecology*. Wallingford: CABI Publ., chap. 6. pp. 101-126.

Nunes S. G., Boock A., Penteado O. M. A., Gómez T. D. 1984. *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria. Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte. Campo Grande, M. S. 31 p.

Odum E. P. 1963. *Ecology. The link between the natural and the social sciences*. 2nd. Ed, Holt, Rinehart and Winston, New York, USA. 244 p.

Oliveira M. A., Pereira O. G., Huaman C. A. M., Garcia R., Gomide J. A., Cecon P. R., Silveira P. R. 2000. Características morfogênicas e estruturais do capim-bermuda

“Tifton 85” (*Cynodon spp.*) em diferentes idades de rebrota. Revista Brasileira de Zootecnia, Suplemento 1, 29(6):1939-1948.

Ometto J. C. 1981. Bioclimatologia vegetal. Edit. Agron. Ceres Ltda. São Paulo. Brasil. 425 p.

Ongnecker N., Kirby E. J. M., Robson A. 1993. Leaf emergence, tiller growth, and apical development of nitrogen-deficient spring wheat. Crop Science, 33:154-160.

Parsons A. J., Johnson I. R., Harvey A. 1988. Use of a model to optimize the interaction between frequency and severity of intermittent defoliation and to provide a fundamental comparison of the continuous and intermittent defoliation of grass. Grass and Forage Science, 43(1):49-59.

Pedreira B. C. 2006. Interceptação de luz, arquitetura e assimilação de carbono em dosséis de capim-xaraés *Urochloa brizantha* (A. Rich.) Stapf. cv. Xaraés submetidos a estratégias de pastejo rotacionado. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Ciência Animal e Pastagens). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, São Paulo, Brasil. 86 p.

Pedreira B. C., Pedreira C. G. S., Da Silva S. C. 2007. Estrutura do dossel e acúmulo de forragem de *Urochloa brizantha* cultivar Xaraés em resposta a estratégias de pastejo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 42:281–287.

Pequeno, D. N. L. 2010. Intensidade de pastejo como condicionante da estrutura do dosel e da assimilação carbono de pastos de capim Xaraes (*Brachiaria birzantha* (A. Rich) Stapf. cv. Xaraes) sob lotação contínua. Piracicaba, SP: ESALQ. Dissertacao (Maestrado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, Brasil. 75 pp.

Peralta M. A. 1990. Pasto Insurgente *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf. para incrementar la producción de carne y leche en el trópico de México. Folleto técnico No. 1 INIFAP-CIRPAS. 21 p.

Pereira V. V., Fonseca D. M., Martuscello J. A., Cecon P. R., Santos M. V., Braz T. G. S. 2012. Biomass accumulation in mombasa guineagrass plants under different levels of nitrogen supply and plant densities. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41(5): 1118-1126.

Pereira R. C., Ribeiro K. G., Andrade R. D., Silva J. De L., Silva E. B., Fonseca D. M., Cecon P. R., Pereira O. G. 2012. Structural and productive characteristics of Marandu and Xaraés grasses fertilized at different times after harvesting. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41(3): 557-564.

Pereira *et al.* (ed.). 2003. Anais do II Simposio sobre manejo estratégico da pastagem. <http://www.duke.edu/~jlorete/ecophys/rootdistrib.html>. Consultado: 08/02/2003.

Pérez A. J. A., García M. E., Enríquez Q. J. F., Quero C. A. R., Pérez P. J., Hernández G. A. 2004. Análisis de crecimiento, área foliar específica y concentración de nitrógeno en hojas de pasto "mulato" (*Brachiaria* híbrido, cv.). *Revista Técnica Pecuaria México*, 42(3):447-458.

Peters M. *et al.* 2003. Especies forrajeras multipropósito: opciones para productores de Centroamérica. Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 114 p.

Portela J. N., Pedreira C. G. S., Braga G. J. 2011. Demografia e densidade de perfilhos de capim-braquiária sob pastejo em lotação intermitente. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 46(3): 315-322.

Queiroz D. S., Gomide J. A., Maria J. 2000. Avaliação da folha e do colmo de topo e base de perfilhos de três gramíneas forrageiras. 2. Anatomia 1. Revista Brasileira de Zootecnia, 29(1):61-68.

Quero C. A. R., Enríquez Q. J. F., Miranda J. L. 2007. Evaluación de especies forrajeras en América tropical, avances o status quo. Revista Interciencia, 32(8):566-571.

Ramírez R. O., Hernández G. A., Da Siva S. C., Pérez P. J., Salim J. S. J., Castro R. R., Enríquez Q. J. F. 2010. Características morfogénicas y su influencia en el rendimiento del pasto mombaza, cosechado a diferentes intervalos de corte. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 12: 303 – 311.

