



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

**INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS  
AGRÍCOLAS**

**CAMPUS MONTECILLO**

**POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD**

**GANADERÍA**

## **ANÁLISIS DE CRECIMIENTO Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA MATERIA SECA DEL ZACATE MARALFALFA (*Pennisetum* sp.)**

**JESÚS MIGUEL CALZADA MARÍN**

**T E S I S**  
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO**

2015

La presente tesis titulada: **Análisis de crecimiento y composición química de la materia seca del zacate maralfalfa (*Pennisetum sp.*)** realizada por el alumno: **Jesús Miguel Calzada Marín**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS  
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD  
GANADERÍA**

**CONSEJO PARTICULAR**

**CONSEJERO**



**Dr. EUSEBIO ORTEGA JIMENEZ**

**DIRECTOR**



**Dr. JAVIER FRANCISCO ENRIQUEZ QUIROZ**

**ASESOR**



**Ph. D. ALFONSO HERNANDEZ GARAY**

**ASESOR**



**Ph D. J. ALBERTO S. ESCALANTE ESTRADA**

**ASESOR**



**Ph D. JOSE LUIS ZARAGOZA RAMÍREZ**

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Junio de 2015

# ANÁLISIS DE CRECIMIENTO Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA MATERIA SECA DEL ZACATE MARALFALFA (*Pennisetum* sp.)

Jesús Miguel Calzada Marín, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2015

El objetivo de este experimento fue realizar un análisis de crecimiento y determinar la composición química y digestibilidad de la biomasa del pasto “Maralfalfa” (*Pennisetum* sp.) para determinar el momento óptimo de cosecha desde la siembra. Se estudiaron las siguientes variables: Composición morfológica (CM), tasa de crecimiento (TC), altura, radiación solar interceptada, relación hoja/tallo (H:T), hoja/no hoja (H:NH), la acumulación de biomasa aérea, proteína cruda (PC), cenizas (Ce), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), y digestibilidad in vitro de la materia seca (D/VMS), a los intervalos de 30, 60, 75, 90, 105, 120 y 135, 150, 165, 180 días después de la siembra. Los datos se analizaron mediante el procedimiento GLM de SAS, con un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones y mediciones repetidas en el tiempo. La CM cambió con el tiempo ( $P < 0.05$ ), la proporción de hoja disminuyó al aumentar la edad de cosecha y el tallo se incrementó. La máxima producción de biomasa aérea ( $37,297 \text{ kg MS ha}^{-1}$ ) y TC ( $247 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ) se registro a los 151 días después de la siembra. Las plantas del zacate Maralfalfa interceptaron el 97% de la radiación solar cuando el dosel de la pradera tenía una altura de 2.3 m. En la planta completa, hoja y tallo, el contenido de FDN, FDA aumentaron conforme incremento la edad de cosecha mientras que la PC, Ce y D/VMS disminuyeron al aumentar la edad de cosecha, en hoja se presentaron los mayores valores de PC y D/VMS. Se concluyo que la máxima tasa de crecimiento, coincidió con la máxima producción de hojas y de tallos, y con la mayor producción de biomasa total; y que conforme se incrementó la edad de cosecha se aumentó la FDN y FDA y disminuyó PC, Ce y D/VMS.

**Palabras clave:** Hoja, tallo, radiación interceptada, biomasa y proteína.

# GROWTH ANALYSIS AND CHEMICAL COMPOSITION OF DRY MATTER OF MARALFALFA GRASS (*Pennisetum* sp.)

Jesús Miguel Calzada Marín, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2015

The objective of this experiment was to conduct growth analysis on “Maralfalfa” grass (*Pennisetum* sp.) to define the optimal harvest time from planting and determine the chemical composition of total plant, leaves and stems of Maralfalfa grass (*Pennisetum* sp.). The variables evaluated were: morphological composition (MC), growth rate (GR), sward height, solar radiation intercepted, leaf/stem ratio (L:S), leaf/no leaf ratio (L:NL), the herbage accumulation, the content of ash, crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) and *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD) were determined at 30, 60, 75, 90, 105, 120, 135, 150, 165 and 180 days after planting. Data set were analyzed with the GLM procedure of SAS and statistical model was randomized complete block design with repeated measurement. The CM changes over time ( $P < 0.05$ ), the proportion of leaf decreased and stem increased as increasing age of harvesting. The maximum herbage accumulation ( $37,297 \text{ kg DM ha}^{-1}$ ) and GR ( $247 \text{ kg DM ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ) were at 151 days after planting. Maralfalfa grass intercepted 97% of solar radiation when the sward canopy had 2.3 m of height. Dry weight of stems and of dead material correlated positively with plant age. NDF and ADF in total plant, leaf and stem increased as harvesting time increased, whereas CP, ash and IVDMD decreased as increased harvesting time. Leaf had the highest CP and IVDMD. It is concluded that the maximum growth rate coincides with the maximum production of leaves, stems and increased production of total biomass; and NDF and ADF increased as increased harvesting time and CP, ash and IVDMD decreased.

**Key words:** Leaf, stem, intercepted radiation, biomass and protein.

## DEDICATORIA

A mis padres Herman Calzada † y Noemí Candelaria Marín, por sus sacrificios, apoyo incondicional en todo momento, enseñanzas y consejos a lo largo de mi vida.

A mis hermanos Agustín y Juan Alberto por su compañía y apoyo en los buenos y malos momentos y formar parte de mi vida.

A Paulina Vázquez por su apoyo incondicional en este proceso y la realización de este trabajo; pero sobre todo por su comprensión, paciencia y amor para estar a mi lado y ser mi compañera de batallas y de logros y ser ese impulso que me alienta cada día.

A mis hijos Axel y Layra; que pese a las adversidades son mi esperanza y el deseo de un mejor futuro reflejados en su ser fortalecidos a cada momento.

Este trabajo es para todos y cada uno de ustedes con mucho amor!!!

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), y a la Línea Prioritaria de Investigación 11 “Sistemas de producción agrícola, pecuaria, forestal, acuícola y pesquera” por el apoyo otorgado para la realización de mis estudios de Maestría.

Al Colegio de Postgraduados y en especial al programa de Ganadería, por darme la oportunidad de formación profesional.

Al INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pesqueras), por su apoyo otorgado para el uso de las instalaciones y equipo en el sitio experimental Papaloapan y en el campo experimental de Paso del Toro, Veracruz

A los Doctores Eusebio Ortega Jiménez, Alfonso Hernández Garay, Javier Francisco Enríquez Quiroz, Alberto Escalante Estrada y José Luis Zaragoza Ramírez por todo el apoyo incondicional en la dirección de esta investigación, su invaluable asesoría, consejos, disposición y enseñanza integral. Gracias.

A todos mis compañeros y amigos del área de forrajes del Colegio de Postgraduados y de la Universidad Autónoma Chapingo, con quienes he contado en cada momento y he tenido la fortuna de su apoyo incondicional y amistad.

## INDICE GENERAL

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. OBJETIVOS.....	2
CAPITULO 2. REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
2.1. DESCRIPCIÓN Y CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL ZACATE	
MARALFALFA.....	3
2.1.1. Origen .....	3
2.1.2. Clasificación Taxonómica .....	3
2.1.3. Morfología .....	4
2.2. ANÁLISIS DE CRECIMIENTO.....	5
2.3. FACTORES QUE AFECTAN LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE .....	6
2.3.1. Clima.....	6
2.3.1.1. Temperatura .....	6
2.3.1.2. Radiación solar .....	8
2.3.1.3 Humedad.....	9
2.3.2 Suelo.....	12
2.4. FACTORES QUE AFECTAN EL REBROTE DE LAS PLANTAS FORRAJERAS	
.....	13
2.4.1. Meristemas de crecimiento .....	13
2.4.2. Reserva de carbohidratos .....	14
2.4.3. Área foliar remanente.....	15
2.5. VALOR NUTRITIVO DEL FORRAJE.....	16
2.5.1. Factores que afectan la composición química plantas forrajeras.....	18
2.5.1.1. Genotipo de las especies forrajeras .....	18
2.5.1.2. Estado de desarrollo vegetativo .....	19
2.5.1.3. Composición de los componentes de la planta .....	19
2.5.1.3. Luz, temperatura y humedad.....	20
2.6. FRECUENCIA E INTENSIDAD DE DEFOLIACIÓN .....	21

2.7. LITERATURA CITADA .....	22
CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE CRECIMIENTO DEL PASTO MARALFALFA ( <i>Pennisetum</i> sp.) EN CLIMA CÁLIDO SUBHÚMEDO .....	31
3.1. RESUMEN.....	31
3.2. ABSTRACT.....	32
3.3. INTRODUCCIÓN.....	33
3.4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	35
3.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	37
3.7. CONCLUSIONES .....	46
3.7. LITERATURA CITADA .....	47
CAPÍTULO 4. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA MATERIA SECA DEL ZACATE “MARALFALFA” ( <i>Pennisetum</i> sp.) A DIFERENTES EDADES DE LAS PLANTAS .....	52
4.1. RESUMEN.....	52
4.2. ABSTRACT.....	53
4.3. INTRODUCCIÓN.....	54
4.4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	54
4.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	56
4.6. CONCLUSIONES .....	62
4.7. LITERATURA CITADA .....	63



## LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1. Comportamiento de la precipitación pluvial, temperatura máxima y temperatura mínima mensual durante el periodo experimental en el Sitio Experimental Papaloapan, Isla, Veracruz.....	38
Figura 3.2. Dinámica de acumulación de forraje total, por componente morfológico, altura de la planta, radiación interceptada y porcentaje de cobertura del pasto Maralfalfa.....	40
Figura 3.3. Cambios en la tasa de crecimiento, a través del tiempo, del pasto Maralfalfa. ....	42
Figura 3.4. Composición morfológica del pasto Maralfalfa a diferentes edades de cosecha.....	43
Figura 3.5. Cambios a través del tiempo en la relación hoja/tallo y hoja/no hoja del pasto Maralfalfa.....	44
Figura 4.1. Precipitación pluvial y temperatura en el Sitio Experimental Papaloapan, Isla, Veracruz durante el periodo experimental. ....	56

