



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

GANADERÍA

**DINÁMICA DE CRECIMIENTO Y VALOR NUTRITIVO DEL PASTO
MULATO, A DIFERENTE MANEJO DE PASTOREO**

ALDENAMAR CRUZ HERNANDEZ

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTOR EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

2010

La presente tesis titulada: **Dinámica de crecimiento y valor nutritivo del pasto Mulato a diferente manejo de pastoreo**, realizada por el alumno: **Aldenamar Cruz Hernández**, 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

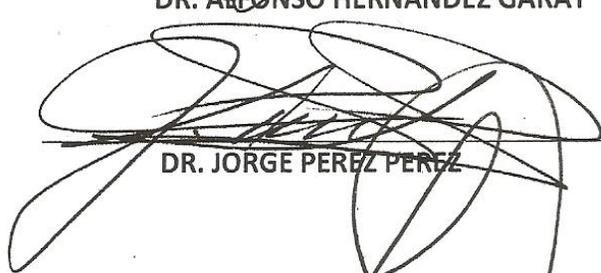
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



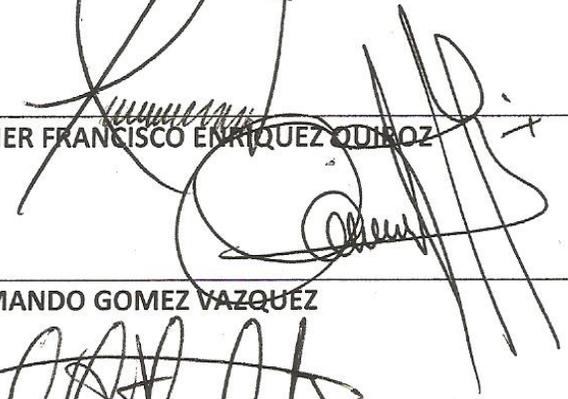
DR. ALFONSO HERNANDEZ GARAY

ASESOR



DR. JORGE PEREZ PEREZ

ASESOR

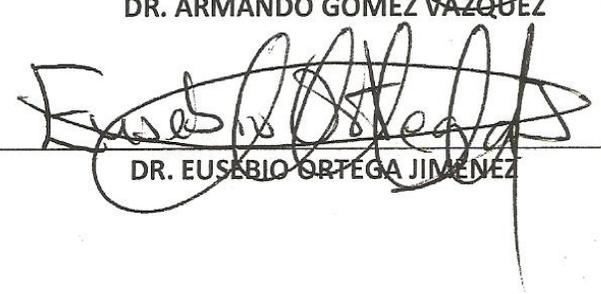


DR. JAVIER FRANCISCO ENRIQUEZ QUIROZ

ASESOR

DR. ARMANDO GOMEZ VAZQUEZ

ASESOR



DR. EUSEBIO ORTEGA JIMENEZ

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Noviembre de 2010.

Dinámica de crecimiento y valor nutritivo del pasto Mulato, a diferente manejo de
pastoreo

Aldenamar Cruz Hernández, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2010

El objetivo de la investigación fue determinar el rendimiento de materia seca, tasa de acumulación neta de forraje (TANF), dinámica de tallos, peso por tallo, recambio de tejido y valor nutritivo del pasto Mulato a diferente manejo de pastoreo. Se utilizaron 18 parcelas de 12.5 x 8 m, distribuidas aleatoriamente en un diseño de bloques al azar con arreglo factorial 3 x 2 (F: 14, 21, 28 días; I: 9-11, 13-15 cm de altura). El pasto Mulato, presentó mayor acumulación de forraje, aparición de tallos y recambio de tejido foliar en la época de lluvias y nortes. En Mulato, con pastoreo cada 28 días, a intensidad de 13-15 cm se obtuvo mayor acumulación de forraje ($6732 \text{ kg MS ha}^{-1}$), TANF ($47 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$) y altura de planta (35 cm), con una proporción de hojas y tallos de 5197 y $1473 \text{ kg MS ha}^{-1}$, que propició una disminución en la relación hoja:tallo y una tasa de crecimiento foliar de $4.8 \text{ cm tallo}^{-1} \text{ día}^{-1}$). Al ampliar el intervalo de pastoreo de 14 a 28 días, disminuyó la aparición y densidad de tallos y aumentó el peso del mismo, en este sentido la MS digestible y el contenido de PC disminuyeron y aumentaron el contenido de FDN y FDA. El pasto Mulato, en época de seca no presentó síntoma de marchites y se observó crecimiento foliar en toda la época de seca. Por lo que se recomienda pastorear cada 21 días a una intensidad ligera en época de lluvias y en nortes y seca cada 28 días

Palabras clave: Mulato, acumulación de forraje, dinámica de tallos, recambio de tejido, valor nutritivo, frecuencia e intensidad de pastoreo.

Regrowth dynamics and nutritive value of the grasses Mulato under different grazing managements

Aldenamar Cruz Hernández, Dr.

Colegio de Posgraduados, 2010

The objective of this research was to determine dry matter yield, net herbage accumulation rate (NHAR), tillering dynamics, tiller weight, herbage tissue turnover, and nutritive value of Mulato grasses, under different grazing managements. Grasses were used in 18 paddocks of 12.5 x 8 m, randomly distributed in a block design with a 3 x 2 factorial arrangement (F: 14, 21, 28 days); I: 9-11, 13-15 cm cut height). Mulato presented higher herbage mass accumulation, tiller appearance, and tissue turnover, in rainy and windy season. In Mulato, the highest herbage accumulation was obtained grazing every 28 days with 13-15 cm clipping height (6732 kg MS ha⁻¹, 47 kg MS ha⁻¹ day⁻¹ of NHA, and 35 cm height plant, with a leaf:stem ratio of 5197 and 1473 kg MS ha⁻¹ respectively, that caused a leaf:stem ratio decrease and a leaf growth rate of 4.8 cm tiller⁻¹ día⁻¹. Increasing the grazing interval from 14 to 28 days, reduced the tiller appearance and density and increased tiller weight, in this way the digestible DM and CP content decreased and NDF and ADF content increased. In this season only with Mulato was observed foliar growth in contrast, was totally dried under dry season conditions. In rainy and windy is recommended grazing with a light intensity every 21 days and every 28 days in dry season.

Key Words: mulato, herbage accumulation, tillering dynamic, tissue turnover, nutritive value, grazing frequency and intensity.

DEDICATORIAS

A mis adorables hijas Iris Paloma y Nadia Sherlyn quienes fueron motivo de mi superación, esperando les sirva de motivación para su desarrollo y superación personal.

A mí esposa, Betsabe por su comprensión, sacrificio y apoyo moral en los momentos arduo.

A mis padres, Natividad Cruz López y †Alejandra Hernández Cruz, por sus invaluable consejos y orientación, estos recuerdos siempre estan conmigo.

A mis hermanos, Hiliberio, Alfredo, Natalio, Elidía, Sara, Ely y Chumy, con mucho cariño, por el amor fraternal que nos une.

A mis suegros, Miguel López Cardenas e Hilda Garcia, por ser parte fundamental en esta etapa de mi formación profesional, por su apoyo, comprensión y por hacerme sentir parte de su familia sin interés alguno.

A mis sobrinos, quienes están en sus primeros pasos del aprendizaje y porque entiendan que todo hombre elige una vez en su vida, si se lanzan a triunfar arriesgándolo todo o se sientan a contemplar el paso de los triunfadores.

AGRADECIMIENTOS

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

Al Colegio de Postgraduados y en particular al Postgrado de Recursos Genéticos y Productividad-Ganadería, por aceptarme como estudiante y formarme como Doctor en Ciencias.

A la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ciencias Agropecuaria (DACA) y al personal, por las facilidades otorgadas para la realización de esta investigación y apoyo durante la fase de campo.

A mi Consejero Particular Dr. Alfonso Hernández Garay, por su amistad, consejos y sobre todo, por su valiosa orientación para mi formación integral.

A mis asesores de mi Consejo Particular Dr. Jorge Pérez Pérez, Dr. Francisco J. Enríquez Quiroz, Dr. Armando Gómez Vázquez, Dr. Eusebio Ortega Jiménez, por sus consejos, enseñanzas y participación en la revisión y sugerencias en la redacción de este documento.

Al Dr. Emilio Manuel Aranda Ibañes, por su consentimiento en la utilización del Laboratorio de Análisis de Nutrición Animal, por su amistad y apoyo durante la fase de laboratorio.

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

CONTENIDO

	Pág.
Lista de Cuadros.....	ix
Lista de Figuras.....	xi
CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos.....	4
1.2. Hipótesis.....	4
CAPÍTULO 2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1. Origen, descripción y características agronómicas del pasto Mulato (<i>Brachiaria híbrido 36061</i>).....	5
2.2. Manejo agronómico de los pastos.....	6
2.3. Frecuencia e intensidad de pastoreo.....	8
2.3.1. Frecuencia de pastoreo.....	8
2.3.2. Intensidad de pastoreo.....	10
2.4. Morfología de las gramíneas.....	13
2.5. Factores que afectan el rendimiento de forraje.....	14
2.5.1. Temperatura.....	14
2.5.2. Luz.....	17
2.5.3. Humedad.....	20
2.6. Factores que afectan el rebrote de las plantas forrajeras.....	21
2.6.1. Reservas de carbohidratos.....	21
2.6.2. Meristemas de crecimiento.....	22
2.6.3. Area foliar remanente.....	23
2.7. Tasa de recambio de tejido.....	24
2.7.1. Elongación foliar.....	24
2.7.2. Duración de vida de la hoja.....	25
2.8. Aparicion, muerte, densidad de tallos, peso por tallo y relación peso/densidad.....	27
2.9. Valor nutritivo en los forrajes.....	29
2.10. Conclusiones de la revisión de literatura.....	30

CAPÍTULO 3. MATERIALES Y MÉTODOS	31
3.1. Localización del área de estudio y características edafoclimaticas.....	31
3.2. Establecimiento de las praderas.....	32
3.3. Manejo de las especies.....	32
3.4. Variables evaluadas.....	33
3.4.1. Altura de plantas.....	33
3.4.2. Forraje acumulado.....	33
3.4.3. Tasa de acumulación neta de forraje.....	34
3.4.4. Composición botánica.....	34
3.4.5. Relaciones hoja:tallo y hoja:no hoja.....	34
3.4.6. Tasa de recambio de tejido.....	35
3.4.7. Dinámica poblacional de tallos.....	36
3.4.8. Peso por tallo.....	36
3.4.9. Valor nutritivo.....	37
3.4.9.1. Proteína.....	37
3.4.9. 2. Digestibilidad <i>in situ</i> de MS.....	37
3.4.9.3. Fibras detergente neutro y ácido.....	38
3.5. Análisis estadístico.....	38
CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
4.1. Pasto Mulato.....	39
4.1.1. Acumulación de forraje.....	39
4.1.1.1. Tasa de acumulación neta de forraje.....	42
4.1.1.2. Componentes morfológicos.....	45
4.1.1.3. Relación hoja:tallo.....	49
4.1.2. Densidad de tallos.....	51
4.1.2.1. Dinamica de tallos.....	51
4.1.2.2. Tasa de aparición y muertes de tallos.....	55
4.1.2.3. Peso por tallos.....	60
4.1.3. Tasa de recambio de tejido.....	62
4.1.3.1. Elongación, senescencia y crecimiento neto foliar.....	62

4.1.4. Valor nutritivo.....	72
4.1.4.1. Digestibilidad <i>in situ</i> de la materia seca y contenido de proteína cruda	72
4.1.4.2. Fibras detergente neutra y ácida.....	75
4.1.5. Altura de la planta.....	76
CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS.....	145
LITERATURA CITADA.....	146

LISTA DE CUADROS

Pág

Cuadro 1. Acumulación estacional y anual de forraje del pasto <i>Brachiaria hibrido</i> (cv. mulato), sometido a diferentes frecuencias e intensidades de pastoreo (kg MS ha ⁻¹).....	41
Cuadro 2. Cambio estacional y anual de la tasa de acumulación neta de forraje del pasto <i>Brachiaria hibrido</i> (cv. mulato) sometido a diferentes frecuencias e intensidades de pastoreo (kg MS ha ⁻¹ dia ⁻¹).....	43
Cuadro 3. Acumulación estacional y anual de componente morfológico (Hoja) del pasto <i>Brachiaria hibrido</i> (cv. mulato), sometido a diferentes frecuencias e intensidades de pastoreo.....	48
Cuadro 4. Acumulación estacional y anual de componente morfológico (Tallos) del pasto <i>Brachiaria hibrido</i> (cv. mulato), sometido a diferentes frecuencias e intensidades de pastoreo (kg MS ha ⁻¹).....	48
Cuadro 5. Cambios estacionales en la relación hoja:tallo del pasto <i>Brachiaria hibrido</i> (cv. mulato), sometido a diferentes frecuencias e intensidades de pastoreo.....	49
Cuadro 6. Cambios estacionales en la densidad de tallos del pasto <i>Brachiaria hibrido</i> (cv. mulato), sometido a diferentes frecuencias e intensidades de pastoreo (tallos m ⁻²).....	52
Cuadro 7. Tasa de aparición estacional de tallos del pasto <i>Brachiaria hibrido</i> (cv. mulato), sometido a diferentes frecuencias e intensidades de pastoreo (tallos m ⁻² dia ⁻¹).....	59
Cuadro 8. Tasa de mortalidad estacional de tallos del pasto <i>Brachiaria hibrido</i> (cv. mulato), sometido a diferentes frecuencias e intensidades de pastoreo (tallos m ⁻² dia ⁻¹).....	60

Cuadro 9. Peso seco por tallo (mg tallo) del pasto <i>Brachiaria hibrido</i> (cv. mulato), por estación, sometido a diferentes frecuencias e intensidades de pastoreo (mg tallo).....	62
Cuadro 10. Cambios estacionales en la tasa de elongación, senescencia y crecimiento neto foliar del pasto <i>Brachiaria hibrido</i> (cv. mulato), sometido a diferentes frecuencias e intensidades de pastoreo.....	66
Cuadro 11. Cambios estacionales en el contenido de materia seca digestible (<i>DISMS</i>) y de proteína del pasto <i>Brachiaria hibrido</i> (cv. mulato), sometido a diferentes frecuencias e intensidades de pastoreo.....	73
Cuadro 12. Cambios estacionales en el contenido de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) del pasto <i>Brachiaria hibrido</i> (cv. mulato), sometido a diferentes frecuencias e intensidades de pastoreo.....	76
Cuadro 13. Altura (cm) del pasto <i>Brachiaria hibrido</i> (cv. mulato), por estación del año, sometido a diferentes frecuencias e intensidades de pastoreo.....	78

LISTA DE FIGURAS

	Pág
Figura 1. Datos mensuales de precipitación pluvial y temperaturas máximas, medias y mínimas, durante el período experimental, Fuente: UJAT.....	32
Figura 2.- Cambios mensuales en la densidad poblacional de tallos del pasto <i>Brachiaria hibrido</i> (cv. mulato), sometido a diferentes frecuencias (14, 21 y 28 días) e Intensidad de pastoreo (S: 9-11 y L: 13-15 cm de altura).....	54
Figura 3. Cambios estacionales en la tasa de elongación, senescencia y crecimiento neto foliar del pasto <i>Brachiaria hibrido</i> (cv. mulato), sometido a diferentes frecuencias (14, 21 y 28 días) e intensidades (S: 9-11 y L:13-15 cm de altura) de pastoreo durante la época de nortes (diciembre 2007).	67
Figura 4. Cambios estacionales en la tasa de elongación, senescencia y crecimiento neto foliar del pasto <i>Brachiaria hibrido</i> (cv. mulato), sometido a diferentes frecuencias (14, 21 y 28 días) e intensidades (S: 9-11 y L:13-15 cm de altura) de pastoreo durante la época de seca (marzo 2008).....	68
Figura 5. Cambios estacionales en la tasa de elongación, senescencia y crecimiento neto foliar del pasto <i>Brachiaria hibrido</i> (cv. mulato), sometido a diferentes frecuencias (14, 21 y 28 días) e intensidades (S: 9-11 y L:13-15 cm de altura) de pastoreo durante la época de lluvias (agosto 2008).....	69
Figura 6. Cambios estacionales en la tasa de elongación, senescencia y crecimiento neto foliar del pasto <i>Brachiaria hibrido</i> (cv. mulato), sometido a diferentes frecuencias (14, 21 y 28 días) e intensidades (S: 9-11 y L:13-15 cm de altura) de pastoreo durante la época de nortes (diciembre 2009).....	70
Figura 7. Cambios estacionales en la tasa de elongación, senescencia y crecimiento neto foliar del pasto <i>Brachiaria hibrido</i> (cv. mulato), sometido a diferentes frecuencias (14, 21 y 28 días) e intensidades (S: 9-11 y L:13-15 cm de altura) de pastoreo durante la época de seca (abril 2009).....	71

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN

Se calcula que, aproximadamente una quinta parte de la superficie terrestre del planeta, se encuentra cubierta por praderas, con una mayor concentración en la región tropical y subtropical (Hodgson, 1990; Da Silva y Carvalho, 2005). En México más de 112 millones de hectáreas están cubiertas por plantas forrajeras, y la región tropical comprende aproximadamente 56 millones de hectáreas (28% del territorio nacional), de las cuales 24 millones de hectáreas se ubican en el trópico húmedo que representa el 12% del territorio nacional (Jaramillo, 1994; Enríquez *et al.*, 1999).

Las plantas forrajeras tropicales presentan alto potencial de producción de materia seca; sin embargo, las condiciones ambientales y el manejo de las praderas inciden directamente en el rendimiento y calidad de las mismas, de modo que su valor nutritivo y la producción de materia seca es variable durante todo el año. Ante esta situación, la estacionalidad climática es importante en la producción de forraje, debido principalmente a un desequilibrio en el rendimiento de las plantas forrajeras, atribuido a falta de humedad en el suelo en la época de seca y excedente en la temporada de lluvias, en este sentido, Hernández *et al.* (2002) consignan que las decisiones de manejo de una pradera deben evitar los extremos (sobreutilización o subutilización), ya que una cobertura insuficiente limita el crecimiento y una utilización ineficiente significa desperdicio de forraje. Ante esta situación es necesario mantener un equilibrio, entre la cantidad de forraje producido y la cantidad de forraje consumido por el ganado.

Para lograr una adecuada utilización del forraje es importante conocer el momento oportuno de cosecha desde el punto de vista del rendimiento, calidad y persistencia de las plantas (Hodgson, 1990). Por su parte, Fagundes *et al.* (2001) mencionan que la frecuencia e intensidad de pastoreo son los componentes principales que determinan el alto o bajo potencial de producción en una pradera. El efecto de ambos componentes en la tasa de crecimiento del forraje y su acumulación, puede ser modificado por la carga animal, que depende del grado de defoliación, pues con defoliaciones ligeras en periodos prolongados la acumulación de materia seca puede disminuir debido a la alta tasa de senescencia y descomposición de las hojas inferiores, como consecuencia del auto sombreado (Richards, 1993; Hirata y Pakiding, 2004); en cambio, con defoliación moderada a severa, disminuye la disponibilidad de fotosintatos en las hojas y los tallos, que crea un desbalance entre fuente - demanda y se modifican las prioridades de asignación de C y N (Lemaire, 2001; Bahmani *et al.*, 2000) mismos que se dirigen a promover principalmente el crecimiento de los componentes aéreos, que es el primer paso para la recuperación de las plantas. Autores como Middleton, (1982); Hernandez *et al.* (2000), señalan que la proporción de hojas en el forraje cosechado disminuye al aumentar la edad del rebrote, debido a un mayor crecimiento del tallo, cuando hay condiciones ambientales favorables, es decir, que la acumulación de forraje es mayor si el intervalo entre pastoreo se prolonga afectando la calidad nutritiva del forraje, y ocurre lo contrario cuando el intervalo de cosecha se reduce (Lascano *et al.*, 1981). Estos cambios en la edad de planta provoca efectos en los componentes solubles, estructurales y en la digestibilidad de los pastos; por lo tanto, bajo condiciones de pastoreo, estos cambios en el

tiempo se producen de forma diferente y están relacionados directamente con la cantidad y composición estructural del material residual después de una cosecha (Hodgson, 1990; Hernández *et al.*, 1999).

La introducción y evaluación de nuevas especies en la región tropical tales como: *B. brizantha* (A. Rich.) Stapf, *B. decumbens* Stapf, *B. humidicola* y Mulato (*B. brizantha* X *B. ruziziensis*) (Gerardo, 2006), con alto potencial forrajero, han sido considerados prominentes dentro de su género. La importancia de utilizar, el pasto Mulato radica en su gran adaptación a las zonas tropicales, ya que soportan condiciones adversas, sequías prolongadas, topografía abrupta y drenaje deficiente (Carmona *et al.*, 2003; Hirata y Paliding, 2003; Carlos y Chacon, 2005; Mattos *et al.*, 2005)

A pesar de las numerosas investigaciones realizadas con forrajes, en Centro América y otras partes del mundo, la información generada en el trópico mexicano es escasa, en donde la mayoría de los estudios se han enfocado a forrajes de zonas templadas (Hernández *et al.*, 1997a; Pérez *et al.*, 2004; Velasco *et al.*, 2007).

1.1. OBJETIVOS

Estudiar el rendimiento de materia seca total y por componentes morfológicos, tasa de crecimiento, composición botánica, dinámica poblacional de tallos, peso por tallo, tasa de recambio de tejido y valor nutritivo del pasto Mulato, sometido a diferentes frecuencias e intensidades de pastoreo.

1.2. HIPÓTESIS

1. La acumulación de forraje, altura y tasa de crecimiento del pasto Mulato, es mayor con pastoreos menos frecuentes y ligeros, pero que proporcionan una disminución en el valor nutritivo y en la relación hoja:tallo y hoja:no hoja.
2. Con pastoreos menos frecuentes y ligeros la tasa de aparición de tallos, densidad de tallos y calidad del pasto Mulato disminuye, y aumenta el peso por tallo.
3. A medida que el pastoreo es menos frecuente y ligero la elongación foliar y crecimiento neto foliar por tallo del pasto Mulato, disminuye y se incrementa la senescencia foliar.

CAPÍTULO 2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen, descripción y características agronómicas del pasto Mulato

(*Brachiaria híbrido 36061*)

El pasto Mulato es un híbrido que se obtuvo en el año 1988 en el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) en Cali, Colombia y proviene de la cruce entre el clón sexual 44-6 de *Brachiaria ruziziensis* y la especie tetraploide apomíctica *B. brizantha* CIAT 6294, (Carmona *et al.*, 2003) y posteriormente en el año 2000, se liberó en México con el nombre de cultivar Mulato (Argel *et al.*, 2006). El pasto Mulato es una gramínea perenne de crecimiento inicial amacollado que puede alcanzar hasta 1.0 m de altura y produce tallos cilíndricos vigorosos, algunos con hábito semi-decumbente capaces de enraizar a partir de los nudos, cuando se encuentran en contacto con el suelo. Presenta hojas lanceoladas con alta pubescencia y alcanzan hasta 40 cm de longitud y de 2.5 a 3.5 cm de ancho (Miles, 1999). Su inflorescencia es una panícula de 30 a 40 cm de longitud, generalmente con 3 a 8 racimos y espiguillas de hilera doble, las cuales varían entre 2.4 mm de ancho y 6.2 mm de largo, que presentan durante la antesis estigmas de color cardenal oscuro (Argel *et al.*, 2006).