Ramírez R. O., Hernández G. A., Da Silva S. C., Pérez P. J., Enríquez Q. J. F., Quero C. A. R., Herrera H. J. G., Cervantes N. A. 2009. Acumulación de forraje, crecimiento y características estructurales del pasto Mombaza (*Megathyrsus maximus* Jacq.) cosechado a diferentes intervalos de corte. Revista Técnica Pecuaria México, 47(2):203-213.

Ramírez R. O., Pérez P. J., Hernández G. A., Herrera H. J., Martínez H. P. 2003. Evaluación del rendimiento y la utilización de la asociación estrella-clitoria cosechada a diferente asignación de forraje. Revista Técnica Pecuaria México, 41(2):219-230.

Richards J. H. 1993. Physiology of plants recovering from defoliation. *In*: Baker M. J. (ed.) Grassland for our world, Wellington: SIR Publishing. pp. 46-54.

Rincon C. A., Ligarreto M. G. A., Garay E. 2008. Producción de forraje en los pastos *Brachiaria decumbens* cv. Amargo y *Urochloa brizantha* cv. Toledo, sometidos a tres frecuencias y a dos intensidades de defoliación en condiciones del pie de monte llanero colombiano. Revista de la Facultad Nacional Agronómica de Medellín, 61(1):4336-4346.

Rodrigues T. J. D., Rodrigues L. R. A., Reis R. A. 1993. *In*: Simpósio sobre ecossistema de pastagens, 2, UNESP. Anais... UNESP. pp. 17-61.

Sala O. E., Lauenroth W. K., McNaughton S. J. *et al.* 1996. Biodiversity and ecosystem functioning in grassland. *In*: Mooney H. A., Cusham J. H., Medina E., Sala O. E. Schulze E. D. (Eds.). Functional roles of biodiversity: a global perspective. J. Wiley & Sons Ltda. pp. 129-149.

Santos M. P., Balsalobre A. M. A., Corsi M. 2004. Características morfogênicas e taxa de acúmulo de forragem do capim-mombaça submetido a três intervalos de pastejo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33:843-861.

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 *Megathyrus maximus* cvs. Tanzânia e Mombaça. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 28(2):244-249.

Santos P. M. 2002. Controle do desenvolvimento das hastes no capim-tanzânia: um desafio. (Tese Doutorado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, São Paulo, Brasil.. 98 p.

Sarmiento L. O. D. 2007. Produção, composição morfológica e valor nutritivo da forragem em pastos de *Urochloa brizantha* (Hochst ex A. Rich) Stapf. cv Marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo por bovinos de corte. (Tese Doutorado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, São Paulo, Brasil. 144 p.

SAS. 2002. SAS User's Guide: Statistics (version 9.0 ed.). Cary NC, USA: SAS Institute. Inc.

Savidan Y.H., Jank L., Costa C. 1990. Registro de 25 accesos seleccionados de *Megathyrus maximus*. EMBRAPA-CNPGC. Campo Grande, Brasil. 68 p.

Sbrissia A. F. y Da Silva C. S. 2001. O ecossistema de pastagens e a produção animal. Anais 38ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Piracicaba, Brasil. pp. 731-754.

Sbrissia A. F., Da Silva S. C., Carvalho C. A. B. *et al.* 2001. Tiller size/population density compensation in Coast cross grazed swards. *Scientia Agricola*, 58(4):655-665.

Sbrissia A. F. 2004. Morfogênese, dinâmica do perfilhamento e do acúmulo de forragem em pastos de capim-marandu sob lotação contínua. (Tese Doutorado). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Piracicaba, São Paulo, Brasil. 171 p.

Simon J. C. and G. Lemaire. 1987. Tillering and leaf area index in grasses in vegetative phase. *Grass and Forage Science*, 42:373-380.

Skinner H. R. and Nelson J. C. 1994a. Epidermal cell division and the coordination of leaf and tiller development. *Annals of Botany*, 74:9-15.

Skinner H. R. and Nelson J. C. 1994b. Effect of tiller trimming on phyllochron and tillering regulation during tall fescue development. *Crop Science*. 34:1267-1273.

Skinner R. H. and Nelson C. J. 1995. Elongation of the grass leaf and its relationship to the phyllochron. *Crop Science*, 35(1):4-10.

Sosa R. E., Cabrera T. E., Pérez R. D., Ortega R. L. 2008. Producción estacional de materia seca de gramíneas y leguminosas forrajeras con cortes en el estado de Quintana Roo. *Revista Técnica Pecuaria México*, 46(4):413-426.

Sosa R. E., Pérez R. D., Ortega R. L., Zapata B. G. 2004. Evaluación del potencial forrajero de árboles y arbustos tropicales para la alimentación de ovinos. *Revista Técnica Pecuaria México*, 42(2):129-144.

Souza Jr. S. J. 2007. Estrutura do dossel, interceptação de luz e acúmulo de forragem em pastos de capim-marandu submetidos a estratégias de pastejo rotativo por bovinos de corte. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Ciência Animal e Pastagens). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, São Paulo, Brasil. 122 p.