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 4.1. Contenido de materia seca, composición química y digestibilidad de planta completa de pasto Maralfalfa ( <i>Pennisetum</i> sp.) a diferentes edades de cosecha.....	59
Cuadro 4.2. Contenido de materia seca, composición química y digestibilidad de hojas de pasto Maralfalfa ( <i>Pennisetum</i> sp.) a diferentes edades cosecha. ....	60
Cuadro 4.3. Contenido de materia seca, composición química y digestibilidad de tallos del pasto Maralfalfa ( <i>Pennisetum</i> sp.) a diferentes edades de cosecha. ....	61

## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

En México, algunas porciones de los ecosistemas de selva del trópico húmedo han sido reemplazados por praderas de gramíneas introducidas como *Digitaria decumbens*, *Panicum máximum*, *Cynodon* sp., *Pennisetum* sp. y *Brachiaria* sp. (De Alba, 1976; Cantú, 1990). Las regiones ganaderas de México se han dividido en tres zona ecologías, árida y semiárida, templada y de trópico húmedo y seco. En estas zonas se encuentra el 20.3, 16 y 63% del hato de bovinos, respectivamente. Los sistemas ganaderos de la zona tropical producen el 35% de la carne y el 25% de la leche en praderas de gramas nativas, cuyas gramíneas pertenecen los géneros de *Axonopus* spp. y *Paspalum* spp. y producen menor cantidad de forraje que las gramíneas introducidas. Por lo que han sido sustituidas por gramíneas con mayor potencial forrajero, entre ellas especies de los generos: *Panicum.*, *Cynodon.*, *Digitaria.*, *Hyparrhenia*, *Cenchrus*, *Brachiaria*, *Andropogon* y *Pennisetum* (Enríquez *et al.*, 1999). La mayoría de estas gramíneas se originaron en el continente africano y asiáticos cuya constitución genética se ha mejorado para mayor rendimiento de forraje y calidad de su materia seca.

El pasto del género *Pennisetum*, de origen africano, es una de las gramíneas perennes cuya frecuencia génica original se ha alterado para obtener plantas vigorosas con grandes macollos y con capacidad para adaptarse a diversos tipos de suelos (Enríquez *et al.*, 1999). Los esfuerzos de mejoramiento se enfocan en mejorar la calidad de la materia seca de las gramíneas tropicales, con la finalidad aumentar la productividad de los sistemas pastoriles de zonas tropicales (Fortes *et al.*, 2012).

## **1.1. OBJETIVOS**

Hacer un análisis de crecimiento del pasto Maralfalfa (*Pennisetum* sp.) desde la siembra hasta los 180 días después de la siembra para determinar el momento de cosecha.

Determinar la composición química y degistibilidad *in vitro* de la materia seca del pasto Maralfalfa (*Pennisetum* sp.) a diferentes edades de cosecha desde la siembra hasta 180 días después de la siembra.

## CAPITULO 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. DESCRIPCIÓN Y CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL ZACATE MARALFALFA

#### 2.1.1. Origen

El origen del pasto Maralfalfa es aún incierto, solo existen hipótesis al respecto. Una supone que es el resultado de la combinación de los pastos *Pennisetum purpureum*, *Paspalum microphilum*, *Paspalum fasciculatum*, *Medicago sativa* y *Phalaris arundinacea* (Ramírez y Pérez, 2006). Otra sostiene que fue desarrollado en el Herbario Medel de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellin; al cruzar el *Pennisetum violaceum americanum* L. y el *Pennisetum purpureum*, comercializado en Brasil como pasto Elefante paraíso. Debido a lo anterior, es conveniente investigar exhaustivamente su origen, al hacer la clasificación taxonómica se llega al *Pennisetum* sp (Brenes, 2009).

#### 2.1.2. Clasificación Taxonómica

Las gramíneas pertenecen a la familia *Poaceae*, la más abundante en el reino vegetal. Las especies de esta familia se agrupan en 5 subfamilias con una amplia variabilidad individual, por lo que la asignación de una especie a una determinada subfamilia, es con base al número de caracteres compartidos con los individuos de la subfamilia elegida (Avalos, 2009). Para el caso del pasto Maralfalfa Dawson y Hatch (2002) proponen la siguiente clasificación:

<b>Reino:</b>	<i>Plantae</i>
<b>División:</b>	<i>Maognoliophyta</i>
<b>Clase:</b>	<i>Liliopsida</i>
<b>Orden:</b>	<i>Poales</i>
<b>Familia:</b>	<i>Poaceae</i>
<b>Subfamilia:</b>	<i>Panicoideae</i>
<b>Tribu:</b>	<i>Paniceae</i>
<b>Género:</b>	<i>Pennisetum</i>
<b>Especie:</b>	<i>Pennisetum</i> sp.

### 2.1.3. Morfología

Las raíces del pasto Maralfalfa son fibrosas, con raíces adventicias originadas de los nudos inferiores de las cañas o culmos, de crecimiento rápido y de alta capacidad de profundizar en el suelo (Fales, 2007).

El tallo es de crecimiento erecto, muy largo y delgado, en su base forma un macollo levemente decumbente en la mayoría de los casos. Las cañas conforman el tallo superficial el cual está compuesto por entrenudos, delimitados entre sí por nudos. Los entrenudos en la base del tallo son muy cortos, mientras que los de la parte superior del tallo son más largos, no poseen vellosidades, las ramificaciones se producen a través de los nudos y surgen siempre a partir de una yema situada entre la vaina y la caña (Moreno, 2013).

Las hojas están formadas por vaina y limbo. La vaina surge de un nudo de la caña cubriéndola de manera ceñida. Los bordes de la vaina están generalmente libres y se traslapan. Es muy común encontrar bordes pilosos, siendo esta una característica importante en su clasificación. Las hojas son delgadas a

medianamente gruesas que abundan hacia el tercio superior de la planta pero escasea en los dos tercios inferiores. Esta variedad híbrida puede alcanzar una altura de 4 metros si se le deja envejecer (Guamanquispe, 2012). A medida que presenta mayor altura, sus hojas se doblan hacia abajo (Cunuhay y Choloquina, 2011).

En el caso particular de *Pennisetum* sp. la inflorescencia se presentan en forma de panícula, la cual es muy característica del género *Pennisetum* (Cruz, 2008). Las espiguillas en la inflorescencia del pasto Maralfalfa es típica del género *Pennisetum* con seis brácteas (dos glumas, dos lemas y dos paleas). Algunas características claves para clasificar esta gramínea son flores inferiores estériles y vigorosas o sin estambres, flores superiores fértiles con tamaño entre la mitad o igual al de las flores inferiores; primera gluma fusionada con callos, sin rodear la base de la espiga y sin aristas; lema de la parte superior es suave, sin arista, de color café a amarillo o púrpura, glabrosa, con márgenes redondeadas o planas, sin aristas; palea de las flores superiores presentes; y tres estambres y anteras oscuras o grises (Dawson y Hatch, 2002).

## **2.2. ANÁLISIS DE CRECIMIENTO**

El crecimiento vegetal es el aumento irreversible del peso seco, altura o diámetros del cuerpo de las plantas, éstos son susceptibles de ser medidos (Rojas, 1993) y de ser modificado por factores ambientales como el clima, el suelo y prácticas agronómicas como fertilización (Pearson y Ison, 1987; Velasco *et al.*, 2001). Tradicionalmente, el crecimiento de plantas forrajeras se analiza mediante índices de eficiencia como la tasa de crecimiento del cultivo (kg o t de materia seca por día y unidad de superficie), la tasa relativa de crecimiento (g de materia seca por g de peso seco existente en un tiempo específico) (Hernández-Garay *et al.*, 1992). El primer índice es consecuencia de la tasa de fotosíntesis de la pradera fuertemente influenciada por el clima, fertilidad del suelo y manejo agronómico de la pradera (Hodgson *et al.*, 1981).

## 2.3. FACTORES QUE AFECTAN LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE

### 2.3.1. Clima

El crecimiento de las plantas forrajeras y productividad de las praderas son influidos por la temperatura, frecuencia e intensidad de los eventos de lluvia y cantidad de radiación solar que incide sobre las praderas. Estos elementos del clima son responsables de la estacionalidad en la producción de forraje de las praderas (Blanco, 1991). Consecuentemente, es difícil tener una producción sostenida de las praderas tropicales, a través del año. La tasa de crecimiento de las praderas varia en el año con la temperatura ambiental, la distribución de las lluvias y la cantidad de radiación solar fotosintéticamente activa que incide sobre el área foliar de las praderas. (McKenzie *et al.*, 1999; Perreta *et al.*, 1997; Matthew *et al.*, 2001; Lemaire, 2001; Moliterno, 2002). La constitución genética de las distintas especies forrajeras determina la magnitud de tasa crecimiento la cual es modificada por el clima, el tipo y fertilidad del suelo, las practicas agronómicas (Perreta *et al.*, 1997; Moliterno, 2002).

#### 2.3.1.1. Temperatura

La temperatura es el elemento del clima que influye en la tasa de aparición de las hojas de las gramíneas forrajeras, en la tasa de crecimiento de la pradera y en la tasa de elongación del tallo y hojas. Además, determina la distribución de las plantas forrajeras y diversidad de las especies en las praderas. Cada aspecto de las plantas forrajeras asociado a la producción de materia seca tiene una temperatura optima, situaciones con temperaturas ambientales inferiores o superiores disminuyen el área foliar fotosintéticamente activa y consecuentemente la productividad de las praderas (Parson y Chapman, 2000). Los procesos bioquímicos y fisiológicos relacionados con la síntesis, transporte y degradación de sustancias en las plantas, son influenciados por la temperatura, debido al

efecto directo que ejerce sobre la velocidad de reacción de las enzimas que participan en diversas reacciones bioquímicas y sobre el mantenimiento de la integridad de las membranas (Simpson y Vulnevor, 1987).