El Mulato crece bien desde el nivel del mar hasta los 1800 de altura, en trópico húmedo con altas precipitaciones y períodos secos cortos y en condiciones subhúmedas con 5 a 6 meses secos y precipitación anual mayor de 700 mm. Se desarrolla bien en suelos ácidos con pH 4.2 hasta suelos alcalinos con pH 8.0, pero con mediana a buena fertilidad y bien drenados (Argel *et al.*, 2006). Una de

las características más deseables del Mulato es su tolerancia a períodos prolongados de sequía y su capacidad de rebrotar y producir forrajes verde durante esta época del año (Carmona *et al.*, 2003). Se estima que entre 17 y 20% del forraje total producido por esta gramínea ocurre en el período seco, lo que depende grandemente de las características climáticas del sitio (Pérez *et al.*, 2004).

2.2. Manejo agronómico de las gramíneas forrajeras

Un buen manejo en los cultivos forrajeros, propicia múltiples beneficios en cuanto a densidad, cobertura y vigor. Además, permite mantener un número constante de plantas en una comunidad estable, eleva la cosecha de agua, mayor captura de carbono, disminuye la erosión, reduce la intensidad y frecuencias de tolvaneras y constituye un paisajismo y refugio para la fauna silvestres (McNaughton, 1979; Silverstow *et al.*, 2006).

El manejo eficiente de las gramíneas también representa la mejor oportunidad de mantener y mejorar la estabilidad ecológica de los ecosistemas en pastoreo; es decir aprovechar la energía lumínica, que junto con la lluvia ayudan a satisfacer las necesidades de energía y proteína de origen animal para la población humana (Milchunas y Lauenroth, 1993; Da Silva y Nascimento, 2007). Otros de los beneficios, que se obtiene al realizar un buen manejo de las gramíneas, es el secuestro de carbono, lo cual es mayor en áreas de pastoreo, que en áreas de producción para la henificación de forrajes y esto se debe, a que los factores que mejoran la condición de las praderas, contribuyen a incrementar la captura de carbono (Milchunas y Lauenroth, 1993).

Dentro de estos factores, la estacionalidad es importante en la distribución del rendimiento de las especies forrajeras, por que, cuando las condiciones de precipitación y temperatura son buenas, se presenta mejor respuesta de los pastos y ocurre lo contrario cuando las condiciones ambientales son desfavorables (Hernández *et al.*, 2002). En este sentido, es importante entender los efectos de los recursos ambientales, en el rendimiento de los forrajes y en los diferentes estados de desarrollo de las plantas. Por lo tanto, el conocimiento de los cambios morfológicos y fisiológicos de los pastos después de una defoliación, permite mejorar su capacidad de producción y utilización de las diferentes especies forrajeras (Hodgson, 1990; Ueno *et al.*, 2005).

Estos cambios morfológicos y fisiológicos son influenciados por la frecuencia e intensidad de pastoreo a la que es expuesta una pradera. El efecto de la frecuencia e intensidad de cosecha, está en función de la especie; cuando la defoliación es efectuada a una intensidad severa, provoca cambios en la composición botánica de la pradera a largo plazo y, generalmente, tasas de rebrote lentas y por consiguiente mayor invasión de especies no deseadas (Hodgson, 1990). Barbosa *et al.* (2004) encontraron que a 95% de intersección de luz por el dosel y a 25 cm de altura residual, el pasto capim-tanzania presentó mayor acumulación del forraje.

2.3. Frecuencia e intensidad de pastoreo

2.3.1. Frecuencia de pastoreo

La frecuencia de defoliación es definido como el intervalo en días, semanas o meses entre dos defoliaciones sucesivos 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, el valor nutritivo y la persistencia de las especies presentes en una pradera.

Así mismo, la edad a que la planta es cosechada determina la distribución de los diferentes componentes morfológicos, ya que al aumentar la edad de la planta aumenta la proporción de tallo, material senescente y muerto, y disminuye la proporción de hojas, la relación hoja:tallo y hoja:no hoja (Ludlow, 1980; Zaragoza, 2004).

Con defoliaciones frecuentes, la pradera no alcanza el máximo índice de área foliar debido a que las plantas están integradas por una alta densidad de tallos pequeños, incapaces de capturar toda la radiación solar incidente. Por el contrario, con intervalos de cosecha más prolongados la competencia por luz entre plantas aumenta continuamente y cada defoliación implica un cambio en la calidad e intensidad de la luz que intercepta, por lo que las plantas desarrollan tallos mayores con hojas largas y baja densidad de tallos (Lemaire, 2001). Autores como Middleton (1982); Hernandez *et al.* (2000) señalan que la proporción de hojas en el forraje cosechado disminuye al aumentar la edad del rebrote, lo cual se debe a un mayor crecimiento del tallo, cuando hay condiciones ambientales favorables

para el crecimiento de las plantas; es decir, que la acumulación de forraje es mayor si el intervalo entre pastoreos se prolonga, pero disminuye la calidad nutritiva del forraje, y ocurre lo contrario, cuando el intervalo de cosecha se reduce (Lascano *et al.*, 1981).

Cambios en la edad de la planta al momento de la cosecha, también afecta la concentración de los carbohidratos solubles y estructurales, así como el contenido de proteína y digestibilidad de los pastos; por lo tanto, bajo condiciones de pastoreo, estos cambios en el tiempo se producen de forma diferente y están relacionados directamente con la cantidad y composición del forraje residual después de una cosecha (Hodgson, 1990; Hernández *et al.*, 1999).

Independientemente de que los tallos jóvenes contengan alta concentración de fracción soluble, su digestibilidad puede ser igual o superior a las hojas, y disminuyen conforme aumenta la edad de la planta; sin embargo, su utilización a edades tempranas también provoca efectos negativos, no solo por el bajo rendimiento de materia seca y nutrientes, sino por no poder recuperar el nivel de reservas previo en tallos y raíces que no le permiten un adecuado rebrote y crecimiento vigoroso después de una defoliación (Lemaire, 2001).

Estudios realizados por Ramírez *et al.* (2009) con pasto *Panicum maximum* Jacq., cosechado a tres frecuencias de corte (3, 5 y 7 semanas) encontraron mayor acumulación de forraje durante la época de lluvias, con respecto a la época de seca (83 y 17 %, respectivamente). También observaron mayor rendimiento de forraje (24,300 kg MS ha⁻¹), y tasa de crecimiento (140 kg MS ha⁻¹ día⁻¹) al cosechar cada siete semanas, pero con menor proporción de hojas (56 %),

relacion hoja:tallo (1.6) y hoja:no hoja (1.3) que cuando se cosecho a 3 y 5 semanas, mientras que Carlos y Chacon. (2005), realizaron estudios con pasto *B. humidicola* y encontraron que al aumentar la frecuencia de pastoreo de 21 a 28 días, aumentó la tasa de crecimiento de 24 a 29 kg MS ha⁻¹ día⁻¹, pero disminuyó la concentración de PC (18.61 a 14.28 %) y digestibilidad de la materia seca (63 a 57%), y cuando se incrementó la frecuencia de pastoreo a 35 días, aumentó el rendimiento, pero la concentración de PC y digestibilidad disminuyó a 7.1 % y 56.9 % , respectivamente.

Vergara y Arujo (2006) al evaluar dos frecuencias de corte (14 y 28 días) en *B. humidicola*, encontraron que conforme la frecuencia de corte aumentó el contenido de proteína disminuyó de 8.51 a 6.75 %, pero se incrementó el contenido de fibra detergente neutra (72.54 a 76.97 % FDN) y fibra detergente acida (43.17 a 41.05 % FDA), en época de lluvias.

Argel *et al.* (2006), en una pradera de pasto Mulato, mencionan que con frecuencias de pastoreo cada 23 y 30 días, el contenido de proteína y *DIVMS* disminuyó de 16 a 9 % y 62 a 55 % respectivamente, durante la época de lluvias.

2.3.2. Intensidad de pastoreo

Las especies forrajeras dependen del proceso de fotosíntesis, para producir energía, para su mantenimiento y crecimiento, y necesitan de un dosel vegetal eficiente para interceptar la mayor radiación incidente (Ueno *et al.*, 2005); por lo tanto, la planta depende del índice de área foliar (IAF), componente importante para la producción de materia seca, destacándose que al interceptar buena parte de energía luminosa, por los tejidos fotosintéticos activos, se garantiza la

producción de los fotoasimilados (Alejandrino *et al.*, 2004). El IAF puede ser modificado por el grado de defoliación a la que es expuesta la planta.

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 (Hernandez *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, ya que con una defoliación ligera, la pradera presenta mejor respuesta, debido al mayor número de hojas presentes y que, 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 de crecimiento de la planta (Lemaire *et al.*, 2000).

Por su parte, White (1973) menciona que con pastoreos severos, se afecta significativamente las reservas de carbohidratos, ocasionando que el rebrote de las plantas forrajeras, ocurra por la traslocación de carbohidratos de la base del tallo y de las raíces, a los meristemas aéreos remanentes y, como consecuencia, la pradera presente lenta recuperación. Así mismo, Chapman y Lemaire. (1993) confirman que, cuando las reservas de carbohidratos son bajas, la tasa de crecimiento será baja inicialmente y aumentará conforme el índice de área foliar aumente, pero a una tasa progresiva creciente. Por lo tanto, la remoción de hojas jóvenes, es más perjudicial en el rebrote, que la pérdida de la misma cantidad de hojas viejas, debido a que tienen tasas fotosintéticas mayores y utilizan más

eficientemente la intensidad lumínica, que las hojas viejas (Waller y Lewis, 1978; Lemaire *et al.*, 2000). Así mismo, cuando hay exceso de forraje residual, disminuye la fotosíntesis en las hojas de los estratos inferiores del dosel, lo que provoca reducción en la tasa fotosintética de las plantas y, en consecuencia, en su crecimiento (Chapman y Lemaire, 1993).

Al cosechar a una altura mayor a 30 cm, según Dubeux *et al.* (2006), existe mayor rendimiento de forraje, con menor valor nutritivo, debido a un incremento en el contenido de fibra. Al respecto, Difante *et al.* (2008), al evaluar dos alturas de corte (15 y 30 cm) 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). En ballico perenne, al evaluar tres intensidades de pastoreo (alta 4-6 cm, media 6-8 cm, ligera 8-10 cm de altura), se observó mayor acumulación de forraje al cosechar a una intensidad ligera, en las tres épocas del año (seca, frío y lluvias) y la tasa de crecimiento fue mayor en la época de lluvias, cuando se pastoreó a una intensidad media, cada 21 días (Garduño *et al.*, 2009). Otros investigadores consideran que con una remoción foliar mayor al 50 %, se retrasa el crecimiento de la raíz, por 6-18 días en especie perennes y con defoliación severa de 80 a 90 % se detiene el crecimiento de raíz, durante 12 y 17 días, respectivamente; además, con defoliaciones severas (6 cm) disminuye la proteína soluble y se incrementa la actividad de la enzima peptidasa en la raíz

(Thornton *et al.*, 1996). En general, los resultados muestran que, conforme la intensidad de defoliación es más severa, la producción de tejido foliar disminuye.

2.4. Morfología de las gramíneas

El término morfogénesis puede ser definida como la dinámica de generación (génesis) y expansión de órganos de la planta (hojas, entre nudos y tallos) (Chapman y Lemaire, 1993), cada planta tiene una morfogénesis programada genéticamente cuya tasa de realización depende de la temperatura, variable climática que controla la tasa de expansión y división celular, así mismo, este programa morfogenético determina el funcionamiento y la coordinación de meristemas, en términos de tasas de producción y expansión de nuevas células (Barbosa, 2004).

Las variables morfogenéticas de una gramínea, se relacionan a través de los siguientes procesos; tasa de aparición de hojas, tasa de elongación foliar y vida media foliar, la cual son variables que determinan mayormente los cambios de estructura, que experimentan las plantas en el transcurso de su desarrollo (Davies, 1988; Hodgson, 1990). A sí mismo, estas plantas están representada por tallos individuales, cada tallo está constituido por una serie de fitómeros, cada fitómero está delimitado por dos nudos, vaina, haz foliar (hoja verdadera), un meristemo axilar en la base, la región meristemática intercalar en el área de la lígula y ésta que separa la región de la vaina y hoja verdadera (Aguirre y Johnson, 1991; Duru y Ducrocq, 2000). En este sentido, las tasas de aparición y elongación de hojas y la duración de vida de las hojas constituyen los factores morfogénicos del pasto que, bajo la acción del ambiente, como luz, temperatura, agua y nutrientes

determinan las características estructurales como el número y tamaño de las hojas y la densidad de tallos, responsables del índice de área foliar (IAF) del pasto (Ramírez, 2009). En algunas especies de plantas tropicales, particularmente aquellas de crecimiento erecto, existe otro componente importante del crecimiento que interfiere significativamente en la estructura de la pradera y en el equilibrio de los procesos de competencia por luz, la tasa de elongación del tallo (Barbosa, 2004; Sbrissia y Da Silva, 2008; Ramírez, 2009).

2.5. Factores del clima que afectan el rendimiento de forraje

La aparición de nuevos tejidos y el crecimiento del tejido remanente, después de una defoliación, se acumula en el tiempo, sobre el nivel del suelo, es influenciado por las reservas de carbohidratos presentes en la raíz, equilibrio hormonal (auxinas y citoquininas), área foliar residual y meristemas de crecimiento. La velocidad de crecimiento de las plantas depende de los factores ambientales, tales como la temperatura, luz, disponibilidad de nitrógeno, humedad en el suelo y precipitación (Frank y Ries, 1990; Murphy y Briske, 1992; Duran *et al.*, 1999; Ishizaky *et al.*, 2003).

2.5.1. Temperatura

La temperatura es uno de los factores ambientales de mayor influencia, en el desarrollo morfológico de las especies vegetales y en su calidad nutritiva; además, es la que controla la distribución y diversidad de la mayoría de las plantas forrajeras (Wise *et al.*, 2004). Al aumentar la temperatura ambiental, existe también incremento de la fotosíntesis neta, hasta un punto máximo y puede

disminuir hasta cero, si la temperatura continúa aumentando (Waller y Lewis, 1978). Los rangos de temperatura, en los cuales el crecimiento es posible, varían según la especie; así, las gramíneas de clima templado no crecen a temperaturas menores de 5 °C, lo cual está dado por baja conversión de azúcares en los tejidos de las plantas, producto de una disminución en los procesos de biosíntesis y por un déficit energético, ocasionado por una reducción en la tasa respiratoria (Middleton, 1982).

En especies tropicales el rango de temperatura es de 15 a 45 °C y, bajo estas condiciones, las plantas presentan mejor eficiencia fotosintética. Si la temperatura es mayor a 45 °C, se reduce el crecimiento, debido a una disminución en la actividad fotosintética por inactivación enzimática y a un incremento en la demanda respiratoria y se crea un balance hídrico negativo, que reduce la expansión celular y el crecimiento de la planta (Sage y Kbein, 2007). Por su parte, Festo *et al.* (2003), consideran que la respuesta de las plantas forrajeras a temperaturas inferiores a 15 °C, puede restringir el crecimiento hasta el grado de detenerlo. En general, las especies forrajeras de áreas tropicales, son más tolerantes a altas que a bajas temperaturas, con respecto a las especies de regiones templadas. Cuando la temperatura aumenta de 30 a 35 °C, se incrementa la tasa de crecimiento de las gramíneas de climas cálidos y disminuye la digestibilidad, debido al aumento en la concentración de la fibra y acumulación de lignina (Henderson y Robinson, 1982).

Otro efecto provocado por bajas temperaturas, es la acumulación de almidón en los cloroplastos de las hojas y, como consecuencia, ocurre un retardo en la traslocación y disminución de la actividad aminolítica, por lo que esta acumulación

de almidón disminuye el crecimiento y produce daños físicos en los cloroplastos (Humphreys, 1981). Los procesos de síntesis y transporte de hormonas, principalmente giberelinas, también son afectados negativamente por la acción de las bajas temperaturas, lo que causa retrasos en el crecimiento de las plantas (Murphy y Briske, 1992). La capacidad de algunas especies forrajeras, de sobrevivir en condiciones de bajas temperaturas ambientales, se debe a que sus puntos de crecimiento están bajo de la superficie del suelo y, de esta manera, están protegidos del frío (Lemaire *et al.*, 2000).

Por su parte, Henderson y Robinson, (1982), encontraron que la digestibilidad disminuye (7.6 %) en pasto Bermuda y (12.9 %) en *Paspalum spp.*, cuando la temperatura se incrementa de 26 a 35 °C y esto se debe a que las gramíneas C₄ poseen una estructura fotosintéticamente más eficiente, para producir carbohidratos, referida como anatomía kranz, la cual reduce su digestibilidad (Ishizaky *et al.*, 2003; Ueno *et al.*, 2005). En general, las altas temperaturas incrementan la proporción de fibra en el forraje, que generan efectos adversos en la calidad del pasto durante su crecimiento.

A si mismo, Henderson y Robinson, (1982) al estudiar el efecto de la temperatura, sobre los componentes fibrosos de dos especies de forrajes, encontraron que la concentración de FDN aumentó en el género *Cynodon* y disminuyó en *Paspalum spp.*, al incrementar la temperatura. En cambio, especies como el pasto *Dactylis glomerata* L., requieren bajas temperaturas y días cortos, durante el otoño, para inducir su florecimiento, pues sus meristemas apicales permanecen en estado vegetativo durante el invierno y muestran crecimiento cuando la temperatura alcanza 25-30 °C en primavera (Nelson y Volenec, 1995). Mattos *et al.*, (2005)

mencionan, que la tasa de crecimiento de especies de *Brachiaria*, encontraron que comienza a decrecer, cuando la temperatura promedio es de 24 °C; sin embargo, especies como *B. humidicola* y *B. ruzizensis* inhiben su crecimiento a los 15 °C, entre tanto, *B. decumbens* y *B. mutica* soportan hasta 12 °C.

2.5.2. Luz

La calidad y periodicidad de la luz influyen en el desarrollo de las plantas, porque estimulan o reprimen la germinación, la floración de la planta y otros fenómenos (Lemaire *et al.*, 2000). La percepción del estímulo luminoso, se realiza mediante un fotoreceptor adecuado, como la clorofila, el caroteno o el fitocromo, que son sensibles a diferentes longitudes de onda (Sud y Dengler, 2000). Las principales respuestas fotomorfológicas de las plantas, están mediadas por pigmentos fotosensibles: Fitocromo (sensible en la porción del rojo (R) y el rojo lejano (RL) del espectro lumínico, criocromo (sensible a la porción azul) y UVcromo (sensible a los rayos ultra violeta). En términos generales, una baja cantidad de luz y una baja relación R:RL, provocan tres respuestas principales en las plantas: aumento de asignación de recursos a la parte aérea (tallos: raíz alta), alargamiento de los órganos ya existentes, reducción del macollo y, eventualmente, una reducción en la aparición de hojas (Gautier *et al.*, 1999; Dias y De Carvalho, 2000). Cuando la concentración de CO₂, la disponibilidad de agua y la temperatura no son limitantes, la tasa fotosintética es directamente proporcional, dentro de ciertos límites, a la radiación absorbida por la hoja, o sea, aquella de longitud de onda entre 400 y 700 nm (Lascano y Spain, 1988).

La mayoría de las especies forrajeras tropicales se caracterizan por ser C₄, que no se saturan con la máxima radiación solar. Esto indica que, a elevadas intensidades de radiación y por razones bioquímicas y anatómicas, las plantas C₄ fotosintetizan más por unidad de radiación absorbida, que las plantas C₃; por esta razón las plantas C₄ son fotosintéticamente superiores a las plantas C₃, a altas temperaturas (Sage y Kbein, 2007). Esto permite explicar porqué, rara vez, se encuentran plantas C₄ en los habitats sombreados y a bajas temperaturas. El fotoperiodo varía poco en el trópico y esto se debe, a que muchas especies forrajeras tropicales, responden a diferencias en fotoperiodo de solo 10 o 15 min con la consiguiente promoción o inhibición del proceso fisiológico, que resulta involucrado (Dias y De Carvalho, 2000). En este sentido, al efecto de la luz solar hay que añadir el de la luz difusa y de baja intensidad del amanecer y del atardecer. Así mismo, las plantas sombreadas reciben una baja intensidad de luz, lo que puede inhibir la floración (Baldwin *et al.*, 2009).

Las especies forrajeras tropicales tienen diversas procedencias geográficas y, por lo tanto, la respuesta en su floración, refleja el fotoperiodo de su habitat original. En algunas gramíneas, la mayor cantidad de radiación infrarroja, una característica de los lugares sombreados, causa mayor crecimiento de las hojas y produce vástagos más altos y ambos efectos favorecen la competencia por la luz (Baldwin *et al.*, 2009).

El crecimiento de una planta es abastecido por la energía en forma de azúcares simples, que se producen en el proceso de la fotosíntesis, cuando la clorofila de la hoja verde es expuesta a la luz solar (Ueno *et al.*, 2006). Por tanto, la cantidad de

horas luz presente durante el día, tiene influencia sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas, cuando muchas de las especies forrajeras son sensibles al fotoperiodo, aunque las repuestas pueden ser modificadas por otro factor ambiental, tal como ocurre con el estrés hídrico (Wang *et al.*, 2004). La cantidad de luz que recibe la planta en días cortos, genera un menor espesor en sus hojas, lo que se refleja en una menor cantidad de estomas y de células mesófilas, por unidad de área foliar (Wu *et al.*, 2004).

Al estudiar el efecto del fotoperiodo en el crecimiento del pasto colorado (*Echinochloa cruz-galli*), Swanton *et al.* (2000) encontraron que la tasa de rebrote y el peso seco del forraje, se incrementó al aumentar el fotoperiodo de 8 a 16 h luz por día. La mayor tasa de aparición de hojas, se presentó cuando el fotoperiodo fue de 16 h. Wang *et al.* (2004) mencionan, que con fotoperiodo de 8 a 16 h al día se incrementa la densidad de tallos y el número de estolones en *Agrostis stolonifera*s. Además, cualquier efecto sobre la tasa de elongación foliar, afecta la velocidad de emisión de hojas, aparición de nuevos tallos y producción de MS. En general, el conocimiento de como el fotoperiodo afecta la floración y el crecimiento vegetativo de los forrajes, facilitan el diseño correcto del manejo de los cultivos forrajeros, que mejor se adaptan a las diferentes regiones climáticas (Nelson y Volenec, 1995).

2.5.3. Humedad

El nivel de humedad disponible en el suelo, afecta la tasa de crecimiento de las plantas, principalmente la elongación celular, ya que afecta la tasa de expansión de las células próximas a los meristemos de crecimiento. Así mismo, en *Brachiaria*, la humedad del suelo, combinada con otros factores como fotoperiodo y temperatura, son importantes para la formación de tallos reproductivos (Joaquín, 2009).