Taiz L. y Zeiger E. 2004. *Fisiologia vegetal*. 3 ed., Porto Alegre: Artmed. 719 p.

Tonato F. 2003. Determinação de parâmetros produtivos e qualitativos de *Cynodon spp.* em função de variáveis climáticas. (Dissertação Mestrado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, São Paulo, Brasil. 85 p.

Trindade J. K., Da Silva S. C., Souza Jr. S. J., Giacomini A. A., Zeferino C. V., Guarda V. D. A., Carvalho P. C. F. 2007. Composição morfológica da forragem consumida por bovinos de corte durante o rebaixamento do capim-marandu submetido a estratégias de pastejo rotativo. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 42(6):883-890.

Uebele M. C. 2002. Padrões demográficos de perfilhamento e produção de forragem em pastos de capim Mombaça submetidos a regimes de lotação intermitente. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Ciência Animal e Pastagens). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, São Paulo, Brasil.

Valentine I. and Matthew C. 1999. Plant growth, development and yield. *In*: White J., Hodgson J. (Ed.). *New Zealand pasture and crop science*. Auckland: Oxford University Press. pp. 11-27.

Valle C. B., Euclides V. P. B., Macedo M. C. M. 2000. Características das plantas forrageiras do gênero *Brachiaria*. *In: Simpósio sobre manejo da pastagem*, 17. Piracicaba. Anais. Piracicaba: FEALQ. pp. 65-108.

Van Esbroeck G. A., Hussey M. A., Sanderson M. A. 1997. Leaf appearance rate and final leaf number of switchgrass cultivars. *Crop Science*, 37:864-870.

Van Esbroeck G. A., King J. R., Baron V. S. 1989. Effects of temperature and photoperiod on the extension growth of six temperate grasses. *In: International Grassland Congress*, 16, Nice, Proceedings... Nice, s.ed., pp. 459-4460.

Van Loo E. N. 1993. On the relation between tillering, leaf area dynamics and growth of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). Thesis (Doctor of Philosophy in Plant Science). Wageningen Agricultural University, Wageningen. 102 p.

Velasco Z. M. E., Hernández G. A., Perezgrovas G. R. A., Sanchez M. B. 2010. Los forrajes y su impacto en el trópico. Universidad Autónoma de Chiapas. Tuxtla Gutierrez, Chiapas. 267 p.

Vergara L. J. y Araujo F.O. 2006. Producción, composición química y degradabilidad ruminal *in situ* de *B. humidicola* (Rendle) Schweick en el bosque seco tropical. *Revista FCV-LUZ*, 16 (3): 239-248.

Wade H. M., Peyraud J. L., Lemaire G., Cameron E. A. 1989. The dynamics of daily area and depth of grazing and herbage intake of cows in a five day paddock system. *Proceedings of the 16th International Grassland Congress*. pp. 1111-1112.

Wade H. M and Carvalho F. P. C. 2000. Defoliation patterns and herbage intake on pastures. *In: Lemaire G., Hodgson J., Moraes H., Nabinger C., Carvalho P. F. (eds). Grassland ecophysiology and grazing ecology*, CAB International. Wallingford, UK. pp. 233-248.

Wang S., Wang Y., Chen Z. 2003. Management for grazing ecological systems. Beijing: Science Press. 138 p.

Wilson J. R. 1993. Organization of forage plant tissues. *In*: Jung H. G., Buxton D. R., Hatfield R. D. *et al.* (Eds.). Forage cell wall structure and digestibility. American Society of Agronomy, Crop Science. Society of America, Soil Science Society of America. pp. 1-32.

Woledge J. 1978. The effect of shading during vegetative and reproductive growth on the photosynthetic capacity of leaves in a grass sward. *Annals of Botany*, 42:1085-1089.

Wolfinger R. 1993. Covariance structure selection in general mixed models. *Communication in statistics – simulation*, 22:1079-1106.

Zanine A. M. 2007. Características morfogênicas, estruturais e acúmulo de forragem do capim *Megathyrsus maximus* cv. tanzânia submetido a intensidades e frequências de pastejo. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, Brasil. 115 p.

Zaragoza E. J. 2004. Dinamica de crecimiento y productividad de alfalfa (*Medicago sativa* L.) pasto Ovillo (*Dactylis glomerata* L.) con diferentes manejo de la defoliación. Tesis de Doctorado en ciencias, Colegio de postgraduados, Montecillos Texcoco, Estado de Mexico.

Zeferino C. V. 2006. Morfogênese e dinâmica do acúmulo de forragem em pastos de capim-marandu [*Urochloa brizantha* (Hochst. ex A. Rich) cv. Marandu] submetidos a regimes de lotação intermitente por bovinos de corte. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, Sao Paulo, Brasil. 193 p.