La temperatura para máxima tasa de crecimiento (máxima tasa de fotosíntesis) varía entre las especies forrajeras tropicales. En general, Baruch y Fisher (1991) reportan que la temperatura óptima esta entre 35 y 39 °C, y para las leguminosas tropicales entre 30 y 35 °C. Ambos tipos de plantas forrajeras son muy sensibles a temperaturas inferiores a la zona térmica óptima. En la mayoría de las especies forrajeras tropicales, los efectos negativos sobre la tasa de crecimiento ocurren entre 0 y 15 °C y, en pocas especies a 20 °C, si la humedad en el suelo no es un factor limitante para el crecimiento. Jiménez y Martínez (1984) señalan, que temperaturas superiores a la zona térmica óptima estimulan la respiración celular de las plantas, duplicándose o triplicándose la producción de anhídrido carbónico por cada 10 °C de aumento en la temperatura, mientras la temperatura no sea superior a 45 °C, aumentando la formación de materia orgánica en las plantas forrajeras. Las temperaturas superiores a la temperatura óptima reducen sustancialmente la tasa de crecimiento, por disminuir la tasa de fotosíntesis al desnaturalizar las enzimas del ciclo de Calvin y aumentar la tasa de respiración, junto con lo anterior aumenta la tasa de transpiración estableciéndose un balance hídrico negativo que reduce la expansión celular y, por consiguiente, el crecimiento (Durand *et al.*, 1999). Las tasas de fotosíntesis y de respiración influyen sobre la tasa de aparición y expansión de hojas, tasa de aparición de tallos y de estolones y el crecimiento de las raíces (McKenzie *et al.*, 1999; Buxton y Fales 1994).

Para enfrentar el estrés de las temperaturas superiores a la óptima, las gramíneas aumentan el contenido de lignina en la pared celular de las hojas afectando, negativamente la digestibilidad y la calidad de la materia seca que acumulan. Por ejemplo, a temperaturas superiores a la óptima, el contenido de componentes estructurales aumentó y la digestibilidad de la materia seca de las hojas y tallos disminuyó en plantas de *Cynodon dactylon*, *Panicum maximum* var. *trichoglume*,



*Lolium perenne* y *Medicago sativa* (Wilson, 1983). Las temperaturas máximas y mínimas, del período de diciembre a marzo, influyeron negativamente en el rendimiento de materia seca de los pastos *Cynodon dactylon*, *Panicum maximum* y *Cenchrus ciliaris*; especialmente a temperaturas menores a 20 °C (Herrera, 1984).

En los meses más fríos del año (enero y febrero) en una pradera con *Digitaria decumbens* la tasa de crecimiento osciló entre los 5 y 7 kg MS/ha/día en la sequía y sin fertilización. Al aplicar fertilizantes y riegos la tasa de crecimiento de la misma pradera fue mayor a 24 kg MS/ha/día, demostrando que además de la temperatura la disponibilidad de agua y nutrimentos para las gramíneas influyen en la acumulación de materia seca. En el resto de los meses del año, las tasas de crecimiento no fueron afectados por la temperatura; como fue comprobado por Ayala *et al.* (1989) en praderas de *Pennisetum purpureum*.

#### 2.3.1.2. Radiación solar

La radiación solar es otro elemento del clima que se relaciona estrechamente con procesos fisiológicos fundamentales, vinculados con el crecimiento y los cambios morfológicos que experimentan las gramíneas durante el desarrollo vegetal. La conversión de energía solar en biomasa forrajera es variable y depende de las vías metabólicas para la fijación de carbono de la fotosíntesis, por lo que la tasa de fotosíntesis de los pastos es una función de la radiación fotosintéticamente activa que incide sobre la pradera. Las plantas C4, fotosintetizan más por unidad de radiación solar absorbida y alcanzan la saturación lumínica a niveles superiores a las plantas C3, con eficiencias de hasta un 6%. Sin embargo, en condiciones normales de crecimiento las hojas superiores reducen los niveles de radiación al resto del follaje, y sólo una parte de ellas alcanza su potencial fotosintético, lo que hace que bajo estas condiciones se logre la saturación lumínica a intensidades superiores. Por otra parte, bajo condiciones de campo, las hojas están orientadas en diferentes direcciones y la intensidad de radiación a la que la mayoría de ellas están expuestas es mucho más baja que cuando se disponen en un plano

horizontal y parte de la energía que llega es dispersada por la misma vegetación, a través de la reflexión y transmisión (Cruz y Moreno, 1992).

Buxton y Fales (1994) señalaron que en las regiones tropicales la reducción de la intensidad de radiación por el efecto de la sombra cambia la composición química de los forrajes y, en especial, sus componentes celulares, aunque las respuestas son variables según la combinación de especies. Wilson (1983) encontró un aumento en el contenido y rendimiento de nitrógeno en *Panicum* y *Chloris* de un 17 y 36%, respectivamente, mientras en *Cenchrus*, éste disminuyó en 4% cuando los niveles de radiación disminuyeron un 50%. En *Cynodon nlemfuensis*, la reducción de la radiación mejoró en 3.7 y 2.3 unidades porcentuales la proteína bruta y el contenido de cenizas, respectivamente, disminuyendo en 4.5% los componentes estructurales (Del Pozo y Jeréz, 1999). Por su parte, Hernández (2000) señaló que la reducción en la intensidad luminosa por el sombreado, mejora la digestibilidad de la materia seca debido a una disminución en el contenido de pared celular. Además argumentaron que las variaciones producidas en la calidad de los pastos debido a la radiación, están más relacionadas con los cambios anatómicos y morfológicos, que por el incremento o disminución de algunos de sus constituyentes químicos.

#### 2.3.1.3 Humedad

El volumen de agua caída por las precipitaciones y la distribución de los eventos de lluvia en el año ejercen efectos notables en el crecimiento del área foliar, el desarrollo de tallos y el crecimiento radicular (Fisher *et al.*, 1996), así como en la relación de los factores bioquímicos y fisiológicos que ocurren en la planta. El agua es un componente esencial en las células de las plantas, casi todos los procesos metabólicos dependen de su presencia; además, se requiere para el mantenimiento de la presión de turgencia, la difusión de solutos en las células y suministra el hidrógeno y oxígeno que están involucrados durante el proceso fotosintético (Lösch, 1995).

Tanto el exceso, como el déficit de agua, pueden provocar situaciones de estrés en los cultivos forrajeros. En el caso del primero, generalmente ocurre en los suelos mal drenados durante la estación lluviosa o en las regiones donde las precipitaciones son altas durante todo el año. Su efecto fundamental radica en que causa anoxia en las raíces, afectando su respiración aerobia, absorción de minerales y agua. Si este se prolonga en especies no tolerantes, disminuye la asimilación y distribución del carbono, produciéndose cambios metabólicos que activan la respiración anaerobia, lo cual implica una menor eficiencia energética y bio-productiva en las plantas (Baruch, 1994a). Por otra parte, modifica la distribución y producción de la biomasa, la tasa de crecimiento y concentración de minerales en las plantas, aspecto que fue demostrado por Baruch (1994b) en *Hyparrhenia rufa*, *Andropogon gayanus* cv CIAT 621, *Brachiaria mutica* y *Echinochloa polystachya*, en condiciones de inundación durante 20 a 25 días.

El estrés causado por sequía es común en las regiones tropicales, el cual afecta el comportamiento fisiológico y morfológico de las plantas. La magnitud del efecto depende de la intensidad del estrés hídrico y del estado desarrollo vegetativo. Las consecuencias del efecto son reducción de la expansión celular debido a la disminución de la presión de turgencia, el cierre de estomas, la tasa de transpiración, la tasa de fotosíntesis (Antolín y Sánchez-Díaz, 1993). Las consecuencias de lo anterior es la alteración en la distribución de la biomasa en la planta (Baruch y Fisher 1991), disminución del área foliar y del área foliar fotosintéticamente activa, aumento del incremento de la senescencia y caída de las hojas. En condiciones de estrés hídrico, los cambios morfológicos podrían beneficiar la calidad de la materia seca de las gramíneas, por reducir en el crecimiento de los tallos, aumentar la proporción de hojas, y retrasar la madurez de los tejidos vegetales (Lösch, 1995).

El efecto de los eventos de lluvia en la magnitud de los procesos morfológicos, bioquímicos y fisiológicos, relacionados con el crecimiento y la calidad de los pastos, depende de múltiples factores asociados al ambiente, al suelo y la especie de planta. Se menciona, en la literatura científica, que el crecimiento de los pastos

depende de humedad disponible en el suelo, la cual esta estrechamente relacionada con la cantidad y distribución de los eventos de lluvia, de la estructura y pendiente del suelo, de la intensidad de la radiación solar y temperatura ambiental. Así que, la cantidad de materia seca acumulada en una pradera es consecuencia de la intensidad del déficit hídrico durante el periodo de crecimiento de cada rebrote (Gillet, 1984).

La disponibilidad de agua en el suelo para las plantas forrajeras es una condición necesaria para que las plantas forrajeras expresen su potencia biológica para producir materia seca (Jensen *et al.*, 2003). El nivel de humedad en el suelo influye en el contenido de proteína cruda (PC), en la digestibilidad de la fibra detergente neutro (DFDN), de la materia seca *in vitro* (D/VMS), y de la fibra detergente neutro (FDN) constituyentes importantes de la calidad de la materia seca. En pasto Ovillo y Ballico Perenne irrigados se cosecho materia seca de la calidad esperada, sin embargo en praderas de pasto Ballico tetraploide la materia seca cosechada tuvo mayor concentración de PC, D/VMS y menor concentración de FDN comparados con las variedades diploides. En general, se reporta que con el aumento del estrés hídrico, el valor nutricional del forraje (PC y DFDN) aumentó en 9% (Jensen *et al.*, 2003).

Las plantas expuestas a estrés hídrico cambian su morfología y fisiología para reducir la pérdida de agua y mejorar la eficiencia en consumo de la misma. El déficit hídrico afecta negativamente la expansión del área foliar (Passioura, 1982). En general, la elongación celular es más sensible al déficit hídrico que la división celular (Turner y Begg, 1978). Las implicaciones son reducción en la tasa de crecimiento foliar (menor tamaño de las hojas), tasa de aparición de tallos, menor número de hojas vivas por tallo, mayor número de hojas y tallos senescentes, en comparación con los cultivos irrigados y sin situaciones de estrés hídrico (Turner y Begg, 1978).