La sequía puede manifestarse en períodos cortos o largos, induciendo cambios fisiológicos y morfológicos en las plantas; dichos cambios permiten mantener la productividad y supervivencia a mediano y largo plazo. La mayor parte de las gramíneas forrajeras tropicales muestra respuestas a la sequía de tipo evasivo y de tolerancia (Ludlow, 1980). Las primeras incluyen cambios morfológicos que incrementan el acceso a la humedad del suelo y minimizan las pérdidas de agua por transpiración, por lo que la eficiencia de uso de agua aumenta. Las respuestas de tolerancia permiten el mantenimiento de la turgencia celular, aún a potenciales hídricos foliares bajos (Carmona *et al.*, 2003). Como consecuencia, las plantas mantienen durante la sequía, una actividad fotosintética reducida, pero capaz de soportar el crecimiento por un tiempo mayor (Carmona *et al.*, 2003). Para las sabanas venezolanas, se ha establecido empíricamente que algunas especies como *B. humidicola*, son más aptas para ambientes seco, mientras que otras, como *B. decumbens*, son menos tolerantes a la sequía (Guenni *et al.*, 2005).

2.6. Factores que afectan el rebrote de las plantas forrajeras

2.6.1. Reservas de carbohidratos

El efecto de la defoliación sobre las reservas de carbohidratos, ha sido investigado por más de medio siglo. La mayor premisa es que la reducción de reservas de carbohidrato, por la defoliación excesiva, reduce el crecimiento y, en los casos extremos, causa la muerte de la planta (Busso *et al.*, 1990). Las reservas de carbohidratos se refieren al total de carbohidratos no estructurales disponibles, como producto de la fotosíntesis para el crecimiento y mantenimiento de las plantas (Busso *et al.*, 1990; Lemaire *et al.*, 2000). Además, las reservas de carbohidratos son almacenados temporalmente y después las plantas los utilizan en situaciones adversas, principalmente cuando el gasto de energía es mayor que la producida por la fotosíntesis, lo cual ocurre cuando el área foliar fotosintéticamente activa es escasa (Gerardo, 2006). Una planta debe ser cosechada cuando el nivel de reservas es suficiente y, generalmente, se alcanza en la fase rápida de crecimiento, que le permita resistir y rebrotar de manera satisfactoria (Duthil, 1989). En las plantas C₃ los hidratos de carbono más abundantes son los fructanos; estos son hidratos de carbono solubles y se encuentran principalmente en los tallos; son polímeros de fructosa, enlazado con unidades de glucosa y sacarosa, mientras que en planta C₄ existe acumulación de almidón en lugar de fructanos (Jung *et al.*, 1993). Así mismo, el carbohidrato que más se produce en el planeta, es la celulosa y se encuentra en las plantas. Los carbohidratos se dividen en estructurales y no estructurales y los carbohidratos estructurales son aquellos que proporcionan estructura a las plantas (celulosa, hemicelulosa, sustancias pépticas) y se encuentran en la pared celular y los no

estructurales, se encuentran en el contenido celular como los monosacáridos, disacáridos, trisacárido, almidones (Jung *et al.*, 1993).

Los carbohidratos de reserva son utilizados para el rebrote y mantenimiento de la planta, cuando la capacidad fotosintética es limitada, causada por una defoliación severa (White, 1973). Las reservas de carbohidratos, son necesarias para asegurar la supervivencia de la planta y aparición de nuevas hojas, por tanto, concentraciones de carbohidratos de 1 a 6 %, han sido señalados como niveles mínimos de reservas; sin embargo, el crecimiento de la planta puede ser limitado en mayor grado por la disponibilidad de yemas axilares, que por la cantidad de reservas de carbohidratos (Lemaire *et al.*, 2000).

2.6.2. Meristemos de crecimiento

El tejido meristemático tiene dos distintos lugares de ubicación; cuando la planta está en estado vegetativo, el tejido meristemático se encuentra a nivel o por debajo del suelo y su principal función es la producción de hojas y tallos, mientras que en estado reproductivo dichos tejidos se encuentran en la parte aérea (Duru y Ducrocq, 2000). El crecimiento puede ocurrir más rápidamente en los meristemos intercalares, siguiendo luego por el desarrollo de los nuevos primordios foliares y menos rápidamente de las yemas axilares basales; así mismo, el crecimiento desde los meristemos intercalares resulta de la expansión celular previamente diferenciada, mientras que el crecimiento de las yemas axilares es retardado, por el tiempo necesario para la diferenciación y el crecimiento de primordios foliares (Briske, 1996). Esto indica que el meristemo representa el vigor del rebrote, ya que la presencia del meristemo genera mayor presencia de hoja (Chapman y

Lemaire, 1993). También la activación del meristemo, está determinada por niveles de hormonas y, dependiendo de éste, será la respuesta de tejido meristemático en las plantas (Murphy y Briske, 1992).

2.6.3. Area foliar remanente

La defoliación de la planta involucra la pérdida de área foliar y de tejido meristemático, siendo el efecto que mayor incidencia tiene sobre la morfología de las plantas. Luego de una defoliación la planta entra en una fase transitoria de patrones de disponibilidad y distribución de carbono y nutrientes (Briske, 1996), en consecuencia se produce una asignación preferencial al crecimiento de la parte aérea (Richards, 1993), lo cual es el primer paso para la recuperación de la planta. En gramíneas, el crecimiento posterior a la defoliación depende de un adecuado suministro de fotoasimilados que cubra las demandas de crecimiento, este suministro de asimilado puede ser derivado de la fotosíntesis de los tejidos foliares remanentes almacenado en las raíces o bases foliares (Perreta y Vegetti, 1997). El área foliar remanente está compuesta por hojas y tallos, de esta manera el comportamiento de una gramínea frente al pastoreo, está relacionado con el potencial de remplazo del área foliar que la planta tenga (Briske 1996), este remplazo surge del crecimiento de hojas parcialmente cortadas y de las yemas axilares que no fueron removidas.

La cantidad y tipo de tejidos removidos son los factores más importantes que determinan el impacto de la defoliación sobre la planta y su posterior recuperación lo cual están relacionados con la forma de crecimiento de la planta, especies con hábitos prostrados retienen más tejido foliar que los de hábito erecto (Sbrissia,

2004). En este sentido, las plantas desarrollan tolerancia y mecanismos de escape, el primero consiste en procesos que facilitan el crecimiento posterior a la defoliación, que puede ser morfológico o fisiológico, en tanto, que el segundo esta relacionado con características químicas (metabolitos secundario) que le permiten evitar la pérdida de tejido por los animales.

2.7. Tasa de recambio de tejido

2.7.1. Elongación foliar

Cuando la expansión de lámina foliar es constante, la tasa de aparición de hoja decrece en el tiempo; por lo tanto, la longitud de la lámina y su tasa de aparición dependen de la longitud de vaina y de la tasa de crecimiento de la lámina foliar (Duroc y Ducrocp, 2000). Asi mismo, el crecimiento y aparición de nuevos rebrotes en todas las plantas ocurre en los meristemas, donde la división celular es seguida por la expansión del tejido; este crecimiento resulta de la actividad de los meristemas terminales, que son sensibles a una gran variedad de estímulos ambientales (Briske *et al.*, 1996).

Durante el rebrote, la planta requiere de importante cantidad de energía, la cual obtiene de las reserva de carbohidratos de la raíz. Cuando las hojas se extienden completamente, la eficiencia fotosintética es alta, por lo que provee tanto energía para el crecimiento de otras hojas jóvenes, como de la raíz (Lemaire *et al.*, 2000).

La pérdida de tejido meristemático, usualmente, tiene mayor efecto en la pérdida de biomasa y es el responsable de la formación de nuevas hojas, mientras que el meristemo intercalar ubicado en la base de la hoja y la vaina, es el responsable de

la elongación de la hoja (Murphy y Brisky, 1992; Lemaire *et al.*, 2000). La zona de elongación demanda grandes cantidades de nutrientes; en esta zona de división celular, se encuentra la mayor acumulación de nitrógeno (Menke y Trlica, 1981). Cuando la concentración de nitrógeno es mínima, fuera de la zona de elongación de las hojas, la síntesis de rubisco disminuye, ya que la respuesta de rubisco depende de la acumulación de nitrógeno en la zona de división celular (Lemaire *et al.*, 2000), lo que indica que el potencial fotosintético de la planta está determinado por la elongación de las hojas, por lo que el déficit de nitrógeno, puede comprometer la eficiencia fotosintética futura, ya que, no solo afectan la tasa de crecimiento de las plantas, principalmente elongación, sino que también afectan, la expansión de células próximas a los meristemos (Gastal *et al.*, 1992; Santo, 2002).

2.7.2. Duración de vida de la hoja

Las hojas que inician el crecimiento después de una defoliación, mueren pocas semanas después de la expansión y son constantemente reemplazadas por nuevas estructuras formadas a partir de los meristemos (Anderson y Flank, 2003). Esto se debe a que las hojas tienen un ciclo de vida limitado, pues luego de crecer, cada hoja comienza a senescer y muere (Aguirre y Hohson, 1991; Thornton y Millard, 1996). Por lo tanto, las hojas al igual que todos los tejidos vegetales, incluyendo los meristemos apicales de crecimiento, tienen una vida media definida, programada genéticamente.

Conforme las hojas pasan del estado joven a la madurez y comienzan a senescer, su capacidad fotosintética declina y tiene un periodo corto como demandante

(consumidores) de energía (Ludlow, 1980), tiempo que la planta aprovecha para reciclar nutrientes, después de lo cual ocurre su muerte programada, es decir, una deficiencia de nitrógeno reduce ligeramente la duración de vida de las hojas y aumenta la tasa de senescencia foliar, debido al efecto pronunciado del nitrógeno en la tasa de elongación foliar y el tamaño de la hoja (Alexandrino *et al.*, 2004).

Después de la defoliación la planta requiere de un tiempo de descanso para la restauración del área foliar y producción de forraje. Por lo tanto, el periodo de descanso reviste gran importancia, ya que restaura las reservas orgánicas, área foliar, intercepción de radiación luminosa, tasa media de acumulación de forraje y recientemente número constante de hojas verde por tallo, este último concepto se fundamenta en la morfogénesis del forraje, ya que prevé la pérdida de biomasa por senescencia, muerte de hojas y tallos, de modo que se optimiza eficientemente la utilización de forraje producido (Candido *et al.*, 2005).

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. Estudios realizados con Capim - mombasa (*Panicum máximum Jacq*) observaron aparición de hoja a los 10 días después de la defoliación y 36 días de vida útil de las hojas (Candido *et al.*, 2005). Carvalho *et al.* (2005), utilizando sistemas de riego, observaron vida útil de la hoja hasta 45 días lo que se debió, probablemente, a la alta tasa de aparición foliar por la planta, ya que la planta presentó mayor velocidad de rebrote, lo cual generó una disminución en la vida útil de la hoja.

2.8. Aparición, muerte, densidad de tallos, peso por tallo y relación peso/densidad

Existen factores, como aspectos hormonales, fotosensibilidad, el ambiente que los rodea y la historia de uso de la pradera, que intervienen en la aparición de nuevos tallos (Lemaire *et al.*, 2000). El crecimiento de los tallos está regulado por las auxinas y citoquininas; las auxinas (ácido Indolacético) se sintetizan en tejidos jóvenes y promueve el alargamiento celular, en tanto, que las citoquininas promueven la división celular (Morphy y Briske, 1992). En este sentido la concentración de nitrógeno y la concentración de citoquininas se relacionan positivamente, de tal manera que al aplicar al suelo de NO_3 , estimula la producción de citoquininas, mientras que al aplicar NH_4 incrementa el balance auxinas:citoquininas (Briske, 1996), balance, que es modificado por el grado de defoliación, la cual permite la entrada de luz a la base de los tallos, estimulando de esta manera la producción de auxinas, mientras que la producción de citoquininas está relacionada con la concentración de nitrógeno en la raíz (Lemaire, 2001).

Por su parte Hernández *et al.*, (1999) mencionan, que la producción de forraje en una pradera, puede ser dividida en dos componentes: el número de tallos por unidad de área de suelo y el rendimiento individual por tallo. Así, la persistencia y producción de las especies forrajeras, depende del balance entre la producción de nuevos tallos y la muerte de los ya establecidos.

En una pradera de gramíneas, los tallos están continuamente emergiendo, creciendo y muriendo a tasas que varían, de acuerdo a las condiciones ambientales (Hodgson, 1990). En este sentido, la tasa de aparición de tallos está

directamente relacionada con la tasa de aparición de hojas, por lo que, el número de hojas formadas, determina el potencial de aparición de tallos, si se considera, que en cada axila de cada hoja, existe una yema de tallo (Velasco *et al.*, 2007; Difante *et al.*, 2008).

Una causa importante de la muerte de los tallos, resulta de la competencia por luz y nutrientes; en este sentido, el equilibrio entre aparición y muerte de tallos, depende de la intensidad de defoliación, ya que de la cantidad de tejido remanente y de las condiciones ambientales, depende el equilibrio entre la aparición y muerte de los tallos (Sbrissica, 2004). Según Hernández *et al.* (2002) mencionan, que la densidad de tallos se puede manipular con el manejo de los pastos, al modificar la frecuencia y altura de defoliación, lo que puede incrementar o disminuir el número de tallos por unidad de área.

Por su parte, Martínez *et al.* (2008) al evaluar el pasto *B. humidicola*, obtuvieron densidad de tallos de 5,749 y 5,662 tallos m⁻², al cosechar cada cuatro semanas. Difante *et al.* (2008), obtuvieron mayor densidad de tallos (1301 tallos m²) y peso por tallo (308 a 644 mg por tallo) del pasto Marandu en verano al cosechar a 20 cm de altura; en tanto que, Sbrissia y Da silva. (2008) consignan que al cosechar a 15 cm de altura, aumenta la velocidad de flujo de tejido y se incrementa la tasa de aparición y muerte de tallos. Similar comportamiento encontraron Hirata y Pakiding (2004), en una pradera de *Paspalum notatum*, en donde la densidad de tallos se incrementó cuando el nivel de fertilización fue mayor.

2.9. Valor nutritivo en los forrajes

El valor nutritivo de un forraje depende de su composición química y de la edad de la planta al momento de cosecharse, de tal forma que, las proporciones de los componentes morfológicos hojas, tallos y tasa de senescencia afectan la calidad nutritiva del forraje (Barbosa *et al.*, 2004). En este sentido cuando la pradera alcanza su máxima área foliar, aumenta la tasa de senescencia hasta igualar o superar la tasa de crecimiento, por lo que es importante relacionar la cantidad de biomasa producida con la calidad nutritiva.

Por lo tanto, la respuesta productiva de los animales en pastoreo, está en función de la calidad y consumo de forraje. Entiéndase por calidad, al valor nutritivo de un alimento y éste, su vez, está determinado por la concentración de energía, proteína, minerales, vitaminas y agua presente. Así, la tasa de crecimiento de un animal en desarrollo y el rendimiento de leche de un animal en lactancia, dependen del consumo de nutrientes y de la eficiencia de conversión de los nutrientes, asimilados en tejido muscular o leche (Hodgson, 1990).

Según Lemaire *et al.* (2000), el factor nutricional más importante, que afecta el consumo, es la digestibilidad del forraje consumido, de tal forma, que conforme ésta aumenta, también el consumo aumenta. Hay una estrecha relación entre el valor nutritivo (medido como digestibilidad) y el consumo voluntario, por lo que al incrementar la digestibilidad, el consumo aumenta hasta aproximadamente un 70% y, arriba de este porcentaje, la relación no es buena, pero el consumo generalmente se mantiene (Difante *et al.*, 2008).

Por su parte, Juárez *et al.* (2009), al evaluar diferentes pastos tropicales (*Panicum maximum*, *Cynodon dactylon*, *Digitaria decumbens* y *Panicum maximum* var. Tanzania), encontraron valores de proteína cruda de 8.0, 7.6, 7.6 y 4.6 %; de FDN 72.7, 76.0, 65.6 y 74.6 % y digestibilidad de la materia seca de 30.6, 36.5, 38.4 y 34.2% (a 24 horas de incubación) con cortes de 10 a 20 cm de altura. Por su parte, Monforte *et al.* (2002), al estudiar el valor nutritivo del pasto *B. humidicola* henificado, obtuvieron contenido de PC de 6.30 %, y Cenizas de 6.18 %, al cosechar a 75 días.

2.10. Conclusiones de la revisión de literatura

1. El comportamiento de los pastos, con respecto a las diferentes estaciones del año, es afectado por los cambios ambientales, lo cual influyen en el rendimiento y en la calidad del forraje producido.
2. El rebrote es influenciada por factores fisiológicos, tales como reservas de carbohidratos presentes en la raíz, área foliar remanente y activación de los meristemas de crecimiento.
3. La intensidad y frecuencia de pastoreo, constituyen los elementos básicos en el manejo de las praderas, por la influencia que éstos ejercen en el comportamiento productivo de las plantas forrajeras.
4. Las gramíneas tropicales presentan constantes cambios en su valor nutritivo, conforme aumenta o disminuye la edad de la planta.

CAPÍTULO 3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización del área de estudio y características edafoclimáticas

El estudio se realizó de noviembre 2007 a mayo 2009 en el Area Experimental de la División Académica de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), localizado a 17° 46' 56" LN y 92° 57' 28" LO, a 10 msnm, ubicada en el municipio del Centro, Tabasco, en el km 25 de la carretera Villahermosa - Teapa. El sitio tiene precipitación y temperatura promedio anual de 2100 mm y 27.2 °C y corresponde a un clima Am (f) (i') gw (García, 1988), El suelo predominante corresponde a un luvisol crómico (Palma y Cisneros, 1996).

Los datos de precipitación y temperatura máxima y mínima ocurridos en el periodo experimental, se obtuvieron en la estación meteorológica de la UJAT. La precipitación durante el periodo experimental (Figura 1), presentó la siguiente distribución durante 2007-2008: nortes, seca y lluvias (11.3, 8.4 y 56.3 % respectivamente). La mayor precipitación ocurrió en septiembre; con respecto al año 2008-2009, la mayor precipitación fue en la época de nortes (22 %) (Figura 1).

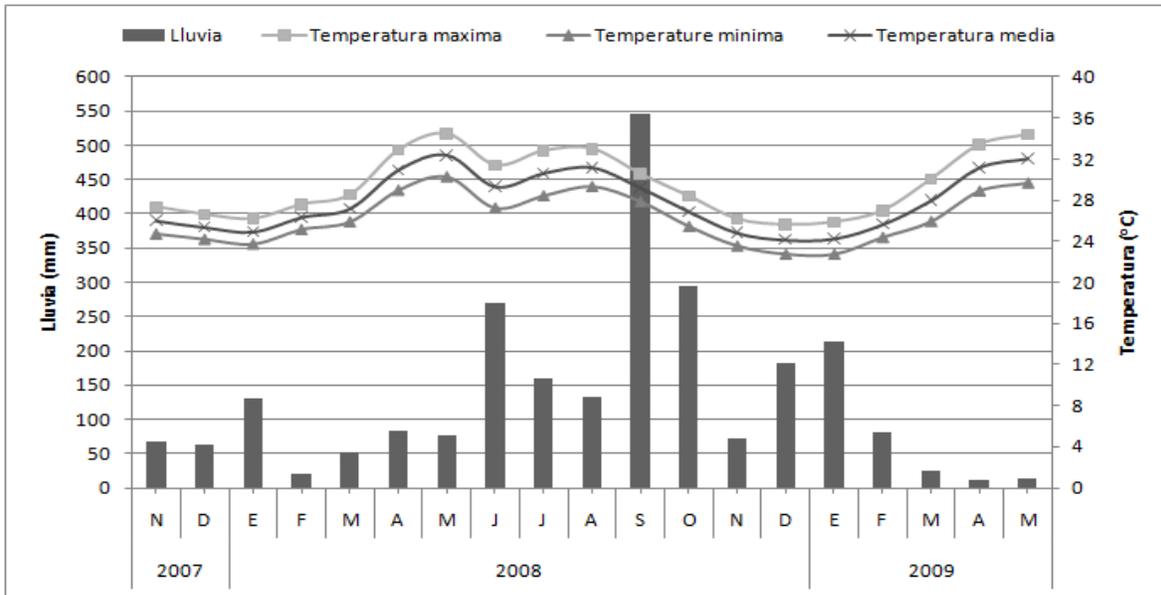


Figura 1. Datos mensuales de precipitación pluvial y temperaturas máximas, medias y mínimas, del sitio experimental localizado en el km 25 de la carretera Villahermosa-Tabasco, Fuente: UJAT.

3.2. Establecimiento de las praderas

La siembra del pasto Mulato, se realizó manualmente a “piquete”, al inicio de la época de lluvias, en el mes de julio del año 2006. Antes de sembrar se aplicó un herbicida sistémico para eliminar malezas emergidas y se empleó una densidad de siembra de 6.0 kg de semilla ha⁻¹, distribuida a una distancia de 50 cm entre surcos y plantas, respectivamente. Antes de iniciar el experimento las praderas estuvieron bajo sistema de pastoreo rotativo e intensivo.

3.3. Manejo de las especies

La pradera con pasto Mulato ocupó un área de 1800 m² (37.5 x 48 m), dividida en 18 unidades experimentales de 100 m² (12.5 x 8 m), distribuidas en un diseño de

bloques al azar con tres repeticiones y un arreglo factorial 3 x 2 donde los factores fueron tres frecuencias de pastoreo (FP: 14, 21, 28 días) y dos intensidades de pastoreo (IP): severa entre 9-11 cm de altura y ligera entre 13-15 cm de altura. Quince días antes de iniciar el estudio, se realizó un pastoreo de uniformización a 10 cm de altura, en todas las unidades experimentales. No se aplicó ningún tipo de fertilizante durante todo el periodo experimental.

3.4. Variables evaluadas

3.4.1. Altura de plantas

La altura de las plantas (cm), en cada repetición, se determinó antes de cada pastoreo, como el promedio de 20 mediciones realizadas al azar, en toda la unidad experimental, con una regla graduada en cm, desde el suelo hasta el primer contacto con cualquier estructura de la planta.

3.4.2. Forraje acumulado

Para evaluar el rendimiento estacional y anual de forraje, un día antes de iniciar el estudio, se colocaron aleatoriamente, en cada repetición, dos cuadrantes fijos de 50 x 100 cm, los cuales se cosecharon con tijeras un día antes de cada pastoreo a 10 y 14 cm de altura, respectivamente y todo el forraje presente se colectó y a la frecuencia correspondiente. Posteriormente, se utilizaron 5 becerros de 180 a 230 kg por parcela como defoliadores, hasta alcanzar la intensidad de pastoreo correspondiente (de 4 a 8 h dependiendo de la estación del año). Se pesó el forraje en verde y se obtuvo una submuestra de aproximadamente 100 g, la cual se separó en los componentes morfológicos: hoja, tallo y material muerto que se

depositaron en bolsas etiquetadas, se secaron por separado en una estufa de aire forzado a 55 °C durante 48 h y pesaron. El rendimiento de forraje se agrupó de manera estacional y total anual, y resultó de la suma de forraje recolectado en cada corte.