### 2.3.2 Suelo

Las propiedades físicas y químicas del suelo, en el que crecen las gramíneas, determinan la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Las propiedades físicas, como la textura y porosidad, influyen directa o indirectamente sobre la calidad nutritiva de la materia seca de los forrajes. Por ejemplo, pobre aeración en los suelos disminuye la absorción de elementos esenciales, como el fósforo. Suelos ricos en vida biótica tienen mejor aeración y fertilidad. Las propiedades químicas del suelo determinan la cantidad y tipo de nutriente disponible para las plantas. Por ejemplo, el fósforo es disponible a pH de 6 y 7, en suelos ácidos el fósforo reacciona con hidróxido de hierro, aluminio y magnesio formando un compuesto insoluble, por lo que el fósforo no está disponible para la planta (Oelberg, 1956). La fertilidad de los suelos es el factor clave, para el crecimiento de las plantas, productividad de las praderas y calidad de la materia seca cosechada (más contenido de proteína cruda). Existe una relación directa entre el nivel de fertilidad del suelo y productividad de los sistemas ganaderos pastoriles (Robinson, 2005).

En suelos fértiles el valor nutritivo de la materia seca de los pastos es mayor que en suelos poco fértiles debido a que suministran la cantidad de nutrimentos que las plantas requieren para su crecimiento y desarrollo. Con la fertilización se incrementa la cantidad de algunos nutrimentos que el suelo no puede proporcionar a las plantas. El ejemplo clásico es el nitrógeno, que al adicionarlo aumenta la concentración de sustancias nitrogenadas en la materia seca de los forrajes (Rodríguez *et al.*, 1976).

La mayoría de las gramíneas perennes cultivadas tiene mayor necesidad del nitrógeno, pero los suelos donde crecen tienen menor contenido de materia orgánica y proveen menor cantidad de nitrógeno a las plantas forrajeras. El nitrógeno es el nutriente que limita la productividad de las praderas y calidad de la materia seca producida. Afortunadamente, la fertilización nitrogenada en los sistemas pastoriles es fácil de implementar (Robinson, 2005). El nitrógeno

estimula el desarrollo de las hojas y tallos, produce un color verde oscuro en las plantas debido a la abundancia de clorofila. La aplicación excesiva de nitrógeno retrasa la maduración de las plantas por prolongar el proceso de desarrollo vegetativo de las plantas. También la absorción tardía de nitrógeno retrasa la maduración, por estimular el desarrollo vegetativo. Si se aplica nitrógeno en la época adecuada, acelera el crecimiento y, en consecuencia mejora su calidad.(Robinson, 2005).

## **2.4. FACTORES QUE AFECTAN EL REBROTE DE LAS PLANTAS FORRAJERAS**

El rebrote, es decir el nuevo brote de las gramíneas perennes, es la acumulación de materia seca durante un periodo específico. Es una forma de crecimiento que implica formación de hojas y tallos; y la senescencia y descomposición de los mismos. La tasa de acumulación de materia seca durante el rebrote está determinada por factores ambientales y por el nivel de defoliación de las praderas. La capacidad para rebrotar de una planta forrajera, después de una defoliación, depende de factores intrínsecos de las plantas, entre ellos la tasa de amcollamiento, velocidad de activación de los meristemos, rapidez de la restitución del área foliar fotosintéticamente activa y cantidad de reservas de carbohidratos en las raíz (Hunt y Field, 1979).

### **2.4.1. Meristemos de crecimiento**

En las gramíneas perennes, el crecimiento ocurre en los meristemos que están protegidos por hojas (Valentine y Matthew, 1999; Bidwell, 1979). Los meristemos son zonas de tejido embrionario, que al recibir el estímulo fisiológico y ambiental, experimenta cambios debido a la diferenciación, la división y la expansión celular (Bidwell, 1979). A nivel de una pradera, el tejido meristemático se ubica en la parte

basal de los tallos de las gramíneas forrajeras, a nivel del suelo o por debajo del mismo. La función de las zonas meristematicas es proporcionar la condición de continuidad del crecimiento de las gramíneas (perennes) mediante la incesante producción de hojas y tallos (Gold y Caldwell, 1989). Debido a esto, las gramíneas forrajeras después de cada defoliación rebrotan, siempre que existan las condiciones favorables de humedad y temperatura para un nuevo crecimiento. Para cuidar esta esta condición de rebrote las zonas meristemáticas no deben ser removidas por la defoliación y permanecer en estado vegetativo (Davies, 1988).

En las plantas, de las gramíneas forrajeras, hay meristemos apicales y laterales sensibles a estímulos ambientales, que al ser activos inician el proceso de transformación para definir la morfología de las plantas. Del meristemo apical se origina la parte aérea de las plantas, tallos, hojas, inflorescencia y semillas (Bidwell, 1979). La activación de estas zonas meristemáticas, inicia la formación de nuevo tejido o individuo completo. En tanto que, la edad de los tallos y cantidad de tejido removido causa pérdidas en la biomasa, disminuye el área foliar y la cantidad de reserva de carbohidratos (Briske, 1991). Valentine y Matthew (1999), Chapman y Lemaire (1993) y Davies (1988) coinciden al reportar que los meristemos de crecimiento son favorecidos por defoliaciones arriba de las zonas meristemáticas, por lo que en sistemas pastoriles deben planificarse para que el ganado defoliese las plantas arriba de las zonas meristemáticas.

#### **2.4.2. Reserva de carbohidratos**

Las plantas forrajeras al ser defoliadas experimentan una situación de estrés por la remoción del tejido fotosintético y se modifica el estado fisiológico, previo a la defoliación (Bazzaz *et al.*, 1987). Al ser removidas las hojas, de las plantas, se produce un desbalance entre los órganos fuente y órganos demanda (Richards, 1993). Defoliaciones poco frecuentes, dan oportunidad a las plantas forrajeras para reestablecer el equilibrio fuente-demanda, al aumentar el suministro de carbohidratos producidos por la fotosíntesis. Por el contrario, defoliaciones muy

frecuentes o severas causan que las plantas tarden en restaurar dicha condición fisiológica (Chapman y Lemaire, 1993). Después de una defoliación, el crecimiento inicial de las plantas depende de las reservas de carbohidratos solubles, mientras no acumulen suficiente área foliar fotosintéticamente activa para producir los fotoasimilados que requiere para sostener el crecimiento y desarrollo de sus órganos (Parson y Chapman, 2000). La velocidad de crecimiento y estructura de las plantas forrajeras después de una defoliación depende de la frecuencia y severidad de la defoliación. Según Hodgson (1990) y Ballerstedt (1994), el crecimiento inicial de plantas forrajeras con defoliaciones ligeras, es acosta de la reservas de carbohidratos almacenadas en las raíces y base de los tallos de las plantas forrajeras, y pocos días después de los foto-asimilados que producen las hojas fotosintéticamente activas del área foliar remanente y las formadas recientemente. El resultado es una tasa de crecimiento mayor comparado con aquellas de plantas sin área foliar remanente. Estas últimas plantas, tendrán menor tasa de crecimiento al depender el crecimiento inicial solo de las reservas de carbohidratos. Volenec (1986) reporta, que el 50% de las reservas de carbohidratos solubles, de pasto festuca alta, fueron consumidas en los primeros cuatro días después de la defoliación; y restituida después de 24 días post defoliación. Esto significa que las praderas de festuca necesitan no ser apacentadas en los primeros 30 días des pues de cada defoliación. El periodo de no recuperación es necesaria para asegurar la renovación del tejido foliar fotosintéticamente activo (Ballerstedt, 1994).

#### **2.4.3. Área foliar remanente**

La cantidad de área foliar de las praderas después de una defoliación, a condición que las hojas remanentes sean fotosintéticamente activas, estimula el rebrote al producir foto-asimilados. La tasa de fotosíntesis del área foliar residual será mayor cuando las hojas son jóvenes, y es modificada por el clima y suelo. La estructura de las plantas es resultado del nivel de desarrollo de los vástagos y distribución de



los mismos en la corona de los pastos. Así que, la composición morfológica de las plantas variará de una planta a otra, particularmente en situaciones de defoliaciones severas (Sheath y Bircham, 1983). Davies (1988) y Watson, (1972) señalan que la tasa de rebrote está relacionada con la cantidad de hojas fotosintéticamente activas remanentes, después del corte o pastoreo. A mayor área foliar fotosintéticamente activa mayor la tasa de crecimiento de la pradera, debido a que la cantidad de foto-asimilados satisfacen la necesidad para el mantenimiento de las plantas y la sobrante se almacena en forma de almidón y azúcares solubles en los tallos. La velocidad de restitución del área foliar fotosintéticamente activa depende de la constitución genética de las plantas, del estado de desarrollo del tejido meristemático remanente, la cantidad de tejido, de la fertilidad del suelo, y de la disponibilidad de agua en el suelo para las plantas (Richards, 1993; King *et al.*, 1979).

## **2.5. VALOR NUTRITIVO DEL FORRAJE**

La calidad del forraje se refiere a la concentración nutrimentos y fibra digestible en la materia seca de las plantas forrajeros. La calidad de la materia seca se reporta en términos de composición química y digestibilidad de la materia seca (Skerman *et al.*, 1991). La composición química de la materia seca de las gramíneas tropicales cambia con la edad de las plantas, varía entre especies, y es modificada por el clima. Las especies forrajeras difieren en la composición química de la materia seca (Rodríguez-Romero *et al.*, 2004; Van Soest, 1994), en palatabilidad, grado de aceptación por el ganado, concentración de nutrimentos, digestibilidad de la pared celular; así como, por la presencia y cantidad de sustancias tóxicas (Humphreys, 1991). Todos estos factores influyen negativamente en el consumo voluntario y desempeño del ganado que las consume (Herrera y Hernández, 1993).

La composición química de la materia seca de los forrajes se determina con los métodos de análisis proximal de Weende y para fibras de Van Soest (Van Soest *et*

*al.*, 1994; Yapes y Tamayo, 2003). El análisis proximal de Weende fracciona el contenido de la materia seca en proteína bruta (PB), fibra bruta (FB), extracto etéreo (EE), extracto libre de nitrógeno (ELN) y cenizas. Pero tienen el inconveniente de que no determina la concentración real de fibra presente en la materia seca (Yapes y Tamayo, 2003). El método para fibras de Van Soest divide la materia seca en dos componentes la fibra detergente neutro (FDN) y la fibra detergente ácido (FDA). El componente FDN representa la pared celular, que agrupa la celulosa, hemicelulosa, lignina y la parte de la materia mineral. Es la mejor estimación de la concentración total de la fibra de la materia seca que está estrecha e inversamente relacionado con el consumo voluntario (Yapes y Tamayo, 2003). La FDA representada por la celulosa, lignina, sílice y nitrógeno no soluble en detergente ácido (NNSDA) y está relacionada con la fracción no digestible de la materia seca; y es de importancia en el cálculo del contenido energético de un forraje (García *et al.*, 2005)

El contenido de nitrógeno de la materia seca se determina con el método Kjeldhal, el cual al multiplicarse por 6.25 se transforma en contenido de proteína cruda; por lo que el término proteína cruda está formado por proteína verdadera y nitrógeno no proteínico, como nitrógeno ureico y nitrógeno amoniacal. El valor de proteína cruda no proporciona información acerca de los aminoácidos de la proteína o del coeficiente para la digestibilidad intestinal de la proteína ni del nivel de aprovechable de la proteína en el rumen (García *et al.*, 2005).

La digestibilidad de la materia seca de forrajes indica la cantidad de la materia seca que es aprovechada por los rumiantes domésticos. El valor del coeficiente de digestibilidad, que se reporta como porcentaje, es la diferencia entre la cantidad de materia seca consumida y la materia seca excretada en las heces (Enríquez *et al.*, 1999). La cantidad de materia seca digestible depende del contenido de FDA, a mayor cantidad de FDA menor la digestibilidad de la materia seca (Fernández, 2000). Los tallos son las partes de las plantas menos digestibles por el mayor contenido de FDA, le siguen material muerto y hojas (Crowder y *Chheda.*, 1982). La digestibilidad de la fracción de la materia seca potencialmente digestible,

depende de las propiedades químicas intrínsecas de los carbohidratos estructurales en la pared celular y de su relación estructural con otros componentes (lignina y sílice) presentes (Minson, 1990). La digestibilidad de la materia seca se correlaciona negativamente con la madurez de la planta debido a la gradual acumulación de las fracciones de la pared celular. En promedio, la fracción completamente digerible en forrajes tropicales varía entre 25 y 35%, la potencialmente digerible entre 47 y 63% y la completamente indigerible entre 12 y 1% (Van Soest *et al.*, 1994). La mayoría de los resultados de investigaciones, tanto *In Vivo* como *In Vitro*, indican que la digestibilidad aparente de la materia seca de los forrajes tropicales varía entre 45 y 65%, lo que implica que se utiliza menos del 50 % de la fracción potencialmente digerible. Se ha indicado que las gramíneas de clima tropical son, en promedio, 13 % menos digeribles que las gramíneas de clima templado. Esta diferencia se ha atribuido a temperaturas ambientales más altas y a diferencias anatómicas (hoja: tallo) (Minson, 1990).

### **2.5.1. Factores que afectan la composición química plantas forrajeras**

#### **2.5.1.1. Genotipo de las especies forrajeras**

La constitución genética de las plantas forrajeras determina la tasa de madurez, la cantidad de nutrimentos que acumulan y el contenido de FDN y FDA. Así como, variabilidad entre especies forrajeras en su anatomía y morfología (Fales, 2007). La materia seca de las gramíneas tiene mayor contenido de FDA que la materia seca de las leguminosas y por consecuencia menor concentración de células solubles de rápida fermentación. Esto por la presencia de lignina que el constituyente indigestible de la FDA (Fales, 2007).

### 2.5.1.2. Estado de desarrollo vegetativo

Con el avance en la edad de las plantas, cambia el estado de desarrollo de las plantas de manera progresiva desde estado vegetativo hasta de senescencia. Estos cambios están asociados al aumento gradual en el contenido de FDA con el envejecimiento de tejidos y desarrollo, y cambio de dominancia de hojas a dominancia de tallos (Minson, 1990). Las hojas son más digestibles por tener mayor proporción de paredes delgadas y células mesófitas altamente degradables en comparación con los tallos, que tienen mayor proporción de envoltorios vasculares recalcitrantes, incluyendo el xilema y otras células del esclerénquima, que lignificados son necesarios para proveer soporte a la planta (Akin *et al.*, 1990).

### 2.5.1.3. Composición de los componentes de la planta

Las células de las plantas comprenden contenido citoplasmático y paredes celulares. El citoplasma contiene proteínas, aminoácidos, lípidos, pectinas, vitaminas hidrosolubles y minerales. Mientras que la pared celular de las plantas está compuesta de un material rígido, compuesto de fibrillas de celulosa envueltas en una matriz de hemicelulosa, materiales pecticos y lignina. También contiene agua, varios solventes orgánicos y componentes fenólicos, que en combinación juegan un rol importante en el intercambio catiónico, balance de agua, protección contra estrés biótico y reconocimiento celular. La composición de la pared celular varía con la especie de planta y madurez, así como órganos y tejidos dentro de la planta. La lámina media es la primera capa formada durante la división celular y compone a la pared exterior de la célula y después es compartida por las células adyacentes. La pared celular primaria formada al lado de la lámina media durante la elongación celular, se compone casi en su totalidad de polisacáridos, incluyendo celulosa, hemicelulosa, componentes pecticos y glicoproteínas. La deposición de la pared secundaria comienza cuando se ha completado la ampliación de la célula. (Fales, 2007).

### 2.5.1.3. Luz, temperatura y humedad

Temperaturas ambientales menores a la temperatura óptimo para el crecimiento, causan que se acumulen azúcares solubles en los tejidos vegetales, debido a que la tasa de madurez es lenta. Temperaturas ambientales mayores a la óptima para crecimiento originan disminución en la concentración de azúcares solubles. Esto debido a que las temperaturas menores y mayores disminuyen y aceleran la velocidad de las reacciones metabólicas, el transporte activo a través de las membranas, concentración de enzimas. También, las temperaturas mayores aceleran la síntesis de componentes estructurales de la pared celular (Fales, 2007).

La luz solar influye sobre el crecimiento de las plantas forrajeras por ser la fuente de radiación fotosintéticamente activa y la radiación que estimula la diferenciación y desarrollo de las zonas meristemáticas de las plantas forrajeras. Las diferencias entre estaciones del año, en la intensidad de la radiación fotosintéticamente activa y calidad de la radiación solar, son las responsables de las diferentes tasas de crecimiento y de maduración del tejido vegetal; y de la morfología de las plantas (Ballare *et al.*, 1991). La radiación de longitud de onda azul y roja disminuyen con la profundidad del dosel; y la proporción de la longitud de rojo lejano se incrementa modificando la morfogénesis y por consiguiente la proporción de hojas y la elongación de los tallos, afectando así la calidad del forraje.

Las temporadas de lluvia y sequía causan cambios en la distribución de la producción de materia seca. Situaciones de déficit hídrico estimulan el cierre de los estomas para reducir la tasa de transpiración, aceleran la senescencia de hojas y tallos, disminuyen la producción de tallos y causa la muerte de los tallos ya establecidos.

La cantidad y disponibilidad nutrimentales, en el suelo, disponibles para el crecimiento de las plantas forrajeras, influyen en la producción de materia seca y calidad de la misma. El nitrógeno, contenido en el suelo mineral y materia

orgánica, es el nutrimento de mayor beneficios para las praderas, ya que estimula la producción de materia seca (Fales, 2007), pero beneficia poco a la digestibilidad de la materia seca del forraje (Messman *et al.*, 1991).

## **2.6. FRECUENCIA E INTENSIDAD DE DEFOLIACIÓN**

La frecuencia e intensidad de las defoliaciones, por medios mecánicos o por el ganado, modifican la respuestas fisiológicas y homeostáticas de las praderas (Richards, 1993), la velocidad del rebrote (Chapman y Lemaire, 1993), disminuyen la tasa de fotosíntesis y modifican la distribución del carbono en las plantas (Richards, 1993) y la cantidad de hojas fotosintéticamente activas en el área foliar residual (Chapman y Lemaire, 1993). También, afectan el crecimiento de las raíces, por ejemplo 24 horas después de remover el 40 al 50 % de la masa de forraje, se detiene la elongación de la raíz, las raíces finas mueren y se descomponen. La cantidad de nitrógeno atmosférico fijado biológicamente, en las raíces de las leguminosas y absorbido del suelo disminuye después de una defoliación (Richards, 1993).

Después de la defoliación ocurren los procesos fisiológicos para restaurar el balance de carbono en las plantas para lo cual son necesarias varias semanas durante las cuales los meristemas se activan iniciando el proceso de rebrote, comenzando con la aparición del área foliar fotosintéticamente activa, seguida de la elongación de los tallos, la aparición de las inflorescencias y finalizando con la madurez de las semillas. El área foliar inicial para rebrotar varía entre las especies forrajeras así como la habilidad para tolerar las defoliaciones (Huber *et al.*, 1999).

## 2.7. LITERATURA CITADA

- Antolín M. C. y M. Sánchez-Díaz. 1993. Effects of temporary droughts on photosynthesis of alfalfa plants. *Journal of Experimental Botany* 44(265): 1341 - 1349.
- Akin, D. E., L. L. Rigsby, C. E. Lyon, and W. R. Windham. 1990. Relationship of tissue digestion to textural streng in bernudagrass and alfalfa stems. *Crop and Science* 30: 990-993.
- Ayala, J. R., Sistachs, M. y Herrera, R. S. 1989. Metodology to determine planting time in king grass (*Pennisetum* sp). Using historical climatic indices. En: XVI International grassland Congress, Nice, France; pp. 561-562.
- Avalos, E. D. 2009. Reproducción vegetativa del pasto Maralfalfa (*Pennisetum* sp) y su respuesta a la fertilización química y orgánica en la granja Laguacoto, Canton Guaranda, provincia Bolívar. Tesis de licenciatura. Universidad Estatal de Bolivar. Escuela de Medecina Veterinaria. Ecuador. 84 p.
- Ballare, C. I., A. I. Scopel, and R. A. Sanchez. 1991. Photocontrol of stem elongation in plant neighbourhood: effect of photon fluence rate under natural condition of radiation. *Plant Cell and Environment* 14: 57-65.
- Ballerstedt, P.J. 1994. El pastoreo cada día mas popular. *Lechero latino*. Holstein-Friesian World, Inc. E.U; pp. 6-8.
- Baruch, Z. 1994a. Response to drought and flooding in tropical forage grass. I. Production and allocation of biomass leaf growth and mineral nutrients. *Plant and Soil* 164: 87-96.
- Baruch, Z. 1994b. Response to drought and flooding in tropical forage grasses. II. Leaf water potential, photosynthesis rate and alcohol dehydrogenase activity. *Plant and Soil* 164: 97-105.