3.4.3. Tasa de acumulación neta de forraje

Para calcular la tasa de crecimiento se emplearon los datos de forraje cosechado antes de cada pastoreo, utilizando la siguiente fórmula: $TANF = FC/t$; donde, TANF=tasa de acumulación de forraje ($kg\ MS\ ha^{-1}\ d^{-1}$); FC=forraje cosechado ($kg\ MS\ ha^{-1}$); t=días transcurridos entre pastoreos (Garduño *et al.*, 2009).

3.4.4. Composición botánica

Para determinar la composición botánica, a mediados de cada estación del año (28 de diciembre de 2007, 15 de abril, 15 de agosto y 30 de diciembre de 2008, y 15 de abril de 2009), del forraje cosechado en los muestreos, se tomó una submuestra de aproximadamente 100 g, la cual se separó por especie (pasto Mulato, otras gramíneas y malezas), se secaron por separado a 55 °C durante 48 h y se pesaron.

3.4.5. Relaciones hoja:tallo y hoja:no hoja

Las relaciones hoja:tallo, y hoja:no hoja resultaron de dividir el rendimiento del componente hoja entre el rendimiento de tallo o de la suma del tallo y material muerto, respectivamente.

3.4.6. Tasa de recambio de tejido

La tasa de recambio de tejido foliar, se realizó con la metodología descrita por Ramírez, (2009). Para ello, a mediados de cada época, un día después del pastoreo, en cada unidad experimental, se seleccionaron de manera aleatoria 10 tallos, los cuales fueron identificados con anillos de cable telefónico, y con una regla graduada en mm se midieron en cada hoja, de cada tallo, la longitud de la lámina foliar (desde la lígula hasta el ápice en hojas verdes o hasta la base del tejido clorótico en hojas senescentes). Posteriormente esta misma determinación se realizó cada semana hasta un día antes del siguiente pastoreo.

La tasa de elongación foliar (TEF; $\text{cm tallo}^{-1} \text{d}^{-1}$), se calculó para las hojas en expansión, por la diferencias entre la longitud de las laminas foliares final (LLFf) y al final de dos mediciones sucesivas (LLFi) divididas entre el número de días (T), entre mediciones sucesivas $\text{TEF} = (\text{LLFf} - \text{LLFi}) / \text{T}$.

La tasa de senescencia foliar (TSF; $\text{cm tallo}^{-1} \text{d}^{-1}$), se obtuvo para hojas maduras y en proceso de senescencia, como la diferencia entre la longitud de las láminas foliares verdes al inicio (LFVi) y al final de dos mediciones sucesivas (LFVf), dividida entre el número de días (T) transcurridos entre mediciones sucesivas. $\text{TSF} = (\text{LFVi} - \text{LFVf}) / \text{T}$.

La tasa de crecimiento neto foliar por tallo (CNF; $\text{cm tallo}^{-1} \text{dia}^{-1}$), se calculó como la diferencia entre la tasa de elongación foliar (TEF) y la tasa de senescencia foliar (TSF). $\text{CNF} = \text{TEF} - \text{TSF}$

3.4.7. Dinámica poblacional de tallos

Se determinó con la metodología descrita por Hernández *et al.* (1997b). Para ello, antes de iniciar el estudio, en cada unidad experimental, se colocaron aleatoriamente y de manera permanente, dos aros de 20 cm de diámetro, a ras de suelo. Inmediatamente después, todos los tallos dentro de cada aro se marcaron con anillos de cable telefónico de un mismo color, que se consideraron como la población inicial. Posteriormente, a intervalos de 30 días, los tallos nuevos fueron marcados con un nuevo color, cada color representó una generación de tallos. Al mismo tiempo, se registró la cantidad de tallos vivos de las generaciones anteriores y por diferencia con la población anterior, de cada generación se calculó la cantidad de tallos muertos. Los datos individuales en cada aro, fueron usados para calcular los cambios en la densidad poblacional de tallos, tasa de aparición y tasa de muerte de tallos.

3.4.8. Peso por tallo

Para determinar el peso por tallo, durante todo el periodo experimental, un día antes de cada pastoreo se cosecharon, aleatoriamente, y a ras del suelo, 10 tallos por repetición. Cada tallo se separó en sus componentes morfológicos (hoja, tallo y material muerto) y posteriormente se depositaron en bolsas de papel etiquetadas y se secaron en estufa de aire forzado a 80°C durante 24 h y se pesaron. El peso por tallo se determinó al dividir, la suma de los pesos secos de los componentes entre el número de tallos.

3.4.9. Valor nutritivo

Para determinarlo, del forraje cosechado en cada repetición, a mediados de cada época, se tomó una muestra de aproximadamente 5 kg de forraje verde (100% hoja), la cual se lavó y depositó en bolsas de papel debidamente etiquetada, se secó en una estufa de aire forzado a 55 °C durante 48 horas y después se molió (malla de 1 mm de diámetro). Posteriormente, se tomaron submuestras de ese material para realizar las siguientes determinaciones:

3.4.9.1. Proteína

Se determinó, con el contenido de Nitrógeno total de una submuestra de cada repetición, mediante el método de Microkjendhal (AOAC, 1990) y el valor de Nitrógeno, se multiplicó por 6.25, para obtener el contenido de proteína total.

3.4.9.2. Digestibilidad *in situ* de la materia seca

La materia seca digestible se determinó utilizando la técnica de la bolsa de nylon descrita por Orskov *et al.* (1980). Para ello, de la muestra obtenida en cada repetición, se pesaron 5 g de forraje, se depositaron en bolsas de poliseda (5 x 10 cm), posteriormente, se amarró cada bolsa con una liga para evitar pérdida de muestras, las bolsas se agruparon por tratamiento y se depositaron por duplicado dentro del rumen durante 48 horas; para esto se utilizaron dos bovinos cruzados de *Bos taurus* x *Bos indicus* con un peso vivo de 300 Kg, fistulados en rumen. Posteriormente las bolsas depositadas dentro del rumen se retiraron, lavaron y se secaron en una estufa de aire forzados a 65 °C y se pesaron.

3.4.9.3 Fibras detergente Neutro y Acido

Se determinó, de acuerdo a la metodología propuestas por Van Soest *et al.* (1991). Consistió en depositar dentro de un vaso presipitado de 100 ml, 20 ml de detergente neutro y una muestra de 0.4 g MS de forraje obtenida en cada repetición, posteriormente el vaso presipitado y su contenido se colocaron sobre una parrilla (calentador), se hirvió el contenido por 60 minutos a partir de la ebullición. Después, el contenido se filtró con vacío, para ello se utilizó un crisol de poros gruesos (secado a peso constante), se lavo con agua caliente (90 a 100 °C) enjuagando previamente el vaso, se lavó el exterior del crisol con agua destilada, utilizando una piseta, el crisol y su contenido, se secaron dentro de una estufa a 100 °C, durante 24 horas hasta alcanzar peso constante. Para determinar el contenido de fibra detergente ácido se utilizó el procedimiento anterior, sustituyendo el detergente neutro por detergente ácido en las mismas proporciones.

Análisis estadístico

El análisis estadístico de los datos se realizó utilizando PROC MIXED del paquete estadístico SAS (2001). Los efectos de intervalo entre defoliaciones, época del año y sus interacciones, fueron considerados fijos y el efecto de bloques se consideró aleatorio. Las medias de tratamientos fueron estimadas utilizando LSMEANS y la comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) (Steel y Torrie, 1988). La densidad poblacional de tallos durante el estudio, se presenta mediante diagramas, para cada intervalo de corte, utilizando estadística descriptiva (promedios), de cada generación de tallos.

Capítulo 4. Resultados y discusión

4.1. Pasto Mulato

4.1.1. Acumulación de forraje

La acumulación estacional y anual de forraje del pasto Mulato (*Brachiaria híbrido 36061*) sometido a diferentes frecuencias e intensidades de pastoreo se presenta en el Cuadro 1. Indica que la primera afectó el rendimiento de forraje en todo el periodo experimental ($P < 0.05$); independientemente de la época del año e intensidad de pastoreo, conforme aumentó el intervalo entre pastoreos se incrementó el rendimiento de forraje. En el ciclo 2007-2008, el rendimiento anual aumento en un 80% y 165% al incrementar el intervalo entre pastoreos de 14 a 21 y 28 días, respectivamente ($P < 0.05$). En las lluvias se concentró el 55% de la producción anual de forraje, en el ciclo 2007-2008 con 2563, 4639, 6732 kg MS ha⁻¹ para las frecuencias de pastoreo de 14, 21, 28 días, respectivamente, seguido por las épocas de nortes y seca con 28 y 16% del rendimiento anual. En cuanto a la intensidad de pastoreo, el cosechar menos intensamente incrementó el rendimiento anual en 17% ($P < 0.01$) con respecto al más severo (Cuadro 1). Varios autores (Hodgson, 1990; Hernández-Garay *et al.*, 1999) mencionan, que al cosechar a intensidades ligeras, la pradera presenta buenas reservas de energía y cantidades importantes de hojas residuales, lo que propicia que el índice de crecimiento de nuevas hojas se pueda mantener a nivel alto.

En el ciclo 2008-2009, solo se registró el rendimiento en las épocas de nortes y seca. En ambas épocas se observó un incremento progresivo en el rendimiento, conforme aumentó la frecuencia de pastoreo de 14 a 28 días y se pastoreo más

ligeramente la pradera (Cuadro 1). Mientras que durante los nortes el aumento fue del 69 y 208% al cambiar el intervalo de pastoreo de 14 a 21 y 28 días, respectivamente. Similar comportamiento se observó en la época seca con aumentos del 102 y 235%, para 21 y 28 días, respecto al intervalo de pastoreo de 14 días (Cuadro 1). En cuanto a la intensidad de pastoreo, la cosecha ligera superó en 22 y 18% ($P < 0.05$) a la severa durante los nortes y seca, respectivamente (Cuadro 1).

Los registros climáticos, a los cambios estacionales, en precipitación y temperatura fueron los esperados para condiciones de clima cálido húmedo del estado de Tabasco. La época de lluvias presenta condiciones favorables de precipitación y temperatura (Figura 1) que estimularon el crecimiento y rendimiento de las plantas (Cuadro 1) (Burton *et al.*, 1988). Contrariamente en los nortes la precipitación no fue el factor limitante (Figura 1), pues las bajas temperaturas, fueron las que afectaron el crecimiento del pasto Mulato, dando como resultado una baja producción de forraje (Burton *et al.*, 1988). Algunos autores señalan que el mayor crecimiento de las especies forrajeras tropicales ocurre entre los 25 y 35 °C (Sage y Kubein, 2007), aunque una buena eficiencia fotosintética se da cuando la temperatura se encuentra dentro del rango de 15 a 45 °C (Sage y Kubein, 2007). Las temperaturas registradas durante la sequía, muestran que el factor limitante fue la precipitación (Figura 1).

La intensidad de pastoreo no presentó diferencia en los nortes en el ciclo 2007-2008, pero sí difirió ($P < 0.05$) en las demás épocas en todo el periodo experimental y el mayor rendimiento total y estacional ocurrió al pastorear a una intensidad

ligera en todas las épocas. Al respecto, Hodgson, (1990) señala que con pastoreos ligeros la pradera mantiene buenas reservas de carbohidratos con una cantidad sustancial de hojas verdes que le permite mantener a un nivel alto el crecimiento de nuevas hojas.

Cuadro 1. Acumulación estacional y anual de forraje del pasto *Brachiaria híbrido* (cv. mulato), sometido a diferentes frecuencias e intensidades de pastoreo (kg MS ha⁻¹).

Tratamientos		Año 2007-2008			Rendimiento anual	Año 2008-2009	
Frecuencias (días)	Intensidad	Nortes [£]	Seca [£]	Lluvias [£]		Nortes [£]	Seca [£]
14		1344c	733c	2563c	4641c	1262c	589c
21		2348b	1369b	4639b	8356b	2136b	1195b
28		3449a	2126a	6732a	12309a	3895a	1976a
	Severo	2182b	1248b	4360b	7792b	2187b	1150b
	Ligero	2578a	1571a	4929a	9079a	2675a	1356a
EEM		68.1	23.0	72.6		43.6	34.4
FP		**	**	**	**	**	**
IP		ns	**	*	**	**	*

[£]Épocas del año; nortes (Noviembre-Febrero), seca (Marzo-Mayo), lluvias (Junio-October). Severo (9 -11 cm) y ligero (13-15 cm). ns= no significativo; ** $P \leq 0.01$; * $P \leq 0.05$; abcde= Diferente literal minúscula, en cada columna, indican diferencia ($P < 0.05$); EEM= Error estándar de la media. FP= Frecuencia de pastoreo, IP= Intensidad de pastoreo.

Al aumentar el intervalo de pastoreo se incrementó ($P < 0.05$) el rendimiento de forraje, pues el mayor ocurrió cuando la pradera se pastoreó cada 28 días, seguido por las frecuencias 21 y 14 días (Cuadro 1). Estos resultados difieren con otros autores, quienes observaron mayor efecto de la frecuencia en la acumulación de forraje y menor efecto de la altura de defoliación en diferentes especies de gramíneas (Richards, 1993; Garduño *et al.*, 2009). Algunos autores (Hodgson, 1990; Hernández-Garay *et al.*, 1999; Lemaire, 2001) indican que, con defoliaciones frecuentes, la pradera aumenta la densidad de tallos pequeños, los

cuales no alcanzan a interceptar el 95% de la luz incidente, y como consecuencia, su índice de área foliar y crecimiento son menores. Por el contrario, con intervalos más prolongados la competencia entre plantas por luz aumenta continuamente, por lo que las praderas desarrollan tallos más grandes con hojas largas y una baja densidad de tallos (Hodgson, 1990; Lemaire, 2001).

Al evaluar tres intervalos de corte (3, 5 y 7 semanas), en pasto Mombasa, Ramírez *et al*, (2009) encontraron, un incremento progresivo en el rendimiento anual y estacional y altura de plantas, al aumentar el intervalo de corte, debido a una mayor acumulación de tallos y material muerto, lo que redujo las relaciones hoja:tallo y hoja:no hoja, y alteró la estructura del forraje producido; condición que puede disminuir la eficiencia de utilización de la pradera, aunque al cortar cada 3 semanas, obtuvieron mayor proporción de hojas en el forraje acumulado.

4.1.1.1. Tasa de acumulación neta de forraje (TANF)

En esta variable solo se registró interacción intensidad x frecuencia de pastoreo, en la época de nortes del segundo año (Cuadro 2), en la TANF del pasto Mulato. A excepción de la época de nortes del primer ciclo, cuando no se registraron diferencias entre frecuencias e intensidades de pastoreo ($P > 0.05$), la TANF aumentó conforme se incrementó el intervalo entre pastoreos y se pastoreo menos severamente ($P < 0.05$). El intervalo de pastoreo de 28 días presento 10 y 36% mayor TAF promedio anual que el de 21 y 14 días (Cuadro 2). En la época de lluvias se observó la mayor TAF promedio estacional con 36, 44 y 47 kg MS ha⁻¹ d⁻¹ ($P < 0.05$) para las frecuencias 14, 21 y 28 días, respectivamente (Cuadro 2), seguido por las épocas de nortes y seca. La TANF en la estación de nortes superó

en 24 y 53% a la de seca, en ambos ciclos de medición, respectivamente. En la época de nortes, el pastorear cada 28 días superó en 30 y 11% (primer ciclo) y 55 y 14% (segundo año) al de 14 y 21 ($P < 0.05$). Similar comportamiento se registró en la época seca, en ambos años (Cuadro 2).

Cuadro 2. Cambio estacional y anual de la tasa de acumulación neta de forraje del pasto *Brachiaria híbrido* (cv. mulato), sometido a diferentes frecuencias e intensidades de pastoreo ($\text{kg MS ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$).

Tratamientos		Año 2007-2008			Promedio anual	Año 2008-2009	
Frecuencia (días)	Intensidad	Nortes [£]	Seca [£]	Lluvias [£]		Nortes [£]	Seca [£]
14	Severo	21a	14c	33c	23c	21d	12c
	Ligero	25a	21b	39bc	28bc	24cd	15dc
	Promedio	23	17	36	25	22	13
21	Severo	25a	20b	40abc	28bc	23cd	17bc
	Ligero	30a	23ab	47ab	33ab	27bc	20abc
	Promedio	27	21	44	31	25	18
28	Severo	28a	23ab	45ab	32ab	30b	21ab
	Ligero	33a	28a	50a	37a	39a	25a
	Promedio	30	25	47	34	34	23
Promedio \bar{x}	Severo	25	19	40	28	25	16
	Ligero	29	24	45	33	30	20
EEM		0.58	0.38	0.78	0.77	0.47	0.43
Frecuencias de pastoreo (FP)		ns	**	**	*	**	*
Intensidad de pastoreo (IP)		ns	**	**	*	**	*
Interacción (FP X IP)		ns	ns	ns	ns	*	ns

[£]Épocas del año; nortes (Noviembre-Febrero), seca (Marzo-Mayo), lluvias (Junio-October). Intensidad: Severo (9 -11 cm) y ligero (13-15 cm). ns= No significativo; ** $P \leq 0.01$; * $P \leq 0.05$ abcd= Diferente literal minúscula, en cada columna, indican diferencia ($P < 0.05$). EEM= Error estándar de la media.

El clima determina el potencial productivo de las especies forrajeras. En el presente estudio, los mayores rendimientos y TANF se presentaron durante la época de lluvias debido a la ocurrencia de temperaturas apropiadas para el

crecimiento del pasto y presencia de mayor humedad, mientras que lo contrario ocurrió en la época seca, cuando se presentaron temperaturas apropiadas para el crecimiento y la ausencia de precipitación fue el factor limitante (Ramírez *et al.*, 2009). En contraste durante la época de nortes, hubo suficiente humedad, pero las bajas temperaturas, no permitieron que se manifestara el potencial de producción del pasto mulato (Figura 1).

La menor TANF se presentó a los 14 días, en todo el periodo experimental, y pudo deberse a que el pastoreo fue más intenso y la cantidad de las hojas presentes después del pastoreo era reducida y la intercepción de luz fue menor, por lo que el rebrote fue más lento y dependió de las reservas de carbohidratos. Al respecto (Cândido *et al.*, 2006), señalan que cuando las gramíneas son sometidas a frecuencias de pastoreo fijas y frecuentes se reduce su tasa de crecimiento, y se presenta una continua depleción de las reservas de nutrimentos (Richards, 1993; Hirata y Pakiding, 2004).

Con respecto a la intensidad de pastoreo, la mayor TAF promedio anual se obtuvo con pastoreo ligero superando en 18% a la registrada con pastoreo severo (Cuadro 2). Similar comportamiento se observó en todas las épocas del año, en donde el pastoreo ligero superó en 18%, 25% y 13% al severo ($P < 0.05$) durante nortes, seca y lluvias, respectivamente. Lo anterior se pudo deber a que en el pastoreo severo hubo menor área foliar remanente para realizar la fotosíntesis (Hodgson, 1990), lo que afectó la velocidad de rebrote del pasto Mulato. Sin embargo, algunas especies forrajeras, conforme son expuestas a defoliaciones severas, desarrollan cambios en su morfología que les permite mantener área

foliar verde por debajo de la altura de cosecha, y de esta manera disminuir el impacto negativo de defoliaciones posteriores y así optimizar su dinámica de rebrote, desarrollando plasticidad fenotípica (Lemaire, 2001).

4.1.1.2. Componentes morfológicos

El manejo de la defoliación influye en la velocidad de crecimiento, producción, composición botánica, calidad y persistencia de la pradera (Dong *et al.*, 2004). Al respecto, se ha reportado que conforme se incrementa el intervalo entre pastoreos, en praderas tropicales, se aumenta el rendimiento de forraje con una menor aportación de hojas y mayor acumulación de tallo y material muerto, lo cual afecta negativamente el valor nutritivo en estas especies. Esta circunstancia, indica que es importante considerar no solo el rendimiento forrajero, sino su proporción de hojas en relación con los tallos y el material muerto.

En hoja, hubo efecto de frecuencia y de intensidad ($P < 0.01$) de pastoreo en todas las estaciones y solo se presentó efecto de interacción frecuencia x intensidad de pastoreo en la época de nortes del segundo ciclo. La frecuencia de pastoreo de 28 días presentó 74 y 141% mayor acumulación anual de hojas que el de 21 y 14 días (Cuadro 3). La mayor acumulación de hojas se presentó en la época de lluvias y aumentó en un 75 y 135% al incrementar el intervalo de pastoreo de 14 a 21 y 28 días, respectivamente; seguido por la época de nortes y seca en el ciclo 2007-2008 (Cuadro 3). Con respecto al ciclo 2008-2009, la mayor acumulación de hojas se obtuvo en la época de nortes con un aumento de 74 y 141% al incrementar el intervalo de pastoreo de 14 a 21 y 28 días, respectivamente; seguido por la época de seca.

La época de nortes del primer ciclo presentó un aumento en un 8 y 10% con respecto a la época de nortes del segundo ciclo al pastorear cada 14 y 21 días. Con respecto a la época de seca hubo un 19, 13 y 5% mayor acumulación de hojas en el primer ciclo al pastorear cada 14, 21 y 28 días, en comparación con el segundo ciclo.

Cuadro 3. Acumulación estacional y anual de componente morfológico (Hoja) del pasto *Brachiaria híbrido* (cv. mulato), sometido a diferentes frecuencias e intensidades de pastoreo.

Tratamientos		Año 2007-2008			Rendimiento anual	Año 2008-2009	
Frecuencia (días)	Intensidad	Nortes ^ξ	Seca ^ξ	Lluvias ^ξ		Nortes ^ξ	Seca ^ξ
14	Severo	1097e	583d	2065c	3746e	1053d	516c
	Ligero	1324de	883d	2355c	4562e	1177d	662c
	Promedio	1211	729	2210	4154	1113	589
21	Severo	1859cd	1248c	3603b	6711d	1685c	1108b
	Ligero	2164bc	1489c	4061b	7714c	1908c	1281b
	Promedio	2011	1368	3832	7212	1796	1194
28	Severo	2527ab	1890b	5058a	9476b	2609b	1825a
	Ligero	2900a	2312a	5337a	10549a	3593a	2126a
	Promedio	2713	2101	5197	10012	3101	1976
Promedio \bar{x}	Severo	1828	1240	3575	6644	1782	1150
	Ligero	2129	1561	3917	7608	2224	1356
EEM		52.7	22.4	54.9	79.1	45.6	34.7
Frecuencias de pastoreo (FP)		**	**	**	**	**	**
Intensidad de pastoreo (IP)		*	**	*	**	**	*
Interacción (FP x IP)		ns	ns	ns	ns	*	ns

^ξ=Épocas del año; nortes (Noviembre-Febrero), seca (Marzo-Mayo), lluvias (Junio-Octubre). ^ξ =no se encontró. Severo (9-11 cm) y ligero (13-15 cm). ns= no significativo; ** $P \leq 0.01$; * $P \leq 0.05$, abcde= Diferente literal minúscula, en cada columna, indican diferencia ($P < 0.05$); EEM= Error estándar de la media.

Los cambios en la composición morfológica en la época de lluvias se debieron a que las condiciones edáficas y climáticas favorecieron el crecimiento de las hojas, lo cual concuerda con Festo *et al.* (2003), quienes encontraron que las hojas

incrementa su aparición, cuando existen temperatura entre 20 a 32.5 °C, pero disminuye cuando la temperatura superan los 35 °C.

Con respecto a la época de nortes, los cambios se pudieron deber, a que el crecimiento de las plantas es inhibida por las bajas temperaturas, mientras que la época de estrés hídrico, el lento crecimiento sólo permitió la cosecha del escaso rebrote constituido principalmente por hojas. El pastoreo ligero presento un 14 y 22% mayor acumulación de hojas, en el primero y segundo ciclo de la época de nortes y un 20 y 15% para las épocas de seca con respecto al pastoreo severo, en los mismos ciclos.

La acumulación de tallos presento efecto ($P < 0.01$) de frecuencia en las épocas de nortes y lluvias en los dos ciclos y efecto de intensidad en la época de lluvias ($P < 0.01$). En las demás épocas no se presentaron efectos de intensidad de pastoreo ($P > 0.01$). La mayor acumulación de tallos se observó en la época de lluvias con un aumento de 116 y 318% al ampliar el intervalo de pastoreo de 14 a 21 y 28 días respectivamente; seguido por la época de nortes para el ciclo 2007-2008 (Cuadro 4). Con respecto al ciclo 2008-2009 la época de nortes presentó un aumento de un 107 y 425% al incrementar el intervalo de pastoreo de 14 a 21 y 28 días. Al realizar pastoreo ligero la acumulación de tallos aumentó en un 22 y 20% con respecto al pastoreo severo para el primer ciclo en las épocas de lluvias y nortes. Para el segundo ciclo, el pastoreo ligero supero en 9% al pastoreo severo en la época de nortes (Cuadro 4). En la época de seca no hubo presencia de tallos.

La aportación de tallos al rendimiento incrementó al aumentar el intervalo entre pastoreos de 14 a 28 días, lo cual concuerda con lo observado por otros autores Middleton, (1982); Hernandez *et al.*, 2000), quienes consignaron que la proporción de hojas en el forraje cosechado disminuye al aumentar el intervalo entre cosechas, debido a un mayor crecimiento del tallo, cuando hay condiciones ambientales favorables para el crecimiento de las plantas (época de lluvias); en contraste, durante la época de nortes la elongación del tallo es inhibida por las bajas temperaturas, mientras que en el periodo de seca, el déficit de agua (Sage y Kubein, 2007) es el factor limitante del crecimiento vegetal y por consiguiente de la escasa contribución del tallo al rendimiento.

Cuadro 4. Acumulación estacional y anual de componente morfológico (Tallos) del pasto *Brachiaria híbrido* (cv. mulato), sometido a diferentes frecuencias e intensidades de pastoreo (kg MS ha⁻¹).

Tratamientos		Año 2007-2008			Rendimiento anual	Año 2008-2009	
Frecuencias (días)	Intensidad	Nortes [£]	Seca [£]	Lluvias [£]		Nortes [£]	Seca [£]
14		117c	ξ	352c	469c	140c	ξ
21		289b	ξ	762b	1051b	290b	ξ
28		671a	ξ	1473a	2145a	736a	ξ
	Severo	319a	ξ	4360b	1072b	371a	ξ
	Ligero	399a	ξ	4929a	1372a	407a	ξ
EEM		23.3	ξ	45.0	42.1	52.1	ξ
FP		**	ξ	**	**	**	ξ
IP		ns	ξ	*	*	ns	ξ

[£]Épocas del año; nortes (Noviembre-Febrero), seca (Marzo-Mayo), lluvias (Junio-October). Severo (9 -11 cm) y ligero (13-15 cm). ns= no significativo; ** $P \leq 0.01$; * $P \leq 0.05$; ξ= 100% hoja; abc= Diferente literal minúscula, en cada columna, indican diferencia ($P < 0.05$); EEM= Error estándar de la media. FP= Frecuencia de pastoreo, IP= Intensidad de pastoreo.

4.1.1.3. Relación hoja:tallo

En general, se observa que el pasto mulato tiene una excelente relación hoja:tallo (Cuadro 5). Se presentó efecto ($P < 0.01$) de frecuencia en las épocas de nortes y lluvias. La relación hoja:tallo durante la época de nortes fue 42 y 150% (primer ciclo) y 28 y 93% (segundo ciclo) superior al pastorear cada 14 días con respecto al de 21 y 28 días ($P > 0.05$). Durante las lluvias se registró la menor relación hoja:tallo (Cuadro 5), la cual, tendió a disminuir conforme se incrementó el intervalo entre pastoreos ($P < 0.05$). Durante la época seca, el forraje cosechado fue 100% hoja.

Cuadro 5. Cambios estacionales en la relación hoja:tallo del pasto *Brachiaria híbrido* (cv. mulato), sometido a diferentes frecuencias e intensidades de pastoreo.

Tratamientos		Año 2007-2008			Año 2008-2009	
Frecuencia (días)	Intensidad	Nortes [£]	Seca [£]	Lluvias [£]	Nortes [£]	Seca [£]
14		10.5a	&	6.5a	8.3a	&
21		7.4ab	&	5.1b	6.5ab	&
28		4.2b	&	3.5c	4.3b	&
	Severo	7.6a	&	5.5a	6.5a	&
	Ligero	7.2a	&	4.6b	6.2a	&
E E M		1.37	&	0.48	0.93	&
FP		**	&	**	*	&
IP		ns	&	*	ns	&

[£]=Épocas del año; nortes (Noviembre-Febrero), seca (Marzo-Mayo), lluvias (Junio-Octubre). &= 100 % hojas. Severo (9-11 cm) y ligero (13-15 cm). ns= no significativo; ** $P \leq 0.01$; * $P \leq 0.05$; abc= Diferente literal minúscula, en cada columna, indican diferencia ($P < 0.05$); EEM= Error estándar de la media. FP= Frecuencia de pastoreo, IP= Intensidad de pastoreo

La intensidad de pastoreo afecto ($P < 0.01$) la relación hoja:tallo en la época de lluvias (Cuadro 5), superando el pastoreo severo en 6% (7.6 vs 7.2) y 20% (5.5 vs 4.6) al ligero, en nortes ($P > 0.05$) y lluvias ($P < 0.05$) del primer ciclo. En la época de nortes del segundo ciclo esta supero en 5% (6.5 vs 6.2) a la ligera ($P > 0.05$).

Los altos valores en relación hoja:tallo estuvieron asociados con la técnica de muestreo, ya que la cosecha se realizó a las alturas de pastoreo predeterminadas para ambas intensidades, lo que evitó que se cosechara gran cantidad de tallo, el cual se ubica cerca de la superficie del suelo. Además si se considera el hábito de crecimiento amacollado, decumbente y estolonífero del pasto Mulato, se pueden explicar las altas relaciones hoja:tallo y la falta de material senescente, debido a que se concentró en los estratos inferiores de la pradera.

Al respecto, la edad de la planta es un factor que determina la distribución de materia seca en sus diferentes partes; es decir, conforme aumenta la edad de rebrote hay un incremento en la proporción de tallos y material senescente y disminuye la formación de hojas (Ludlow, 1980), lo que puede ocasionar una disminución en la relación hoja:tallo (Zaragoza, 2004). Durante la época de sequía no hubo presencia de tallos, en el forraje cosechado y se debió a que en situaciones de estrés hídrico, se reduce el crecimiento de la parte aérea y consecuentemente el de tallos (Chapman y Lemaire, 1993; Gerdes *et al.*, 2000); sin embargo, la aparición de hojas es la última característica morfogénica que es afectada por las plantas, en estas condiciones (Nascimento y Adese, 2004).

4.1.2. Densidad de tallos

4.1.2.1. Dinámica de tallos

Existen factores, como aspectos hormonales, fotosensibilidad, el ambiente que los rodea y el manejo de la pradera, que intervienen en la aparición de nuevos tallos (Lemaire *et al.*, 2000). El crecimiento de los tallos está regulado por las auxinas y citoquininas; las auxinas (ácido Indolacético) se sintetizan en tejidos jóvenes y promueven el alargamiento celular, en tanto, que las citoquininas promueven la división celular (Morphy y Briske, 1992). En este sentido, la concentración de nitrógeno y de citoquininas se relacionan positivamente, de tal manera que al aplicar NO_3 , al suelo, se estimula la producción de citoquininas, mientras que al aplicar NH_4 incrementa el balance auxinas:citoquininas (Briske, 1996); balance, que es modificado por el grado de defoliación, la cual permite la entrada de luz a la base de los tallos, estimulando de esta manera la producción de auxinas, mientras que la producción de citoquininas está relacionada con la concentración de nitrógeno en la raíz (Lemaire, 2001).

Por su parte Hernández *et al.* (1999) mencionan, que la producción de forraje en una pradera, puede ser dividida en dos componentes: el número de tallos por unidad de área de suelo y el rendimiento individual por tallo. Así, la persistencia y producción de las especies forrajeras, depende del balance entre la producción de nuevos tallos y la muerte de los ya establecidos. En una pradera de gramíneas, los tallos están continuamente emergiendo, creciendo y muriendo a tasas que varían, de acuerdo a las condiciones ambientales (Hodgson, 1990). En este sentido, la tasa de aparición de tallos está directamente relacionada con la tasa de

aparición de hojas, por lo que, el número de hojas formadas, determina el potencial de aparición de tallos, si se considera, que en cada axila de cada hoja, existe una yema de tallo (Hodgson, 1990).

Cuadro 6. Cambios estacionales en la densidad de tallos del pasto *Brachiaria híbrido* (cv. mulato), sometido a diferentes frecuencias e intensidades de pastoreo (tallos m⁻²)

Tratamientos		Año 2007-2008			Año 2008-2009	
Frecuencia (días)	Intensidad	Nortes ^ξ	Seca ^ξ	Lluvias ^ξ	Nortes ^ξ	Seca ^ξ
14		3635a	4843a	5644a	6559a	5866a
21		2955b	3684b	4351b	4869b	4140b
28		2608b	3324b	4168b	4394b	3489c
	Severo	3280a	4222a	5079a	5729a	4979a
	Ligero	2857b	3679b	4363b	4818b	4018b
EEM		58.8	104.6	96.1	86.0	91.7
FP		**	**	**	**	**
IP		*	*	**	**	**

^ξ=Épocas del año; nortes (Noviembre-Febrero), seca (Marzo-Mayo), lluvias (Junio-October). ^ξ =no se encontró. Severo (9-11 cm) y ligero (13-15 cm). ns= no significativo; ** $P \leq 0.01$; * $P \leq 0.05$; abcde= Diferente literal minúscula, en cada columna, indican diferencia ($P < 0.05$); EEM= Error estándar de la media. FP= Frecuencia de pastoreo, IP= Intensidad de pastoreo

Una causa importante de la muerte de los tallos, resulta de la competencia por luz y nutrientes; en este sentido, el equilibrio entre aparición y muerte de tallos, depende de la intensidad de defoliación, ya que de la cantidad de tejido remanente y de las condiciones ambientales, depende el equilibrio entre la aparición y muerte de los tallos (Sbrissica, 2004). Hernández *et al.* (1997b). Mencionan que la densidad de tallos se puede manipular con el manejo de los pastos, al modificar la frecuencia y altura de defoliación, lo que puede incrementar o disminuir el número de tallos por unidad de área. Por su parte, Martínez *et al.* (2008) al evaluar el

pasto *B. humidicola*, obtuvieron densidad de tallos de 5,749 y 5,662 tallos m⁻², al cosechar cada cuatro semanas.

Difante *et al.* (2008) obtuvieron mayor densidad de tallos (1301 tallos m²) y peso por tallo (308 a 644 mg por tallo) del pasto Marandu en verano al cosechar a 20 cm de altura; en tanto que, Sbrissia y Da silva, (2008) consignan que al cosechar a 15 cm de altura, aumenta la velocidad de flujo de tejido y se incrementa la tasa de aparición y muerte de tallos. Similar comportamiento encontraron Hirata y Pakiding (2004), en una pradera de *Paspalum notatum*, en donde la densidad de tallos se incrementó cuando el nivel de fertilización fue mayor.

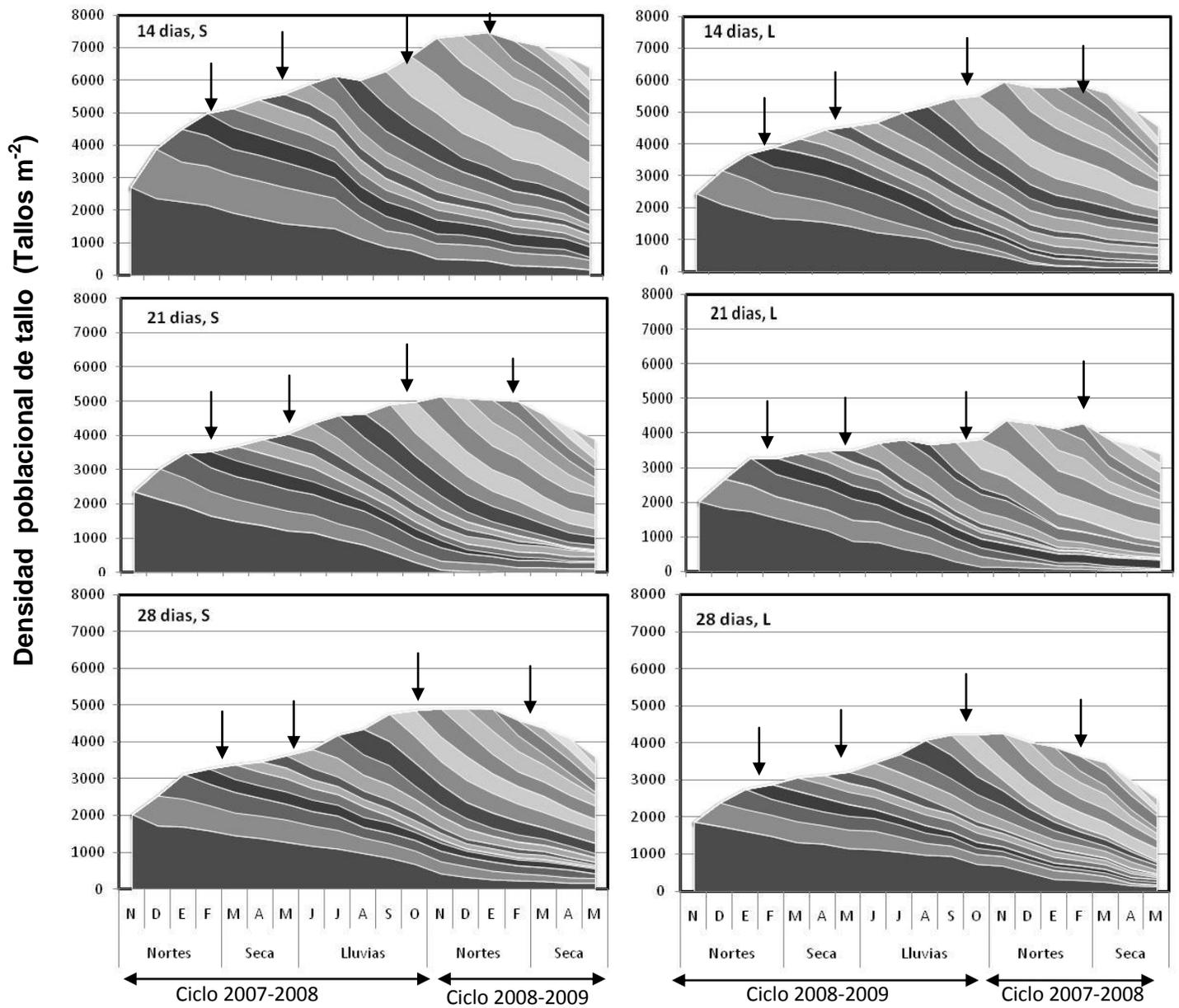


Figura 2.- Cambios mensuales en la densidad poblacional de tallos del pasto *Brachiaria híbrido* (cv. mulato), sometido a diferentes frecuencias (14, 21 y 28 días) e Intensidad de Pastoreo (S: 9-11 y L: 13-15 cm de altura).

4.1.2.2. Tasa de aparición y muerte de tallos

La frecuencia de pastoreo afectó la tasa de aparición de tallos (TAT) del pasto Mulato ($P < 0.05$) en todo el periodo de evaluación (Cuadro 7). Solo se registró efecto de intensidad ($P < 0.05$) en la época seca, en el primer ciclo. La TAT en la época de lluvias disminuyó en un 17 y 40% al ampliar el intervalo entre pastoreos de 14 a 21 y 28, respectivamente (Cuadro 7). Durante la época de nortes la TAT decreció en 29 y 63% (primer ciclo) y 18 y 37% (segundo ciclo), al aumentar el intervalo entre pastoreos de 14 a 21 y 28 días, respectivamente. Similar comportamiento fue observado en la época de seca en ambos ciclos. En general, la TAT con el pastoreo severo superó en 13, 8 y 14% al ligero en las épocas de nortes, seca y lluvias ($P < 0.05$) del ciclo 2007-2008. En tanto que durante la época de nortes del ciclo 2008-2009, la TAT fue 9% ($P < 0.05$) mayor con el pastoreo severo en comparación con el ligero, y no se registraron diferencias ($P > 0.05$) para la época seca.

Las condiciones ambientales influyeron en la tasa de aparición de tallos, principalmente en septiembre y octubre donde se presentaron altas temperaturas y precipitación (Figura 1), que favorecieron la aparición de tallos, así mismo, la alta precipitación en estos meses permitió mantener mayor humedad en el suelo, que propició condiciones favorables para la generación de nuevos rebrotes en noviembre, diciembre y enero (segundo ciclo). En tanto que, la baja TAT en la época de seca probablemente se debió al estrés hídrico y a las altas temperaturas. Los resultados también mostraron que la variación climáticas

durante el año y las frecuencias de corte hicieron variar la densidad de tallos (Cuadro 6) en las diferentes épocas del año, pero en todos los tratamientos se registraron mayores incrementos en la TAT en la época de lluvias (primer ciclo) y nortes en ambos ciclos (Cuadro 7). De Morais *et al.* (2006), observaron disminución de tallos de 55% en invierno y al inicio de primavera en una pradera de *Brachiaria decumbens*. Por su parte, Barbosa, (2004), observó aumento en la densidad de tallo del pasto Tanzania, en primavera y mayor tasa de aparición de tallos en otoño.

La marcada estacionalidad encontrada en la densidad tallos parece estar relacionada con el manejo, ya que, la mayor densidad de tallos registradas al pastorear cada 14 días, fue consecuencia de la mayor TAT (Cuadro 7), probablemente se debió a los cambios drásticos de luz, causado por una disminución progresiva en la biomasa de hojas verdes presentes al momento del pastoreo, por lo que, la frecuencia e intensidad de pastoreo influyeron en la tasa de aparición de tallos, ya que al pastorear mas severamente existió una mayor penetración de luz en los estratos inferiores de la pradera, promoviendo la activación de yemas axilares y por consiguiente la aparición de nuevos tallos (Difante *et al.*, 2008). En tanto que, al pastorear cada 28 días, se registró la menor tasa de aparición de tallos, y mayor altura de la planta (Cuadro 13) que propició mayor acumulación de biomasa foliar, lo que posiblemente permitió a la planta interceptar mayor cantidad de luz y disminuir la cantidad y calidad de luz que llega hacia los estratos inferiores del dosel, y consecuentemente, inhibir la aparición de tallos, por falta de estímulos para la activación de los meristemas de crecimiento. En términos generales, la respuestas fotomorfológicas de las plantas, están

mediadas por pigmentos fotosensibles como: Fitocromo, sensible en la porción del rojo (R) y el rojo lejano (RL) del espectro lumínico, y criocromo, sensible a la porción azul, por lo que, una baja cantidad de luz y una baja relación R:RL (Rojo y Rojo Lejano), provocan tres respuestas principales en las plantas: aumento de asignación de recursos a la parte aérea (tallos: raíz alta), alargamiento de los órganos ya existentes, reducción en la TAT y eventualmente, una reducción en la aparición de hojas (Gautier *et al.*, 1999; Dias y De Carvalho, 2000). Por su parte, Barbosa (2004), obtuvo mayor tasa de aparición de tallos cuando la planta interceptó 95% de luz a una intensidad de pastoreo de 25 cm de altura en una pradera cultivada con pasto Tanzania. En tanto que Sbrissia y Da silva, (2008) mencionan que cuando las praderas de pasto Marandu son manejadas bajo pastoreo continuo, a 20 cm de altura la planta intercepta el 95% de la luz solar. Sin embargo, al incrementar la altura residual de 10 a 40 cm del pasto Marandu disminuyó la aparición de tallos y la tasa de mortalidad de tallos fue mayor (Sbrissia, 2004; Marcelino, 2004).

Cuadro 7. Tasa de aparición estacional de tallos del pasto *Brachiaria híbrido* (cv. mulato), sometido a diferentes frecuencias e intensidades de pastoreo (tallos m⁻² día⁻¹).

Tratamientos		Año 2007-2008			Año 2008-2009	
Frecuencia (días)	Intensidad	Nortes [£]	Seca [£]	Lluvias [£]	Nortes [£]	Seca [£]
14		31a	15a	28a	26a	8b
21		24ab	12b	24ab	22ab	11a
28		19a	10b	20b	19b	12a
	Severo	27a	13a	25a	23a	10a
	Ligero	22a	12a	22a	21a	10a
EEM		1.2	0.3	0.6	0.8	0.2
FP		*	**	**	**	**
IP		*	*	ns	ns	ns

[£]=Épocas del año; nortes (Noviembre-Febrero), seca (Marzo-Mayo), lluvias (Junio-Octubre). Severo (9-11 cm) y ligero (13-15 cm). ns= no significativo; ** $P \leq 0.01$; * $P \leq 0.05$; abcde= Diferente literal minúscula, en cada columna, indican diferencia ($P < 0.05$); EEM= Error estándar de la media. FP= Frecuencia de pastoreo, IP= Intensidad de pastoreo

Con respecto a la tasa de mortalidad de tallos (TMT), solo se registró efecto de frecuencia de pastoreo ($P < 0.05$) en la época de lluvias (Cuadro 8). No se observó efecto de intensidad ($P > 0.05$) de pastoreo durante el periodo experimental. Al realizar pastoreo severo la TMT fue mayor en un 12, 14 y 6% ($P > 0.05$) con respecto al pastoreo ligero en las épocas de nortes, seca y lluvias del primer ciclo. Para el segundo ciclo, el pastoreo severo superó en 9 y 4% ($P > 0.05$) al pastoreo ligero en la época de nortes y seca (Cuadro 8).