- Baruch, Z, y J. M. Fisher. 1991. Factores climáticos de competencia que afectan el desarrollo de la planta en el crecimiento. *In: Establecimiento y renovación de pasturas. Conceptos, experiencia y enfoques de la investigación. Memorias de Red de Investigación y Evaluación de Pastos Tropicales.* CIAT. Colombia; pp. 103-142.
- Bazzaz, F. A., N. R. Chiariello, Coley, P. D and L. F. Pitelka. 1987. Allocating resources to reproduction and defence. *BioScience.* 37: 58-67.
- Bidwell, R. G. S. 1979. Fisiología vegetal. 1ª. Edición. AGT Editor, SA México DF. 784 p.
- Blanco, F. 1991. La persistencia y el deterioro de los pastizales. *Pastos y Forrajes* 14 (2): 87-103.
- Brenes, M. J. 2009. Estudio técnico-económico del uso de diferentes tipos de fertilización en el pasto de corte Maralfalfa (*Pennisetum* sp) Instituto Tecnológico de Costa Rica. 3 p.
- Briske, D. D. 1991. Development morphology and physiology of grasses. *In: Grazing Management: an ecological perspective.* Heitschmidt, R. K., Stuth J. W. (eds.). Timber Press, Portland, Oregon, USA; pp. 85-108.
- Buxton, D. R. y S. L. Fales. 1994. Plant environment and quality. *In: Forage Quality Evaluation and Utilization.* Edited by American Society Agronomy Crop Science Society of American, Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin, USA; pp. 155-199.
- Cantú B., J. E. 1990. Manejo de pastizales. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” Unidad Laguna, Torreón, Coahuila, México. 290 p.
- Cruz, P. D. A. 2008, Evaluación del potencial forrajero del pasto Maralfalfa *Pennisetum violaceum* con diferentes niveles de fertilización de nitrógeno y fósforo con una base estándar de potasio. Tesis de licenciatura. Escuela



Superior de Chimborazo, Facultad de ciencias Pecuarias. Riobamba, Ecuador. 144 p.

Cruz, P., y J. L. Moreno. 1992. Crecimiento potencial comparado de una gramínea natural (*Dichanthium aristatum*) y una cultivada (*Digitaria decumbens* Stent) sometida a variaciones fotoperiodicas. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 26: 323-330.

Crowder L. V. and H. R. Chheda. 1982. Tropical grassland husbandry. Longman Inc., New York, USA; pp. 346-397.

Cunuhay, J. A. y Choloquina, M. T. 2011. Evaluación de la adaptación del pasto Maralfalfa (*Pennisetum* sp) en dos pisos altitudinales con tres distancia de siembra en el campus Juan Lunardi y Naste del Canton Paute. Tesis de licenciatura. Universidad Politécnica Salesiana sede matriz Cuenca. Facultad de Ingeniería Agropecuaria y Ambientales. Cuenca, Ecuador; pp. 10-19.

Chapman DF, Lemaire G. 1993. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. *In* Proceedings of the XVII International Grassland Congress. Palmerston, New Zealand. SIR Publ., Wellington, New Zealand; pp. 95-104.

De Alba, J. 1976. Panorama actual de la ganadería mexicana. *In* Memorias del Seminario Internacional de Ganadería Tropical. FIRA. SAG. Banco de México. Acapulco, Guerrero, México; pp. 41-62.

Del Pozo, P., P. y I. Jeréz. 1999. Experiencias en la implementación de un módulo silvopastoril en una unidad de producción de leche en Cuba. Primer Congreso Latino Americano de Agroforestería para la Producción Animal Sostenible. Cali, Colombia. 28 -30 de Octubre 1999.

Davies, A. 1988. The regrowth of grass swards. *In*: Jones M. B. and Lazenby A. (eds). The Grass Crop. Chapman and Hall. London; pp. 85-127.

- Dawson, J. E., S. T. Hatch. 2002. A world wide web key to the grass genera of Texas. S.M. Tracy Herbarium, Department of Rangeland Ecology and Management, Texas A&M University.
- Durand, J. L., Schäufele, R., Gastal, F. 1999. Grass leaf elongation rate as a function of developmental stage and temperature: Morphological analysis and modeling. *Annals of Botany* 83: 577-588.
- Enríquez Q., J., N. Meléndez., y E. Bolaños, A. 1999. Tecnología para la producción y manejo de forrajes tropicales en México. Libro Técnico Núm. 7. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Papaloapan. Veracruz, México. 262 p.
- Fales, S. L. 2007. Factors affecting forage quality. *In* Barnes, R. F., C. J. Nelson., K. J. Moore, and M. Collins. Forages the science of grassland agriculture. 6ª ed. Blackwell publishing. Iowa USA.
- Fernández, J. L. 2000. Efecto de la edad de rebrote en el rendimiento de *Brachiaria purpurascens* vc. Aguada en el Valle del Cauto en Cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 34(3): 267-272.
- Fisher, H. J., M. I. Rao, J. R. Thomas, and E. C. Lascano. 1996. Grassland in the well-waterred tropical lowlands. *In*: Hodgson J., and W. A. Illius. Eds. The ecology and management of grazing systems. CAB INTERNATIONAL. Wallinton, Oxon, UK.; pp. 393-425.
- Fortes D, R. Herrera S., M. García, A. Cruz M., A. Romero. 2012. Composición química de *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-115 utilizado como banco de biomasa. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 46(3): 321-329.
- García M., M. C., C. Brindley, E. Del Río, G. F. Acien, M. J. Fernández, and E. Molina. 2005. Modelling of growth and accumulation of carotenoids in *Haematococcus pluvialis* as a function of irradiance and nutrients supply. *Biochemical Engineering Journal* 26: 107-114.

- Gillet M. 1984. Las Gramíneas Forrajeras, descripción, funcionamiento, aplicaciones al cultivo de la hierba. Acribia, Zaragoza España; pp. 62-164.
- Gold, W. G. and Calwell, M. M. 1989. The effects of the spatial pattern of defoliation on regrowth of a tussock grass, responses. *Oecologia*. 80: 289-296.
- Guamanquispe, M. E. 2012. Evaluación de la productividad del pasto Maralfalfa (*Pennisetum* sp.), mediante dos tipos de multiplicación asexual y dos abonos orgánicos en Cunchibamba, provincia de Tungurahua. Universidad Estatal De Bolívar, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Guaranda, Ecuador. p.4.
- Hernández-Garay, A., J. Pérez P., y V. A. Hernández G., 1992. Crecimiento y rendimiento de alfalfa en respuesta a diferentes regímenes de cosecha. *Agrociencia*. 2:131-144.
- Hernández, I. 2000. Utilización de las leguminosas arbóreas *L. leucocephala*, *A. lebbek* y *B. purpurea* en sistemas silvopastoriles. Tesis de Doctorado en Ciencias Agropecuarias. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. 138 p.
- Herrera, R. S. 1984. Algunos factores que afectan la calidad de los pastos. *Revista Cubana Ciencias Agrícolas* 19: 223-231.
- Herrera R. S. y Y. Hernández. 1993. Respuesta de la bermuda cruzada a la fertilización nitrogenada y edad de rebrote. IX Residualidad de N. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 27(2): 231-238.
- Hodgson J. 1990. *Grazing Management. Science into Practice*. Longman Scientific & Technical. Harlow, England. 204 p.
- Hodgson, J., A. Bircham, L. Grant and J. King. 1981. The influence of cutting and grazing management on herbage growth and utilization. *In: Wright. C. E.*

- (Ed.) Plant Physiology and Herbage Production. The British Grassland Society. Ocasional Symposium No. 13:51.
- Huber, H., Luckacs, S. and Watson, M. S. 1999. Spatial structure of stoloniferous herbs: an interplant between structural blue-print, ontogeny and phenotypic plasticity. *Plant Ecology* 141: 107-115.
- Humphreys L. R. 1991. Tropical pasture utilization. Cambridge University Press. NY. 206 p.
- Hunt, W.F. and Field, T.R.O. 1979. Growth characteristics of perennial ryegrass. *Proceedings. New Zealand Grassland Association* 40: 104-114.
- Jensen, B. K., Waldron B. L., Asay K. H., Johnson D. A., Monaco T. A. 2003. Forage nutritional characteristics of orchard grass and perennial ryegrass at five irrigation levels. *Agronomy Journal* 95:668-675.
- Jiménez, M. A. y Martínez, H. P. A. 1984. Utilización de praderas. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 85 p.
- King, J., Lamb, W. I. and McGregor, M. T. 1979. Regrowth of ryegrass swards subject to different cutting regimes and stocking densities. *Grass, Forage Sci.* 34: 107-18.
- Lösch, R. 1995. Plant water relations. *In: Physiology, Progress in Botany.* Springer, Forlag, Berlin. 56: 55- 96.
- Messman, M. A., W. P. Weiss, and D. O. Erickson. 1991. Effect of nitrogen fertilization and maturity of bromegrass on in situ ruminal digestion kinetics of fiber. *Journal of Animal Science* 69: 1151-1161.
- Minson, D. J. 1990. Forraje in ruminant nutrition. Publisher Academic Press Inc. San Diego, CA, USA. 483 p.