Los resultados anteriores están fuertemente influenciados, en su mayoría, por factores de manejo, principalmente por la frecuencia e intensidad de pastoreo a la que es sometida la pradera y por las condiciones ambientales de cada época, probablemente estos factores contribuyeron a una mayor TAT en la época de

nortes y lluvias, la cual concuerda con la mayor TMT (Cuadro 8), en cambio en la época de seca se registró menor TAT, que coincidió con la menor TMT (primer ciclo), contrariamente a los resgistrados en el segundo ciclo. Según Hernández-Garay *et al.* (1997b) una mayor tasa de muerte se asocia con una mayor tasa de aparición de tallos, asociación que en este estudio se observó en las épocas de nortes y lluvias. En tanto que, en la época de seca (segundo ciclo), el estrés hídrico propició una mayor TMT, en cambio en el primer ciclo se registró mayor tasa de aparición de tallos y menor TMT, posiblemente la TAT en época de seca, pudo ser promovida por la época de nortes que proporcionó mayor disponibilidad de agua para las plantas. En condiciones de pastoreo continuo con ovinos, a diferentes alturas (5, 10, 15 y 20 cm), en pasto Tifton 85 (*Cynodon* spp.), han reportado altas tasas de muerte de tallos, compensadas por altas tasas de aparición de tallos durante el verano (Carvalho *et al.*, 2000). Similar comportamiento se registró en el presente estudio ya que la mayor TAT se obtuvo, cuando las praderas fueron pastoreado severamente en tanto que al ampliar el intervalo entre pastoreo disminuyó.

Sin embargo, cuando la pradera se pastoreó cada 14 días, la tasa de mortalidad de tallos fue mayor, posiblemente se debió, que la disponibilidad de nutrientes y las condiciones ambientales como humedad, luz y temperatura no fueron propicia, según Hernández *et al.* (2002); Lemaire, (2001), al aumentar la aparición de tallos y no encontrar condiciones ambientales favorables la mortalidad de tallos es mayor. A pesar de no haber efecto significativo entre tratamiento en la época de nortes en ambos ciclos, la menor TMT se observó al pastorear cada 28 días, probablemente la planta interceptó mayor porcentaje de luz solar, la cual propició

un aumento en sus reservas de carbohidratos, que le permitió a la planta evitar mayor muerte de tallos.

Cuadro 8. Tasa de mortalidad estacional de tallos del pasto *Brachiaria híbrido* (cv. mulato), sometido a diferentes frecuencias e intensidades de pastoreo (tallos m⁻² día⁻¹).

Tratamientos		Año 2007-2008			Año 2008-2009	
Frecuencia (días)	Intensidad	Nortes [£]	Seca [£]	Lluvias [£]	Nortes [£]	Seca [£]
14		11a	9a	20a	23a	24a
21		10a	7a	18a	20a	22a
28		6a	6a	12b	22a	20a
	Severo	9a	8a	17a	23a	22a
	Ligero	8a	7a	16a	21a	21a
EEM		0.7	0.5	0.5	1.0	0.7
FP		ns	ns	**	ns	ns
IP		ns	ns	ns	ns	ns

[£]=Épocas del año; nortes (Noviembre-Febrero), seca (Marzo-Mayo), lluvias (Junio-Octubre). Severo (9-11 cm) y ligero (13-15 cm). ns= no significativo; ** $P \leq 0.01$; * $P \leq 0.05$; ab=Diferente literal minúscula, en cada columna, indican diferencia ($P < 0.05$); EEM= Error estándar de la media. FP= Frecuencia de pastoreo, IP= Intensidad de pastoreo

4.1.2.3. Peso de tallo

En general, se observó un incremento en el peso por tallo conforme aumentó el intervalo de pastoreo de 14 a 28 días y se pastoreo más ligeramente (Cuadro 9). Durante la época de lluvias el peso por tallo disminuyó en un 15 y 49% al reducir el intervalo entre pastoreo de 28 a 21 y 14 días, respectivamente ($P < 0.05$). En la época de nortes la reducción fue de 7 y 20% (primer ciclo) y de 48 y 103% (segundo ciclo) al disminuir el intervalo entre pastoreos de 28 a 21 y 14 días, respectivamente; en la época de seca la reducción fue de 7 y 12% (primer ciclo) y

de 22 y 36% (segundo ciclo), respectivamente. A pesar de que el peso por tallo en las praderas pastoreadas ligeramente fue superior al de las praderas pastoreadas más severamente, solo se registraron efectos significativos entre intensidades durante la épocas de seca y lluvias ($P < 0.05$) en el primer ciclo.

Los resultados aquí obtenidos sugieren que las diferencias entre frecuencias e intensidad de pastoreo, en cuanto a la densidad y peso individual de tallos, explican las diferencias en acumulación de biomasa foliar. En este sentido, Hirata y Pakiding, (2004), mencionan que la reducción del peso por tallo coincide con el aumento en la densidad de tallos y viceversa. Es decir, cuando el número de tallos por unidad de área aumenta su peso decrece; y el peso por tallo es mayor con cosechas menos frecuentes (Hill, 1989). Así mismo, estudios realizados con diferentes especies de gramíneas, han concluido que con defoliaciones menos severas, el peso del tallo es mayor (Hernández-Garay *et al.*, 1999; Pérez *et al.*, 2002; Beltrán *et al.*, 2005; Martínez *et al.* 2008), debido a que el área foliar residual es mayor, para realizar la fotosíntesis, lo que permite un rebrote de los pastos más rápido (Muslera y Ratera, 1991). Por su parte, Martínez *et al.* (2008), trabajando con diferentes alturas e intervalos de corte, en *B. humidicola*, observaron que al aumentar la altura de forraje residual y el intervalo entre cortes, se incrementó el peso por tallo.

Por otro lado, en términos de rendimiento de forraje, la menor acumulación de biomasa foliar se observó al pastorear cada 14 días (Cuadro 1) y estuvo asociada con la mayor densidad de tallos y el menor peso por tallo. En contraste, al pastorear cada 28 días, se observó mayor peso por tallo pero una densidad menor. Así mismo, a los 28 días se registró el mayor flujo de tejido foliar,

generando aumento en la tasa de acumulación neta del pasto Mulato. En este estudio, el peso por tallo fue el que mayor contribuyó al rendimiento de forraje.

Cuadro 9. Peso seco por tallo del pasto *Brachiaria híbrido* (cv. mulato), por época, sometido a diferentes frecuencias e intensidades de pastoreo (mg tallo).

Tratamientos		Año 2007-2008			Año 2008-2009	
Frecuencia (días)	Intensidad	Nortes [£]	Seca [£]	Lluvias [£]	Nortes [£]	Seca [£]
14		349a	289b	317b	250c	244b
21		374a	328b	365b	371c	300ab
28		419a	383a	474a	509a	332a
	Severo	368a	317a	365b	350a	281a
	Ligero	394a	349a	406a	403a	302a
EEM		10.7	6.9	9.1	11.8	12.5
FP		ns	*	*	**	**
IP		ns	*	**	ns	ns

[£]=Épocas del año; nortes (Noviembre-Febrero), seca (Marzo-Mayo), lluvias (Junio-October). Severo (9-11 cm) y ligero (13-15 cm). ns= No significativo; ** $P \leq 0.01$; * $P \leq 0.05$; EEM= Error estándar de la media. FP= Frecuencia de pastoreo, IP= Intensidad de pastoreo

4.1.3. Tasa de recambio de tejido

4.1.3.1. Elongación, senescencia y crecimiento neto foliar

Se registró efecto de frecuencia de pastoreo en la tasa de elongación foliar ($P < 0.05$) durante todo el periodo de evaluación, y se observó efecto de intensidad de pastoreo en la época de seca del segundo ciclo (Cuadro 10). La elongación foliar se incrementó al aumentar el intervalo entre pastoreos en todas las épocas del año (Cuadro 10). Durante la época de lluvias la elongación foliar al pastorear cada 28 días superó en 25 y 159% al de 21 y 14 días, respectivamente. En la época de nortes el pastoreo cada 28 días registró 213 y 216% (primer ciclo), y 3 y 167 mayor elongación que el de 21 y 14 días. Durante el periodo de seca, las

frecuencias de corte de 14 y 21 días tuvieron 159 y 25% (primer ciclo) y 230 y 41% (segundo ciclo) menor tasa de elongación que el de 28 días. En general, la tasa de elongación con el pastoreo ligero fue mayor a la del severo, siendo únicamente diferente en el periodo de seca del segundo ciclo ($P < 0.05$), con 45% mayor elongación que con el severo.

La tasa de senescencia foliar presentó la misma tendencia que la tasa de elongación foliar (Cuadro 10). Independientemente de la época del año, la senescencia foliar aumentó conforme el intervalo de pastoreo se incrementó de 14 a 21 y 28 días ($P < 0.05$). En general, el pastoreo ligero registró mayor senescencia foliar que el severo, particularmente, al pastorear cada 28 días ($P > 0.05$).

Solo se presentó efecto de frecuencia de pastoreo durante todo el periodo de evaluación ($P < 0.05$), en la tasa de crecimiento neto y de intensidad de pastoreo en la época de seca ($P < 0.05$) del segundo ciclo (Cuadro 10). La tasa de crecimiento neto foliar se incrementó al aumentar el intervalo entre pastoreos en todas las épocas del año (Cuadro 10). Durante la época de lluvias la tasa de crecimiento neto aumentó en 204 y 19% al incrementar el intervalo de pastoreo de 14 a 21 y de 21 a 28 días, respectivamente. En nortes el aumento fue de 9 y 154% (primer ciclo) y de 158 y 5% (segundo ciclo), mientras que en el periodo seco fue de 94, y 391% y de 91 y 52% para el primero y segundo ciclo, respectivamente, al aumentar el intervalo de pastoreo de 14 a 21 y de 21 a 28 días ($P < 0.5$). En general, la tasa de crecimiento neto foliar con el pastoreo ligero fue 9, 20 y 8% mayor en las épocas de nortes, seca y lluvias ($P > 0.05$) que con el severo del primer ciclo. En tanto que durante el ciclo 2008-2009, la tasa de crecimiento neto

fue 7 ($P > 0.05$) y 65% ($P < 0.5$) superior con el pastoreo ligero en comparación con el severo (Cuadro 10).

Los resultados muestran que la velocidad de crecimiento de la pradera de pasto Mulato varió entre estaciones del año de acuerdo con las condiciones ambientales, y dentro de estaciones con base en el manejo del pastoreo. En la época de lluvias, con condiciones ambientales propicias para el crecimiento, se presentó el mayor flujo de tejido foliar del pasto Mulato, pero el manejo de la frecuencia e intensidad de pastoreo, a la que fue sometida la pradera, favoreció a las praderas cosechadas a intervalos más prolongados, como a sido consignado por Ramírez *et al.* (2009) y Martínez *et al.* (2008) en praderas de pasto Mombaza y *B. dyctioneura*, respectivamente. Por su parte, Santos *et al.* (2004) mencionan, que al incrementar la edad a la cosecha, la elongación de hojas es mayor y cuando las defoliaciones son más severos hay remoción de meristemas, lo que propicia un lento crecimiento; sin embargo, si el periodo entre cosechas es prolongado, se incrementa la tasa de senescencia foliar, lo que provoca disminución en la tasa de elongación neta de la hoja. Similar comportamiento se observó en el presente estudio cuando el intervalo entre pastoreo se incrementó de 14 a 21 y 28 días (Cuadro 10).

Las figuras 3 a 7 muestran los cambios estacionales en la velocidad de crecimiento del pasto Mulato, en las diferentes estaciones del año, de acuerdo con el manejo del pastoreo. En general, se observó un aumento progresivo en la tasa de elongación de la hoja conforme se incrementó el intervalo entre pastoreos. Nula senescencia foliar fue registrada en todas las praderas cosechadas cada 14 días,

independientemente de la estación del año y de la intensidad de pastoreo. Al pastorear cada 21 días, la elongación aumento, respecto al intervalo de 14 días, y la tasa de senescencia comenzó a manifestarse, siendo hasta el intervalo de 28 días cuando se registraron los mayores valores de elongación y senescencia foliar, por lo que el crecimiento neto foliar fue similar al registrado a los 21 días de edad de rebrote, en ambas intensidades de pastoreo (Figuras 3 a 7).

Los resultados de esta investigación concuerdan con estudios realizados por Ramírez, (2009) quien al evaluar diferentes frecuencias de corte en *P. maximum* cv. Mombaza, encontró una mayor tasa de crecimiento y senescencia foliar y menor crecimiento neto foliar conforme se incrementó el intervalo de corte de 3 a 7 semanas. Así mismo, Sibrissia (2004) al evaluar al pasto *B. brizantha* cv. Marandu, observó menor material senescente al pastorear a 10 cm de altura, en todas las estaciones del año. En tanto que, Santos *et al.* (2004) encontraron mayor número de hojas senescentes a los 35 y 49 días de crecimiento en verano y otoño en pasto *P. maximum* cv. Mombaza.

Cuadro 10. Cambios estacionales en la tasa de elongación, senescencia y crecimiento neto foliar del pasto *Brachiaria híbrido* (cv. mulato), sometido a diferentes frecuencias e intensidades de pastoreo.

Tratamientos		Año 2007-2008			Año 2008-2009	
Frecuencia (días)	Intensidad	Nortes [£]	Seca [£]	Lluvias [£]	Nortes [£]	Seca [£]
Tasa de elongación foliar (cm tallo ⁻¹ día ⁻¹)						
14		1.03b	0.74c	1.86c	1.06b	0.76c
21		1.04b	1.80b	3.87b	2.76a	1.78b
28		3.26a	2.71a	4.82a	2.83a	2.51a
	Severo	1.68a	1.53a	3.37a	2.15a	1.37b
	Ligero	1.87a	1.97a	3.66a	2.29a	2.00a
EEM		0.17	0.31	0.30	0.27	0.13
FP		**	**	**	**	**
IP		ns	ns	ns	ns	*
Tasa de senescencia foliar (cm tallo ⁻¹ día ⁻¹)						
14		0.00b	0.13a	0.01b	0.05b	0.01a
21		0.09b	0.11a	0.11ab	0.10b	0.33a
28		0.62a	0.41a	0.35a	0.30a	0.30a
	Severo	0.21a	0.21a	0.14a	0.15a	0.26a
	Ligero	0.27a	0.23a	0.17a	0.15a	0.17a
EEM		0.48	0.13	0.08	0.04	0.12
FP		**	**	**	*	*
IP		ns	ns	ns	ns	ns
Tasa de crecimiento neto foliar (cm tallo ⁻¹ día ⁻¹)						
14		0.95a	0.85b	1.84c	1.03b	0.76c
21		1.04b	1.65ab	3.75b	2.66a	1.45b
28		2.64b	2.30a	4.48a	2.54a	2.21a
	Severo	1.47a	1.46a	3.22a	2.00a	1.11b
	Ligero	1.61a	1.75a	3.49a	2.14a	1.84a
EEM		0.17	0.33	0.26	0.28	0.18
FP		**	**	**	**	**
IP		ns	ns	ns	ns	**

[£]=Épocas del año; nortes (Noviembre-Febrero), seca (Marzo-Mayo), lluvias (Junio-October). Severo (9-11 cm) y ligero (13-15 cm). ns= no significativo; ** $P \leq 0.01$; * $P \leq 0.05$; ab= Diferente literal minúscula, en cada columna, indican diferencia ($P < 0.05$); EEM= Error estándar de la media. FP= Frecuencia de pastoreo, IP= Intensidad de pastoreo.

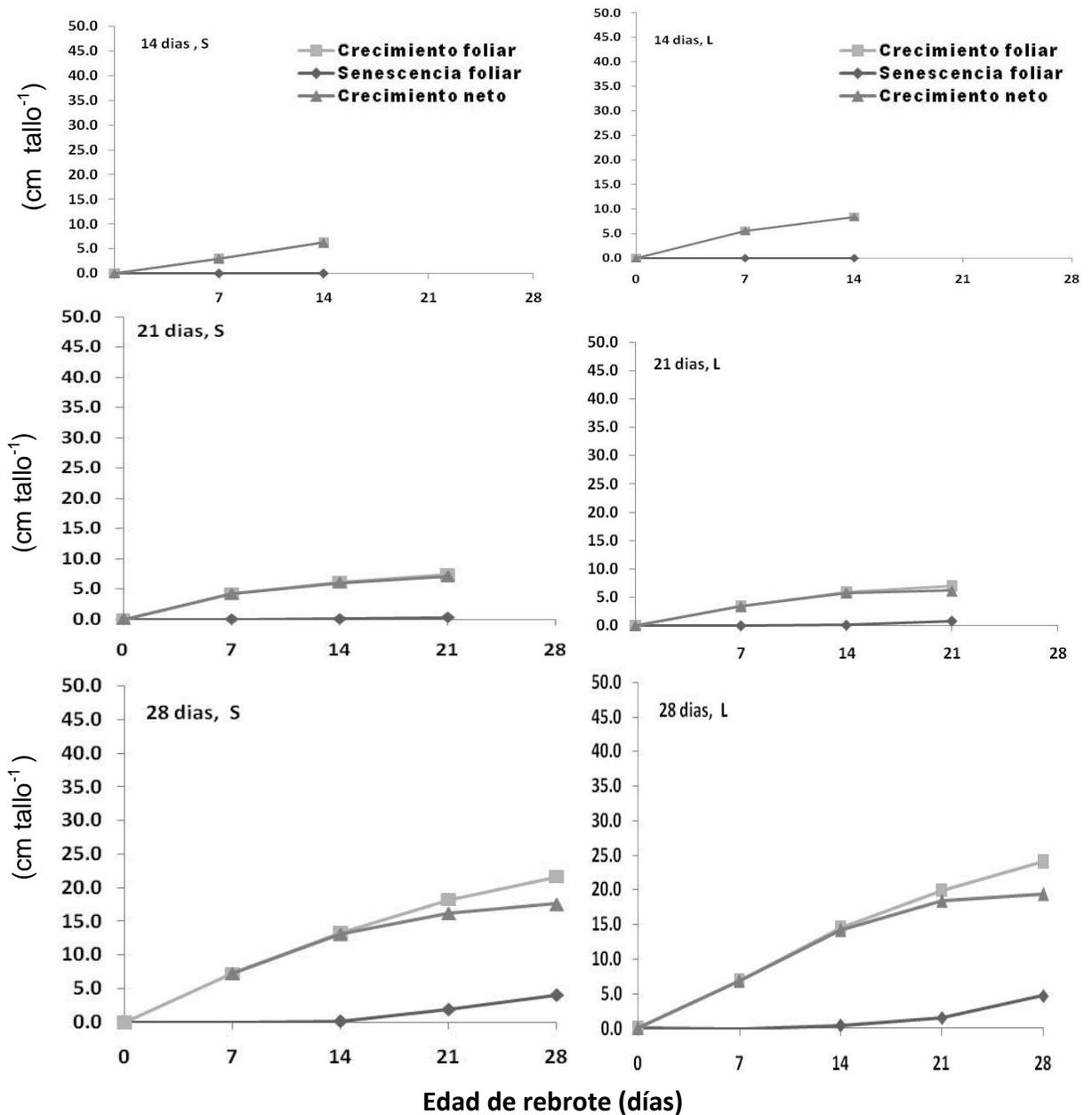


Figura 3. Cambios estacionales en la tasa de elongación, senescencia y crecimiento neto foliar del pasto *Brachiaria híbrido* (cv. mulato), sometido a diferentes frecuencias (14, 21 y 28 días) e intensidades (S: 9-11 y L:13-15 cm de altura) de pastoreo durante la época de nortes (diciembre 2007).

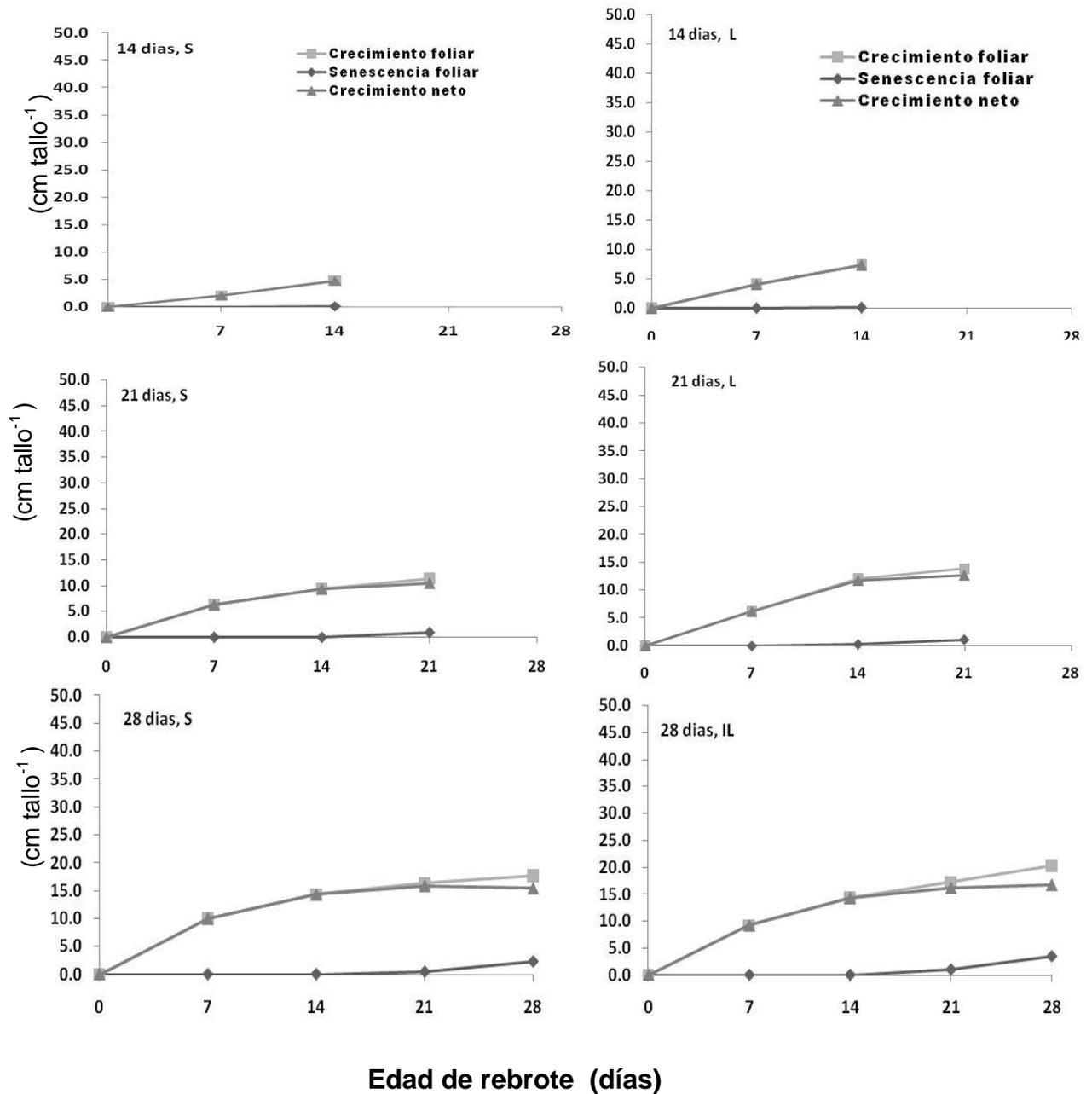


Figura 4. Cambios estacionales en la tasa de elongación, senescencia y crecimiento neto foliar del pasto *Brachiaria híbrido* (cv. mulato), sometido a diferentes frecuencias (14, 21 y 28 días) e intensidades (S: 9-11 y L:13-15 cm de altura) de pastoreo durante la época de seca (marzo 2008).

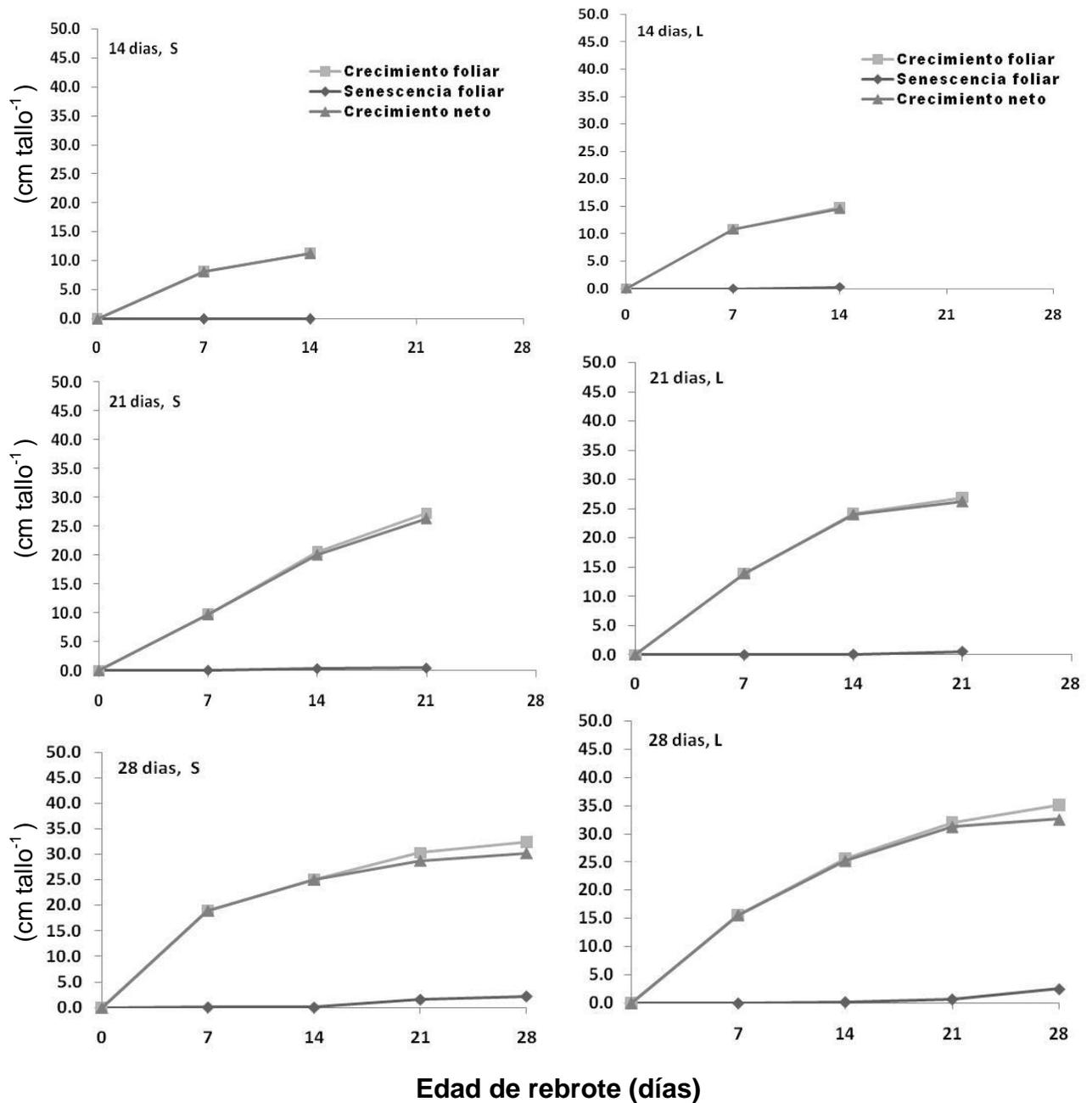


Figura 5. Cambios estacionales en la tasa de elongación, senescencia y crecimiento neto foliar del pasto *Brachiaria híbrido* (cv. mulato), sometido a diferentes frecuencias (14, 21 y 28 días) e intensidades (S: 9-11 y L:13-15 cm de altura) de pastoreo durante la época de lluvias (agosto 2008).

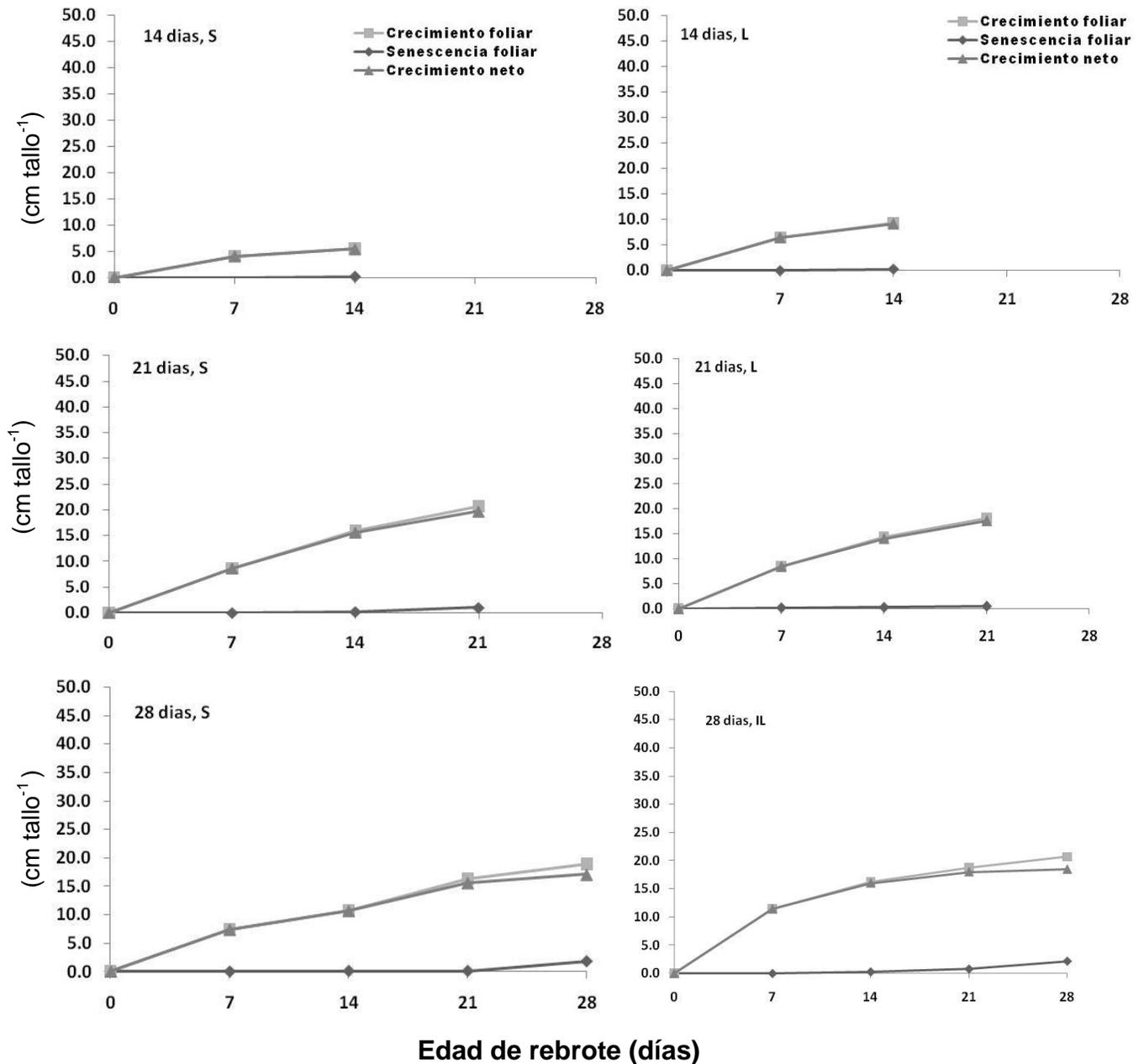


Figura 6. Cambios estacionales en la tasa de elongación, senescencia y crecimiento neto foliar del pasto *Brachiaria híbrido* (cv. mulato), sometido a diferentes frecuencias (14, 21 y 28 días) e intensidades (S: 9-11 y L:13-15 cm de altura) de pastoreo durante la época de nortes (diciembre 2009).

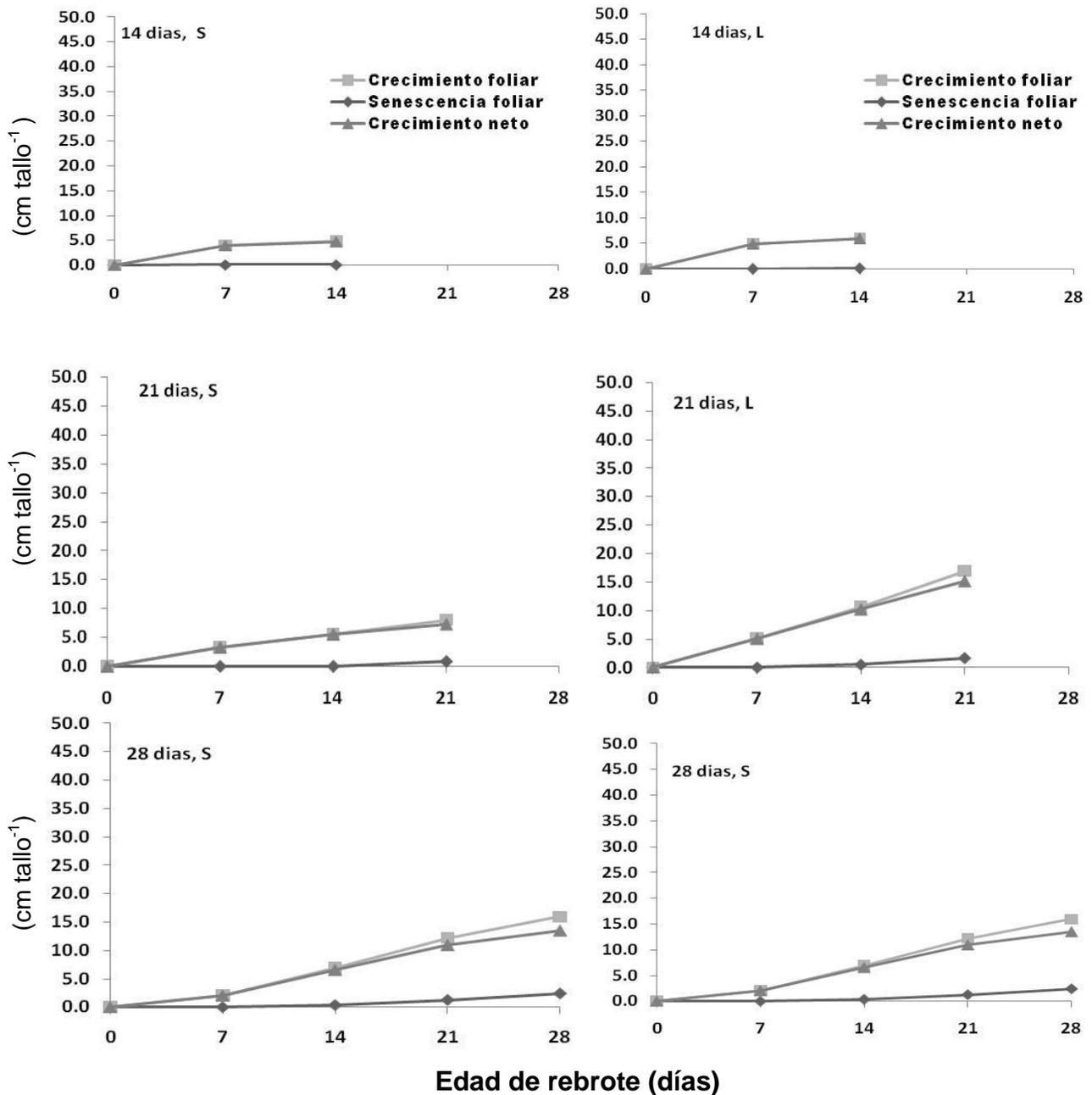


Figura 7. Cambios estacionales en la tasa de elongación, senescencia y crecimiento neto foliar del pasto *Brachiaria híbrido* (cv. mulato), sometido a diferentes frecuencias (14, 21 y 28 días) e intensidades (S: 9-11 y L:13-15 cm de altura) de pastoreo durante la época de seca (abril 2009).

4.1.4. Valor nutritivo

4.1.4.1. Digestibilidad *in situ* de la materia seca y contenido de proteína cruda

La digestibilidad *in situ* de la materia seca (*DISMS*) del pasto mulato no presentó efecto de intensidad de pastoreo ($P>0.05$) en todas las épocas evaluadas (Cuadro 11). Solo se registró efecto de frecuencia de pastoreo en las épocas de nortes y lluvias ($P<0.05$) del primer ciclo. La *DISMS* disminuyó al aumentar el intervalo entre pastoreos, en todas las épocas del año. Durante la época de lluvias la *DISMS* decreció en 11 y 21% al aumentar el intervalo de pastoreo de 14 a 21 y 28 días, respectivamente. En la época de nortes, la disminución fue 11 y 25% (primer ciclo) y de 4 y 11% (segundo ciclo), y en seca, el intervalo de pastoreo de 14 días superó en 14 y 19% ($P>0.05$) y en 4 y 7% ($P>0.05$) al de 21 y 28 días, en el primer y segundo ciclo, respectivamente.

A excepción de la época de nortes de ambos ciclos, el contenido de proteína cruda (PC), no presentó efecto de frecuencia de pastoreo durante todo el periodo de evaluación (Cuadro 11). La intensidad de pastoreo no afectó ($P>0.05$), en ninguna evaluación el contenido de proteína cruda. La nula diferencia, tanto en la *DISMS*, como en el contenido de PC pudo deberse al método utilizado en la colecta del material vegetal, ya que solo se cosecho el forraje que se encontraba por arriba de la altura de pastoreo, lo cual ocasionó que este fuese integrado prácticamente por hoja, la cual es mas digestible que el tallo y el material muerto (Cuadros 3 y 4).

Cuadro 11. Cambios estacionales en el contenido de materia seca digestible (*DISMS*) y de proteína del pasto *Brachiaria híbrido* (cv. mulato), sometido a diferentes frecuencias e intensidades de pastoreo.

Tratamientos		Año 2007-2008			Año 2008-2009	
Frecuencia (días)	Intensidad	Nortes [£]	Seca [£]	Lluvias [£]	Nortes [£]	Seca [£]
<i>DISMS</i> (g kg ⁻¹ MS)						
14		715a	695a	648a	609a	592a
21		643ab	610a	581ab	585a	571a
28		568b	586a	535b	547a	555a
	Severo	664a	633a	595a	589a	577a
	Ligero	620a	627a	581a	571a	569a
EEM		12.5	23.9	15.1	21.1	41.2
FP		*	ns	*	ns	ns
IP		ns	ns	ns	ns	ns
<i>Proteína</i> (g kg ⁻¹ MS)						
14		118a	117a	108a	99a	105a
21		109ab	107a	96a	92a	93a
28		92b	95a	88a	77a	87a
	Severo	109a	108a	100a	92a	99a
	Ligero	104a	105a	94a	86a	91a
EEM		3.0	3.6	3.8	3.2	3.4
FP		*	ns	ns	ns	ns
IP		ns	ns	ns	ns	ns

[£]=Épocas del año; nortes (Noviembre-Febrero), seca (Marzo-Mayo), lluvias (Junio-Octubre). Severo (9-11 cm) y ligero (13-15 cm). ns= no significativo; ** $P \leq 0.01$; * $P \leq 0.05$; abcde= Diferente literal minúscula, en cada columna, indican diferencia ($P < 0.05$); EEM= Error estándar de la media. FP= Frecuencia de pastoreo, IP= Intensidad de pastoreo.

Los resultados mostraron que los cambios en *DISMS* con incrementos en la frecuencia de pastoreo fueron paralelos con los cambios en el contenido de proteína cruda. Al respecto, Hodgson (1990) señala que conforme la edad de rebrote aumenta el valor nutritivo disminuye. Praderas defoliadas más frecuente y severamente, potencialmente proporcionan plantas con mayor tasa de recambio de tejido (Hernández-Garay *et al.* 2000), con mayor cantidad de hojas jóvenes, con mayor PC y *DISMS* (Cuadro 11) y menores concentraciones de FDN y FDA.

Similar tendencia fue observada por Flores *et al.* (2008), en *B. brizantha* cv marandu y xaraés pastoreados a 15, 25 y 40 cm de masa de forraje residual. Ellos observaron mejores valores de *DIVMO* y PC en praderas manejadas a 15 y 25 cm de altura de forraje residual comparados con aquellos registrados a 40 cm de altura. Euclides *et al.* (2009) registró menores valores de PC (8%) y *DIVMO* (50.6%) y mayores valores de FDN de la masa de hojas bajo pastoreo simulado en *B. brizantha* cv marandu, piatã y xaraés comparados con los observados en este estudio. Marcelino *et al.* (2006) en *B. brizantha* cv. Marandu observaron que conforme el intervalo de defoliación aumenta la cantidad de tallo y material muerto también incrementan resultando en un menor valor nutritivo del forraje.

Estudios realizados con pasto mulato muestran disminución en el contenido de PC (16 a 9%) y digestibilidad *in vitro* (62 a 55%), al aumentar la edad de la planta de 23 a 30 días (Argel *et al.*, 2006). Similar comportamiento se obtuvo en el presente experimento al aumentar el intervalo de pastoreo de 14 a 21 y 28 días en todas las épocas del año. Este comportamiento se ha observado en otras especies de forrajes, en Maralfalfa al aumentar la edad de la planta de 3 a 9 semanas la digestibilidad disminuyó 10.35 unidades de digestibilidad (Clavero y Razz, 2009) y en *B. Brizantha* al cosechar a los 21 y 42 días la digestibilidad disminuyó de 61.0 a 47.7% (Rodríguez *et al.*, 2004). Aunque los resultados obtenidos en el presente estudio, difieren de lo obtenido por Juárez *et al.* (2009), quienes encontraron en pasto Mulato digestibilidad de 70% en época seca.

4.1.4.2. Fibra detergente neutra y ácida

Con excepción de la época de seca del segundo ciclo, no se registró efecto de frecuencia ni de intensidad ($P>0.05$) de pastoreo en fibra detergente neutro (FDN) durante todo el periodo de estudio (Cuadro 12). Al igual que la FDN, la FDA no presentó efecto significativo de frecuencia ni de intensidad de pastoreo durante todo el experimento (Cuadro 12). Tanto el contenido de FDN como el de FDA del pasto mulato aumentaron al ampliar el intervalo entre pastoreos en todas las épocas del año ($P>0.05$). En general, la concentración de FDN y FDA fue ligeramente mayor con pastoreos ligeros que con severos ($P>0.05$).

En un sistema de producción en pastoreo, donde los forrajes son la única fuente de alimentación del ganado, es importante tener un manejo adecuado de las praderas, lo que significa que el aumento en la edad de rebrote provoca cambios significativos en los componentes solubles, estructurales y en la digestibilidad de los pastos. Según García *et al.* (2003), los cambios en los componentes estructurales hace que el valor nutritivo de las gramíneas disminuya al aumentar la edad de la planta. Por su parte, Santos (2002) menciona que las plantas con menor cantidad de tejido residual, presentan mayor calidad nutritiva, debido al mayor flujo de tejido. Estudios realizados sobre el efecto de la temperatura en los componentes fibrosos en dos especies de forrajes encontraron que la concentración de FDN aumentó en el género *Cynodon* y disminuyó en *Paspalum spp* al incrementar la temperatura (Henderson y Robinson, 1982).

Cuadro 12. Cambios estacionales en el contenido de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) del pasto *Brachiaria híbrido* (cv. mulato), sometido a diferentes frecuencias e intensidades de pastoreo.

Tratamientos		Año 2007-2008			Año 2008-2009	
Frecuencia (días)	Intensidad	Nortes [£]	Seca [£]	Lluvias [£]	Nortes [£]	Seca [£]
FDN (g kg ⁻¹ MS)						
14		561a	539a	491a	495a	473b
21		584a	574a	503a	513a	492ab
28		630a	602a	522a	525a	583a
	Severo	574a	562a	498a	507a	508a
	Ligero	608a	581a	513a	515a	524a
EEM		11.6	21.8	20.6	23.4	15.1
FP		ns	ns	ns	ns	*
IP		ns	ns	ns	ns	ns
FDA (g kg ⁻¹ MS)						
14		241a	267a	287a	305a	196a
21		304a	295a	324a	380a	247a
28		320a	314a	405a	412a	271a
	Severo	277a	274a	336a	355a	234a
	Ligero	299a	306	341a	377a	242a
EEM		23.5	12.8	18.5	28.5	19.5
FP		ns	ns	ns	ns	ns
IP		ns	ns	ns	ns	ns

[£]=Épocas del año; nortes (Noviembre-Febrero), seca (Marzo-Mayo), lluvias (Junio-October). Severo (9-11 cm) y ligero (13-15 cm). ns= no significativo; ** $P \leq 0.01$; * $P \leq 0.05$, ab= Diferente literal minúscula, en cada columna, indican diferencia ($P < 0.05$); EEM= Error estándar de la media. FP= Frecuencia de pastoreo, IP= Intensidad de pastoreo.

4.1.5. Altura de la planta

El valor nutritivo de un forraje depende de su composición química y de la edad de la planta al momento de cosecharse; de tal forma que, las proporciones de los componentes morfológicos hojas verdes, tallos y hojas senescentes afectan la calidad nutritiva del forraje (Barbosa *et al.*, 2006). En este sentido cuando la pradera alcanza su máxima área foliar, aumenta la tasa de senescencia hasta

igualar o superar la tasa de crecimiento, por lo que es importante relacionar la cantidad de biomasa producida con la calidad nutritiva (Mari, 2003).

Por lo tanto, la respuesta productiva de los animales en pastoreo, está en función de la calidad y consumo de forraje. Entiéndase por calidad, al valor nutritivo de un alimento y éste, a su vez, está determinado por la concentración de energía, proteína, minerales, vitaminas y agua presente. Así, la tasa de crecimiento de un animal en desarrollo y el rendimiento de leche de un animal en lactancia, dependen del consumo de nutrientes y de la eficiencia de conversión de los nutrientes, asimilados en tejido muscular o leche (Hodgson, 1990).