- Moliterno, E. A. 2002. Variables básicas que definen el comportamiento productivo de mezclas forrajeras en su primer año. *Agrociencia* 6(1): 40-52.
- Moreno, G. M. 2013. Establecimiento de un cultivo de Maralfalfa en Tepatitlán Jalisco. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. p 3.
- Oelberg, K. 1956. Factors affecting the nutritive value of range forage. *Journal of Range Management* 220-224.
- Parson A. J., F. D. Chapman. 2000. The principles of pasture growth and utilization. *In* Hopkins, A. Grass: its production and utilization. Oxford Blackwell Science; pp. 31-89.
- Passioura, J. B. 1982. Water in the soil-plant atmosphere continuum. *In*: O. L. Lange, P. S. Nobel, C. B. Osmond, and H. Ziegler (eds.), *Physiological plant ecology II. Water relations and carbon assimilation*. Springer Verlag, New York. Vol. 12 B; pp. 5-33.
- Pearson, C. J. and Ison, R. L. 1987. *Agronomy of grassland systems*. Cambridge University Press. Great Britain. 169 p.
- Perreta, M. y Vegetti A. 1997. Formas de crecimiento y efectos del corte en gramíneas forrajeras. *Revista FAVE* 1, 2: 68-80.
- Ramírez Y., y J. Pérez. 2006. Efecto de la edad de corte sobre el rendimiento y composición química del pasto Maralfalfa (*Pennisetum* sp.). *Revista UNELLES Ciencia y Tecnología* 24: 57-62.

- Richards, J. H. 1993. Physiology of plants recovering from defoliation. In: Proceedings of the XVII International Grassland Congress. New Zealand and Australia; pp. 85-94.
- Robinson, D. 2005. Fertilización y utilización de nutrientes en campos forrajeros de corte, 1ª ed. INTA. Bogota, Colombia; pp 4,29.
- Rodríguez, J. M.; Lannes, M.; Chávez, J. L. 1976. Características nutritivas de los principales alimentos y aditivos utilizados en la alimentación de los animales. Fac. Ciencias Agrop. Universidad de La Habana. Cuba. 42 p.
- Rodríguez-Romero, N. R., O. A. Febres, y B. González. 2004. Efecto de la adición de urea sobre la composición química y la digestibilidad *in Vitro* de la materia seca de heno de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick cosechado a diferentes edades. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal 12(2): 52-58.
- Rojas, G. M. 1993. Fisiología Vegetal Aplicada. 4ª ed. Edit. Interamericana McGraw-Hill. México D. F. 275 p.
- Simpson, R. J. and Vulvenor, R. A. 1987. Photosynthesis, carbon partitioning and herbage yield. Temperate Pastures; pp. 113-114.
- Skerman P. J., G. D. Cameron, and F. Riveros. 1991. Leguminosas forrajeras tropicales. *In*: Colección FAO: Producción y Protección Vegetal (FAO 2) Roma, Italia. 707 p.
- Turner, N. C. and Begg, J. E., 1978. Responses of pasture plants to water deficits. *In*: J. R. Wilson (ed.), Plant Relations in Pastures. CSIRO, Melbourne, Vie.; pp. 50-66.
- Van Soest, P. J. 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant. 2a. ed. Comstock Publishing Associates, Ithaca, N. Y. USA. 488 p.

- Van Soest, P. J., B. J. Robertson, A. B. Lewis. 1994. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74: 3583-3597.
- Velasco Z., Ma. E., A. Hernández-Garay, V. González H., J.Pérez P., H. Vaquera H., A. Galvis S. 2001. Curva de crecimiento y acumulación estacional del pasto ovido (*Dactylis Glomerata* L.). *Técnica Pecuaria en México* 39(1): 1-14.
- Volenec, J. J. 1986. Nonstructural carbohydrate in stem base components of tall fescue during regrowth. *Crop Science* 26: 122-127.
- Watson, L. 1972. Smuts on grasses: Some general implications of the incidence of Ustilaginales on the genera Gramineae. *Quart. Rev. Bot.* 47: 46-62.
- Wilson, J. R. 1983. Effects of water stress on In Vitro dry matter digestibility and chemical composition of herbage of tropical pasture species. *Australian Journal of Agricultural Research* 34: 377-390.
- Yapes T., J. C., y F. Tamayo L. 2003. Establecimiento y manejo racional de praderas en el nordeste antioqueño. Primero y segundo curso teórico-prácticos sobre sistemas ganaderos sostenibles en el Nordeste Antioqueño. Corpoica, Colombia; pp. 25-65.

## CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE CRECIMIENTO DEL PASTO MARALFALFA (*Pennisetum* sp.) EN CLIMA CÁLIDO SUBHÚMEDO

### 3.1. RESUMEN

El objetivo de este experimento fue realizar un análisis crecimiento del pasto “Maralfalfa” (*Pennisetum* sp.) desde la siembra, para determinar el momento óptimo para su cosecha. La morfología de la planta (MP), tasa de crecimiento (TC), altura, radiación interceptada (RI), relación hoja/tallo (H:T), hoja/no hoja (H:NH) y la acumulación de biomasa aérea, se evaluaron a intervalos de 15 días, en un periodo de 180 días después de la siembra, a excepción de los dos primeros muestreos que fueron mensuales. Los datos se analizaron mediante el procedimiento GLM de SAS, bajo un diseño experimental de bloques al azar, con medidas repetidas en el tiempo, con tres repeticiones. La MP varió de manera significativa ( $P < 0.01$ ) a través de los diferentes estados fisiológicos. La máxima producción de biomasa aérea y TC se alcanzó a los 151 días después de la siembra con  $37,297 \text{ kg MS ha}^{-1}$  y  $247 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ , respectivamente. También se registró el mayor porcentaje de RI (97.4%), con una altura de 2.3 m aproximadamente. La producción de biomasa de tallos y la producción de material muerto del pasto Maralfalfa, están correlacionadas de manera positiva con el incremento en la edad de la planta. La máxima tasa de crecimiento, coincide con la máxima producción de hojas y de tallos, y con la mayor producción de biomasa total.

**Palabras clave:** *Pennisetum* sp., Crecimiento, Hoja, Tallo, Radiación interceptada, Altura.



### 3.2. ABSTRACT

The objective of this experiment was to conduct growth analysis on “Maralfalfa” grass (*Pennisetum* sp.) from planting to determine the optimal time to harvest. The plant morphology (MP), growth rate (TC), height, radiation interception (RI), leaf / stem ratio (H:T), leaf/no leaf (H:NH) and the biomass accumulation, were evaluated at intervals of 15 days during a 180 days period, except for the first two samples, that were sampled monthly. Data were analyzed using the GLM procedure of SAS, under an experimental design of randomized blocks, with repeated measures over time, with three replicates. The MP varied significantly ( $P < 0.01$ ) across different physiological states. The maximum biomass production and CT was reached at 151 d after planting with 37,297 kg DM ha<sup>-1</sup> and 247 kg DM ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, respectively. It also, recorded the highest percentage of RI (97.4), with a height of 2.3 m, approximately. Biomass production of stems and dead material production Maralfalfa grass are correlated positively with the increasing age of the plant. The maximum growth rate coincides with the maximum production of leaves and stems and increased production of total biomass.

**Key words:** *Pennisetum* sp., growth, Leaf, Stem, Intercepted radiation, height.

### 3.3. INTRODUCCIÓN

En México, la región tropical comprende aproximadamente 56 millones de hectáreas (28% del territorio nacional) (Hernández *et al.*, 2006; Calderon *et al.*, 2007); el 75% de dicha superficie se dedica a la ganadería, constituida en un 50% de agostaderos y praderas nativas, 25% de praderas inducidas y el resto son praderas introducidas; sin embargo, el índice de productividad es bajo, con un 35% y 16% de la carne y leche del país (Hernández *et al.*, 2006). Esta baja productividad, aunada a la competitiva y producción que hoy día existe en el sector agropecuario, obliga a los productores a realizar un uso más eficiente de los recursos naturales que poseen (Araya y Boschini, 2005).

Lo anterior implica incrementar la producción y rentabilidad de dichos sistemas por unidad de área por medio del aumento de la productividad, acción conocida como intensificación del proceso productivo (Araya y Boschini, 2005; Da Silva y Nascimento, 2006). En este aspecto, Da Silva y Nascimento (2006) señalan no tomar erróneamente intensificación como sinónimo de altas inversiones en recursos técnicas y equipo de última generación, fertilizantes e irrigación; ya que dichas acciones no aseguran por sí solas una mayor producción.

Para tal efecto, resulta factible el uso de especies forrajeras de corte como las gramíneas de la especie *Pennisetum purpureum* (Schum) que tienen como característica ser los de mayor potencial de crecimiento y producción de biomasa por unidad de superficie (Rosa y Silva, 1997; López y Enríquez, 2011), con variedades conocidas como los pastos Taiwán, Gigante o Elefante, King grass, Merkerón y Napier y los cultivares de reciente introducción al país como son el OM-22, el CT-115 y Maralfalfa; de los cuales varias fuentes, en su mayoría no oficiales, reportan rendimientos de forraje por hectárea, así como su calidad nutricional superiores a los encontrados en los cultivares de *P. purpureum* ya conocidos, lo que sugiere la necesidad de generar información científica que avale y de las bases necesarios para su adecuado manejo y utilización.

Los cultivares de la especie *P. purpureum* son de uso generalizado en el trópico, pero no existe una caracterización productiva que defina la producción promedio de los cultivares específicos (Araya y Boschini, 2005), para lo cual es necesario desarrollar una evaluación agronómica; sin embargo, de acuerdo con Enríquez y Romero (1999) la evaluación agronómica de especies forrajeras no se debe basar únicamente en la cosecha final del producto, ya que éste no permite conocer el efecto particular de los factores ambientales sobre la capacidad productiva de las plantas a lo largo de su ciclo biológico. Por eso, es de gran importancia describir su comportamiento fisiológico, la producción y la composición nutricional (Araya and Boschini, 2005). Por tal motivo, el análisis de crecimiento vegetal, puede constituir una herramienta de gran valor para conocer la formación y acumulación de biomasa, determinada por los factores internos de la planta y por el ambiente en que se desarrolla (Rodríguez y Larqué, 1988).