Según Lemaire *et al.* (2000), el factor nutricional más importante, que afecta el consumo, es la digestibilidad del forraje consumido, de tal forma, que conforme ésta aumenta, también el consumo aumenta. Hay una estrecha relación entre el valor nutritivo (medido como digestibilidad) y el consumo voluntario, por lo que al incrementar la digestibilidad, el consumo aumenta hasta aproximadamente un 70% y, arriba de este porcentaje, la relación no es buena, pero el consumo generalmente se mantiene (Difante *et al.*, 2008).

Por su parte, Juárez *et al.* (2009), al evaluar diferentes pastos tropicales (*Panicum maximum*, *Cynodon dactylon*, *Digitaria decumbens* y *Panicum maximum* var. Tanzania), encontraron valores de proteína cruda de 8.0, 7.6, 7.6 y 4.6%; de FDN 72.7, 76.0, 65.6 y 74.6% y digestibilidad de la materia seca de 30.6, 36.5, 38.4 y 34.2% (a 24 horas de incubación) con cortes de 10 a 20 cm de altura. Por su parte, Monforte *et al.* (2002), al estudiar el valor nutritivo del pasto *B. humidicola*

henificado, obtuvieron contenido de PC de 6.30%, y Cenizas de 6.18%, al cosechar a 75 días.

Cuadro 13. Altura (cm) del pasto *Brachiaria híbrido* (cv. mulato), por estación del año, sometido a diferentes frecuencias e intensidades de pastoreo.

Tratamientos		Año 2007-2008			Año 2008-2009	
Frecuencias (días)	Intensidad	Nortes [£]	Seca [£]	Lluvias [£]	Nortes [£]	Seca [£]
14	Severo	17d	16c	20d	15f	14e
	Ligero	19d	17c	23c	18e	16d
	Promedio	18	16	21	16	15
21	Severo	24c	21b	31b	23d	19c
	Ligero	27bc	22ab	35a	25c	21b
	Promedio	26	22	33	24	20
28	Severo	31ab	24ab	32b	30b	22b
	Ligero	34a	26a	38a	36a	25a
	Promedio	32	25	35	33	23
Promedio \bar{x}	Severo	24	20	27	23	18
	Ligero	26	22	32	27	20
EEM		0.9	0.9	0.7	0.5	0.3
Frecuencias de pastoreo (FP)		**	**	**	**	**
Intensidad de pastoreo (IP)		**	*	**	**	**
Interacción (FP X IP)		ns	ns	ns	*	ns

[£]Épocas del año; nortes (Noviembre-Febrero), seca (Marzo-Mayo), lluvias (Junio-October). Severo (9 -11 cm) y ligero (13-15 cm). ns= no significativo; ** $P \leq 0.01$; * $P \leq 0.05$ ab= Diferente literal minúscula, en cada columna, indican diferencia

Capítulo 5. Conclusiones y sugerencias

La mayor acumulación de forraje, tasa de crecimiento, recambios de tejidos, peso por tallo y contenidos de fibra, se obtuvieron al pastorear a una intensidad ligera cada 28 días.

El pasto Mulato presentó mayor tolerancia a la deficiencia de humedad en la época de sequía, que le permitió no solo resistir a la sequía si no también la generación de nuevo tejido foliar. Independientemente de la frecuencia e intensidad de pastoreo al que fue sometido el pasto Mulato, su potencial forrajero fue influenciado por la época del año, con mayor dinámica durante la época de lluvias.

El pasto Mulato presentó mayor dinámica de recambio de tallos en la época de nortes y lluvias, con altas tasas de aparición y muerte de tallos.

La *DISMS* y el contenido de PC disminuyeron al aumentar el intervalo entre cortes de 14 a 28 días.

Por lo anterior, se sugiere ampliar el intervalo de pastoreo en época de seca y aumentar la altura de defoliación (residual), así mismo, su aplicación en el comportamiento productivo con rumiantes.

LITERATURA CITADA

- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Washington, D.C. USA. Association of Official Analytical Chemists.
- Aguirre, L., Johnson, D.A. 1991. Root morphological development in relation to shoot growth in seedlings of four range grasses. *J Range Manage.* 44 (4): 341-345.
- Alexandrino, E., Júnior, E.D.N., Mosquim, P.R., Regazzi, A.J., Rocha, F.C. 2004. Características Morfogênicas e Estruturais na Rebrotação da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu Submetida a Três Doses de Nitrogênio. *Rev Brasil Zootec*, 33 (6):1372-1379.
- Anderson, M.T., Frank, D.A. 2003. Defoliation effects on reproductive biomass: Importance of scale and timing. *J Range Manage;* (56): 501-516.
- Argel, J.P., Miles, W.J., Guiot, G.J., Lascano, E.C. 2006. Gramínea de alta producción y calidad forrajera para los trópicos (*Brachiaria* híbrido CIAT 36061) Cultivar Mulato. Folleto CIAT 24 p.
- Bahmani, I., Hazard, L., Varlet-Grancher, C., Betin, M., Lamaire, G., Matthew, C., Thom, E.R. 2000. Differences in tillering of long and short leaved perennial ryegrass genetic lines under full light and shade treatments. *Crop Sci* (40):1095-1102.
- Baldwin, C. M., Liu, H., McCarty, L.B., Luo, H. and Toler, J.E. 2009. Nitrogen and Plant Growth Regulator Influence on 'Champion' Bermudagrass Putting Green under Reduced Sunlight. *Agron Journal* 101 (1): 75
- Barbosa, R.A. 2004. Manejo de desfolhação e seus efeitos nas características morfofisiológicas e no acúmulo de forragem do capim-tanzânia (*Panicum maximum* jacq. cv. tanzânia). Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa
- Briske, D.D. 1996. Strategies of plant survival in grazed systems: A functional interpretation. *In: Hodgson, J. and Illius, A.W. (Ed.). The ecology and management of grazing systems.* London: CAB International, Chapter. 2. 37- 67 pp.
- Burton, W., Hook, D.S, Butler J.L, Hellwing, R.E. 1988. Effect of temperature, day length and solar radiation on production of coastal bermudagrass. *J Agron* 80: 57-560.
- Busso, C.A., Mueller R.J., Richards J.H and Chatterton, N.J. 1990. Nonstructural carbohydrates and spring regrowth of two cool-season grasses: Interaction of drought and clipping. *J. Range. Manage.* 43:336-343.

- Cândido, D.M.J., Gomide, M.C.A., Alejandrino, E., Gomide, J.A. e Pereira, E.W. 2005. Morfofisiologia do Dossel de *Panicum maximum* cv. Mombaça sob Lotação Intermitente com Três Períodos de Descanso. Revista Brasileira de Zootecnia, 34(2):406-415.
- Cândido D.M.J., Silva, G.R., Neiva, M.J.N., Facó, O., Benevides I.Y. e 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.
- Carlos, A., 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 seminário de pastos y forrajes, pp 138-149.
- Carmona, M.I., Trejo, L.C., Ramirez, V.P., Garcia, S.G. 2003. Resistencia a sequia de *Brachiaria* spp. 1. Aspectos fisiológicos. Revista Fitotecnica Mexicana 26 (003): 153-159.
- Carvalho, B. C. A., Da Silva, C. S., Sbrissia, F. A., Pinto, M. L. F., Carnevalli, A. R., Fagundes, L. J. e 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, A.A., Miranda, D.D., Dos Santo, L.R., Do Nascimento, J.D., Roberto, C.P., Savio, Q.D., Henriquez, P.D., Tavares, R.S. 2005. Características morfogênicas e estruturais do Capim-Elefante “Napier” adubado e irrigado. Cien Agrotec, Lavras, V. 29 (1):150-159.
- Chapman, D.F. and Lemaire, G. 1993. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: Baker, M.J. (Ed.) Grasslands for Our World. SIR Publishing, Wellington. 55-64 pp.
- Clavero, T., Razz, R. 2009. Valor nutritivo del pasto maralfalfa (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum glaucum*) en condiciones de defoliación. Rev. Fac. Agron. (LUZ)., 26: 78-87
- Da Silva, C.S. e Carvalho, F. P.C. 2005. Foraging behavior and herbage intake in the favourable tropics/subtropics. XX International Grassland Congress. Dublin, Ireland. 68-84 pp.
- Da Silva, C.S. e Nascimento, J.D. 2007. Ecofisiología 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.

- 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. 85-127 pp.
- Dias-Filho, M.B. and De Carvalho, C.J.R. 2000. Physiological and morphological responses of brachiaria spp. To flooding¹. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 35 (10):1959-1966
- Difante, S. G., Nascimento, J. S., Da Silva, C. B. V., Euclides, M. A., Zanine, B. Adese. 2008. Dinâmica do perfilhamento do capim-marandu cultivado em duas alturas e três intervalos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia* 37:189-196.
- 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 Forage Sci* (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 Sci* 46: 1299-1304
- Durand, J.L., Schaufele, R. and Gastal, F. 1999. Grass leaf elongation rate as a function of developmental stage and temperature: morphological analysis and modelling. *Ann of Bot* 83:577-588.
- 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.
- Duthil, J. 1989. *Producción de forrajes*. 4^{ta} Edición, mundiprensa. España. 443 p
- Enríquez, Q. F., Meléndez N. F. J y Bolaños A. E. 1999. *Tecnología para la producción de forrajes tropicales en México*. INIFAP - Veracruz. México. 262 p.
- Fagundes, J.L., Da Silva, S.C., Pedreira, S.C.G., Carnevalli, A.R., De Carvalho, C.A.B., Sbrissia, F.A., De Moura, P.L.F. 2001. Índice de área foliar, coeficiente de extinção luminosa e acúmulo de forragem em pastagens de *Cynodon* spp. sob lotação contínua. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v. 36, n. 1, p. 187-195
- Festo, J.M., Sabed, N.A. and Jeremy, A.R. 2003. The impact of temperature on leaf appearance in bamba groundnut landraces. *Crop Sci*. 43: 1375-1379 p
- Frank. A.B. and Ries, R.E. 1990. Effect of soil water, nitrogen, and growing degree-days on morphological development of crested and western wheatgrass. *J Range Manage* 43 (3):257-259

- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. 4ª ed. Ed. Limusa. México. 217 p.
- Garduño, V.S., Pérez, P.J., Hernández, G.A., Herrera, H.J.G., Martínez, H.P.A., Joaquín, T.B.M. 2009. Rendimiento y dinámica de crecimiento estacional de ballico perenne, pastoreado con ovinos a diferentes frecuencias e intensidades. *Tec Pec Mex*, 47(2):189-202.
- Gastal, F., Belanger, G., Lemaire, G.A. 1992. Model of leaf extension rate of tall fescue in response to nitrogen and temperature. *Annals of Botany*, 70:437-442.
- Gautier, H., Varlet-Grancher, C. and Hazard, L. 1999. Tillering responses to the light environment and to defoliation in populations of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) selected for contrasting leaf length. *Annals of Botany* 83: 423-429.
- Gerdes, L., Werner, C.J., Colozza, T.M., Carvalho, D.D. e Schammass, A.E. 2000. Avaliação de Características Agronômicas 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.
- Gerardo, C. H. 2006. Potencial forrajero de ecotipos de *Brachiaria humidicola*. Tesis de maestría, Colegio de Postgraduados, Montecillos, Texcoco, edo de México. p 5
- Guenni, O., Gil, J.L., and Guedez, Y. 2005. Growth, forage yield and light interception and use by stands of five *Brachiaria* species in a tropical environment. *Trop Grassl* 39 :42–53.
- Henderson, M.S. and D.L. Robinson. 1982. Environmental influences on fiber component concentration of warm-season perennial grasses. *Agron. J.* 74:573-579
- Hernandez, G.A., Matthew C., Hodgson J. 1997a. Effect of spring grazing management on perennial ryegrass and ryegrass-white clover pastures. 1. Tissue turnover and herbage accumulation. *New Zealand Journal of Agricultural Research.* 40: 25-35.
- Hernandez-Garay, A., Matthew, C. and Hodgson, J. 1997b. Effect of spring management on perennial ryegrass and ryegrass-white clover pastures: 2. Tiller and growing point densities and population dynamics. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 40:37-50.
- Hernández, G.A., Matthew, C. And Hodgson, J. 1999. Tiller size/density compensation in perennial ryegrass miniature swards subject to differing defoliation heights and a proposed productivity index. *Grass and For Sci* 54: 347-356.

- Hernandez, G.A., Mathew, C., Hodgson J. 2000. The influence of defoliation height on dry-matter partitioning and CO₂ exchange of perennial ryegrass miniature swards. *Grass Forage Sci* (55):372-37.
- Hernández, G.A., Martínez, H.P.A., Mena, U.M., Perez, P.J., Enriquez, Q.J.F. 2002. Dinámica del rebrote en pasto insurgente (*Brachiaria brizantha* Hochst. stapf.) pastoreado a diferente asignación en la estación de lluvia. *Tec Pec Méx* 40(2): 193-205.
- Hirata, M., Pakiding, w. 2003. Responses of bahiagrass to nitrogen and defoliation. *J Range Manage*, 56 (6):608-615.
- Hirata, M., Pakiding, w. 2004. Tiller dynamics in bahia grass (*Paspalum notatum*): an analysis of responses to nitrogen fertilizer rate, defoliation intensity and season. *Trop Grassl* 38:100-111.
- Hill, MJ. (1989). The effect of differences in intensity and frequency of defoliation on the growth of *Phalaris aquatica* L. and *Dactylis glomerata* L. *Austr J Agri Res* 40:333-343.
- Hodgson, J. 1990. *Grazing management. Science into practice*. Ed. Harlow, England: Longman Scientific & Technical. 203 pp.
- Humphreys, L.R. 1981. *Environmental adaptation of tropical pasture plants*. Mac Millan. London. England. 261 p.
- Ishaizaki, S., Hikosaka, K. and Hirose, T. 2003. Increase in leaf mass per area benefits plant growth at elevated CO₂ concentration. *Ann Bot* 91:905-014.
- Jaramillo, V.V. 1994. *Revegetación y reforestación de las áreas ganaderas en las zonas tropicales de México*. SARCH. 38 p.
- Joaquin, C.S. 2009. *Influencia de la densidad de plantas y fecha de cosecha en el rendimiento y calidad de semilla de Brachiaria brizantha cv. Insurgente*. Tesis Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillos, Texcoco, Estado de México. 83 p
- Juárez, R.A.S., Cerrillo, S.M.A., Gutiérrez, O.E., Romero, T.E.M, Negreteb, J.C., Barragánb, H.B. 2009. Estimación del valor nutricional de pastos tropicales a partir de análisis convencionales y de la producción de gas *in vitro*. *Tec Pec Mex* 47(1):55-67
- Jung, H.G., Buxton, D.R., Hantfield, R.D. and Ralph, J. 1993. *Forage cell wall structure and digestibility*. USDA-Agricultural Research service y the U.S Dairy Forage Research Center. Madison, Wisconsin.

- Lascano, C., Huamán, H. y Villela, E. 1981. Efecto de frecuencia e intensidad de pastoreo en una asociación gramínea + leguminosa sobre la selectividad animal. *Agron Trop.* 31(1-6): 171-188.
- Lascano, C. E., Spain, J.M. 1988. Establecimiento y renovación de pasturas. Memoria, VI reunión del comité de asesores de la RIEPT (Red internacional de evaluación de pastos tropicales) Veracruz, México.
- Lemaire, G., Hodgson, J., De Moraes, A., Carvalho, P.C. de F. and Nabinger C. 2000. *Grassland ecophysiology and grazing ecology.* Cab international. 422 pp.
- Lemaire, G. 2001. Ecophysiology of grasslands: Dynamic aspects of forage plant populations in grazed swards. In: Proc. XIX International Grasslands Congress. Sao Paulo Brasil, 29-37.
- Ludlow, M.M. 1980. Stress physiology of tropical pasture plants. *Trop Grassl* (12):136-145.
- 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. *Tec Pec Méx* 46(4): 427-438
- Mattos, J.L.S., Gomide, J.A., Huaman, C.A.M. 2005. Crescimento de espécies de *Brachiaria* sob déficit hídrico e alagamento a campo. *Rev Bras Zootec*, 34 (3):755-764.
- Menke, J.W and Trlica, M.J. 1981. Carbohydrate reserve, phenology, and growth cycles of nine colorado range species. *J of Range Manage* 34 (4) 269-277.
- McNaughton S.J. 1979. Grazing as an optimization process: grass-ungulate relationships in the Serengeti. *American naturalist* 113 (5): 691-703.
- Middleton, C.H. 1982. Dry matter and nitrogen changes in five tropical grasses as influenced by cutting height and frequency. *Tropical Grassl* 1982; (16): 112-117.
- Milchunas, D.G., Lauenroth, W.K. 1993. Quantitative effects of grazing on vegetation and soils over a global range of environments. *Ecological Monographs* 63 (4): 327-366.
- Miles, J. 1999. Nuevos híbridos de *Brachiaria*. *Pasturas Tropicales* 21(2): 78-80
- Monforte, J., Carias, D., Cioccia, A., Hevia, P. 2002. Valor nutricional de la harina de clitoria ternatea y *Brachiaria humidicola* en la alimentación de pollo de engorde. *Interciencia* 27 (001): 33-38.

- Murphy, J.S., and Briske, D.D. 1992. Regulation of tillering by apical dominance: chronology, interpretive value and current perspectives. *J of Range Manage* 45 (5) 419-429.
- Muslera, P.E. y Ratera, G.C. 1991. Pradera y forrajes, producción y aprovechamiento. Mundi-prensa. España. 702 p.
- Nascimento, J.D. Adese, L. B. 2004. Acúmulo de biomassa na pastagem. Em: Pereira *et al.* (ed.). Anais do II simposio sobre manejo estratégico da pastagem. Viçosa, Brasil. 289-346 pp.
- Nelson, C.J., Volenec, J.J. 1995. Environmental and physiological aspects of forage management. In: R.F. Barnes, D.A., Miller, and C.J. Nelson (ed.) Forages: An introduction to Grassland Agriculture. Iowa State University Press, Ames. p 55.
- Orskov, E.R., Hovell, F.D., Mould, F. 1980. The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuff. *Trop. Anim. Prod.* 5:195-213
- Palma, L.D.J y Cisneros D.J. 1996. Plan de uso sustentable de los suelos de Tabasco. Vol. I. Fundación Produce Tabasco, A.C. Villahermosa, Tabasco. 116p.
- Perez, A.J., Garcia, M.E., Enriquez, Q.A., Quero C., Perez, P.J., Hernandez, G.A. 2004. Análisis de crecimiento, area foliar especifica y concentración de nitrógeno en hoja de pasto "mulato" (*Brachiaria* hibrido, cv.). *Tec. Pec. Mex.* 42 (3): 447-458.
- Perreta, M. y Vegetti, A. 1997. Formas de crecimiento y efectos del corte em gramíneas forrajeras. *Rev Fave* 1: 68-80
- Ramírez, R.O., Garay, H.A., Da Silva, C.S., 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 *Panicum maximum* Jacq.) Cosechado a diferentes intervalos de corte. *Téc Pecu Méx.* 47(2):203-213.
- Ramirez, R.O. 2009. Dinámica de rebrote de *Panicum maximum*, *Brachiaria brizantha* y *Cynodon plectostachyus*, a diferente intervalo de cortes. Tesis Doctorado, Colegio de Postgraduado. Campus Montecillos, Mexico 147 p.
- Richards, J. H. 1993. Physiology of plants recovering from defoliation. *Proceeding International Grassland Congress: New Zealand and Australia.* pp. 85-94.
- Santos, P.M., Balsalobre, M.A.A., Corsi, M. 2004. Características morfogénicas e taxa de acúmulo de forragem do capim mombaça submetido a três intervalos de pastejo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.33, n.4, p.843-851.

- Santos, P. M. 2002. Controle do desenvolvimento das hastes no capim-tanzânia: um desafio. (Tese Doutorado) ESALQ-USP, São Paulo, Brasil. 98 p.
- Sage, F.R., Kubein, S.D. 2007. The temperature response of C 3 and C4 photosynthesis. *Plant Cell and Enviroment* (30):1086-1106.
- Sbrissia, A. F. 2004. Morfogênese, dinâmica do perfilhamento e do acúmulo de forragem em pastos de capim-Marandu sob lotação contínua. (Tese Doutorado) ESALQ-USP, São Paulo, Brasil. 171 p.
- Sbrissia, F. A., Da Silva, S.C. 2008. Compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos em pastos de capim-marandu, *R. Bras. Zootec.*, v.37, n.1, p.35-47
- Silverstown J., Poulton P., Johnston E., Edwards G., Heard M., Biss P.M. 2006. The park grass experiment 1856-2006: its contribution to ecology. *J Ecology* 94, 801-814.
- Sud, R.M. and Dengler, N.G. 2000. Cell lineage of vein formation in variegated leaves of the C4 grass *Stenotaphrum secundatum*. *Annals of Botany* 85: 99-112.
- Statistic Analysis System Institute (Sas). 2001. *Sas User's Guide: Statistics. Version 8.* Cary, N.C. Cdroom
- Steel, R. G. y Torrie J. H. 1988. *Bioestadística. Principios y Procedimientos.* 2ª, ed, McGraw Hill. México. 622 p.
- Swanton C., J. Zhong, A. Shrestha, M. Tollenaar, W. Deen and H. Rahimian. 2000. effects of temperature and photoperiod on the phenological development of barnyardgrass. *Agrom. J.* 92: 1125-1134
- Thornton, B., Millard, P. 1996. Effects of severity of defoliation on root functioning in grasses. *J. Range Manage* 49(5):443-447.
- Ueno, O., Yoshimura, Y and Sentoku, N. 2005. Variation in the activity of some enzymes of photorespiratory metabolism in C4 Grasses. *Ann Botan* 96: 863-869.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci* 74: 3583-3597.
- Velasco, Z. M. E., Hernández, G. A., Gonzalez, H. V. 2007. Cambios en componentes del rendimiento de una pradera de ballico perenne en respuesta a la frecuencia de corte. *Rev Fitotec Méx*, vol. 30 (1): 79-87

- Vergara, L.J., Araujo, F.O. 2006. Producción, composición química y degradabilidad ruminal in situ de *B. humidicola* (Rendle) Schweick en el bosque seco tropical. Rev. FCV-LUZ 16 (3): 239-248.
- Waller, S.S. and Lewis, J.K. 1978. Occurrence of C3 and C4 photosynthetic pathways in north American grasses. J Rang Mang 32 (1): 12-28.
- Wang, Z., Xu, Q and Huang, B. 2004. Endogenous cytokinin levels and growth responses to extended photoperiods for creeping bentgrass under heat stress. Crop Sci. 44: 209-213.
- White, L.M. 1973. Carbohydrate Reserves of Grasses: A Review. J Range Manage 26 (1):13-18
- Wise, R.R., Olson, A.J., Schrader, S.M., Sharkey, T.D. 2004. Electron transport is the functional limitation of photosynthesis in field-grown Pima cotton plants at high temperature. Plant Cell and Environment 27: 717-724
- Wu, Z., Skjelvag, O and Baadshaug, H. 2004. Quantification of photoperiodic effects on growth of *Phleum pretense*. Annals of Botany. 94: 535-543.
- 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, edo de Mexico.