El crecimiento de los pastos involucra cuatro procesos primarios: la aparición de hojas, la aparición de tallos, la formación de tallos verdaderos y la aparición de raíces (Matthew *et al.*, 2001). El ambiente caracterizado por el suelo y el clima, tienen gran influencia en el crecimiento y desarrollo de las plantas y por lo tanto en su rendimiento; sin embargo, la disponibilidad de los recursos ambientales está supeditada a factores como tipo de suelo, altitud, vientos y decisiones de manejo agronómico (Valentine and Matthew, 1999). La luz y la temperatura afectan la tasa de crecimiento de las especies forrajeras así como la tasa y tiempo de desarrollo de los estados fenológicos (McKenzie *et al.*, 1999).

Por otra parte, la adquisición de recursos ambientales (luz, CO<sub>2</sub>, temperatura, precipitación), depende de la proporción de hoja, tallos y raíces de las plantas, que mediante los procesos fisiológicos de fotosíntesis, absorción de agua y nutrientes, crecimiento y desarrollo, determinan la productividad de los pastos y cultivos (Valentine and Matthew, 1999). Por ello, en el estudio de los patrones de crecimiento de los pastos, la composición morfológica, es decir, la proporción relativa de: hojas, tallos, material muerto y espigas presentes en el forraje que acumulan en el tiempo es de gran significado, no sólo en cuanto a la calidad del

forraje cosechado, sino por las implicaciones en la adquisición de dichos recursos y de manejo que de ella puede derivarse (Velasco *et al.*, 2002).

Hernández *et al.* (1990) argumentan que la producción total y estacional de forraje depende de la especie y sus interacciones con factores climatológicos, tales como precipitación, tasa de evaporación, temperatura, viento, horas e intensidad de la luz, entre otros. Siendo precisamente la temperatura y la humedad los dos factores que más determinan la producción a través del año (Da Silva *et al.*, 2005; Radulovich, 2000). La presente investigación se planteó con el objetivo de realizar un análisis de crecimiento del pasto “Maralfalfa” (*Pennisetum sp.*) desde su establecimiento hasta los 180 días después de la siembra.

### **3.4. MATERIALES Y MÉTODOS**

El experimento se efectuó en el Sitio Experimental “Papaloapan” del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en el municipio de Isla, Veracruz, localizado a los 18° 06' LN y los 95° 31' LO y altitud de 65 msnm. El clima, de acuerdo con la clasificación climática de Köppen modificada por García (1988), es  $Aw_0$ , el más seco de los cálidos subhúmedos, con lluvias en verano y una precipitación promedio de 1,000 mm, de la cual el 85% ocurre de junio a noviembre, la temperatura media anual es de 25.7 °C. El suelo es acrisol órtico, con textura franco arenosa, con pH de 4 a 4.7, pobre en materia orgánica, nitrógeno, calcio, potasio y contenidos medios a altos de fósforo y magnesio (Enríquez y Romero, 1999).

El experimento se sembró el 22 de julio del 2011 y las evaluaciones se hicieron del 24 de agosto del mismo año al 23 de enero del 2012. Se estableció en parcelas de 5 metros de ancho por 16 metros de largo, con tres repeticiones. La siembra se realizó con material vegetativo (tallos) el cual se sembró en líneas a cordón corrido con 4.33 puntos de germinación (nudos) por metro lineal con separación entre surcos de 0.50 m; lo que dio una densidad de 87,033 plantas por hectárea. Se

aplicó una dosis de fertilizante de 120-80-00 kg ha<sup>-1</sup> de N y P, respectivamente; la cual se dividió en dos aplicaciones (a los 43 y 112 días después de la siembra).

Se evaluaron diferentes estadios de crecimiento 30, 60, 75, 90, 105, 120, 135, 150, 165 y 180 días, después de la siembra [dds]), mediante muestreos destructivos; se cosecharon a ras de suelo y al azar dos transeptos de 1 m lineal por parcela por estadio de crecimiento. El material cosechado se pesó para obtener el peso fresco total del transepto y se tomó una submuestra del material cosechado, se pesó nuevamente en fresco y se secó en una estufa de aire forzado a 55 °C hasta peso constante, para obtener la materia seca producida.

Del material cosechado se tomó otra submuestra de dos plantas (tallos completos), las cuales se separaron en sus componentes hojas, tallos, inflorescencias y material muerto, se secaron en una estufa de aire forzado a 55 °C hasta peso constante y pesaron, para así obtener la proporción de cada componente. La relación hoja/tallo (H:T) y hoja/no hoja (H:NH), se estimó para cada edad de crecimiento, al dividir la biomasa total de hojas, entre la biomasa total de tallos por planta. Para el caso de la relación hoja/no hoja, la materia seca total de hojas, se dividió entre la sumatoria de la materia seca total de tallos, inflorescencias y material muerto.

Con los datos de rendimiento de forraje por corte se calculó la tasa de crecimiento (TC) mediante la siguiente fórmula:

$$TC = FC/t$$

Donde:

FC = Forraje cosechado (kg MS ha<sup>-1</sup>) y

t = días transcurridos entre un corte y el siguiente.

Se tomaron cinco lecturas al azar de la radiación interceptada para cada edad de desarrollo en cada parcela con una regla graduada de 1 m y 1 cm de precisión,

colocándola a nivel del suelo y en posición perpendicular a los surcos. Las lecturas se realizan aproximadamente a las 12:00 h (con la finalidad de estimar o captar la energía de los rayos solares en posición perpendicular al cultivo). Para ello se asume que la luz incidente sobre la regla es la que escapa a la intercepción por el cultivo y la sombra proyectada sobre la regla corresponde a la radiación interceptada por el dosel vegetal.

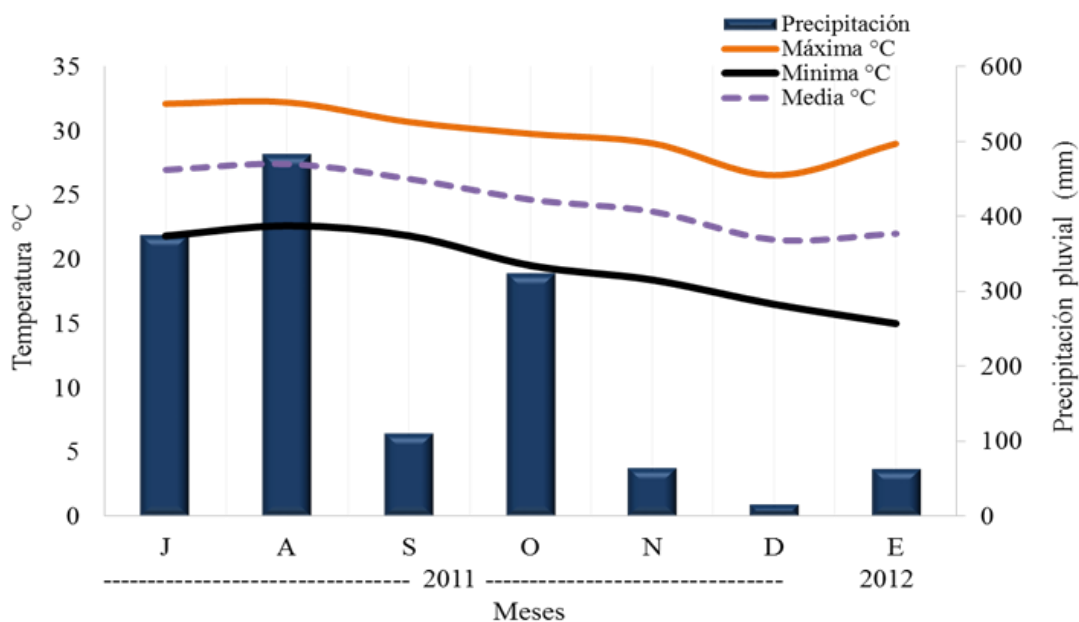
Para estimar cobertura se utilizó un cuadro de 1 m<sup>2</sup>, el cual representa el 100% de la superficie y el porcentaje de forraje contenido en él, se expresa como la proporción que cubria de dicho cuadro. Se realizaron cinco mediciones por parcela en cada etapa de crecimiento. Al igual, para medir la altura de la pradera se efectuaron cinco mediciones aleatorias en cada unidad experimental colocando la regla en el suelo y se registró la altura cuando se tuvo el punto de contacto con la hoja mas joven.

Los datos se analizaron los procedimientos GLM de SAS (2002), en un diseño experimental de bloques al azar con medidas repetidas, con 10 tratamientos (correspondientes a los estadios de crecimiento) con tres repeticiones y un análisis de regresión para cada variable, con el objetivo de describir la tendencia, a partir de seleccionar el mejor modelo, de acuerdo con el coeficiente de determinación y con el grado de significancia del modelo.

### **3.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La precipitación anual registrada para el 2011 fue de 1,602 mm y para el periodo de evaluación (julio-enero) se tuvo el 89% (1,434 mm; Figura 3.1); ambas superiores al promedio de la localidad reportado por García (1988); y de acuerdo con Paretas (1990), por encima de lo requerido por la especie, ya que plantea que *Pennisetum purpureum* requiere altas temperaturas y precipitaciones anuales no menores de 1,000 mm. También hubo un ligero incremento en la temperatura media anual (de 25.7 a 26.0 °C); no así para el periodo de muestreo, cuyo

promedio fue de 25.0 °C, ligeramente por debajo de la media anual reportada; incluso insuficiente (al menos para los meses de diciembre y enero) para que la especie manifieste su mejor crecimiento, ya que Ferraris, (2004) argumenta que su desarrollo óptimo ocurre a temperaturas de 30 a 35°C.



**Figura 3.1. Comportamiento de la precipitación pluvial, temperatura máxima y temperatura mínima mensual durante el periodo experimental en el Sitio Experimental Papaloapan, Isla, Veracruz.**

La morfología de la planta varió de manera significativa ( $P < 0.01$ ) en los diferentes estadios fenológicos. Los modelos de regresión y los coeficientes de determinación fueron, en general, altos con valores de  $R^2 > 0.85$ , para cada una de las variables estudiadas (Figura 3.2).

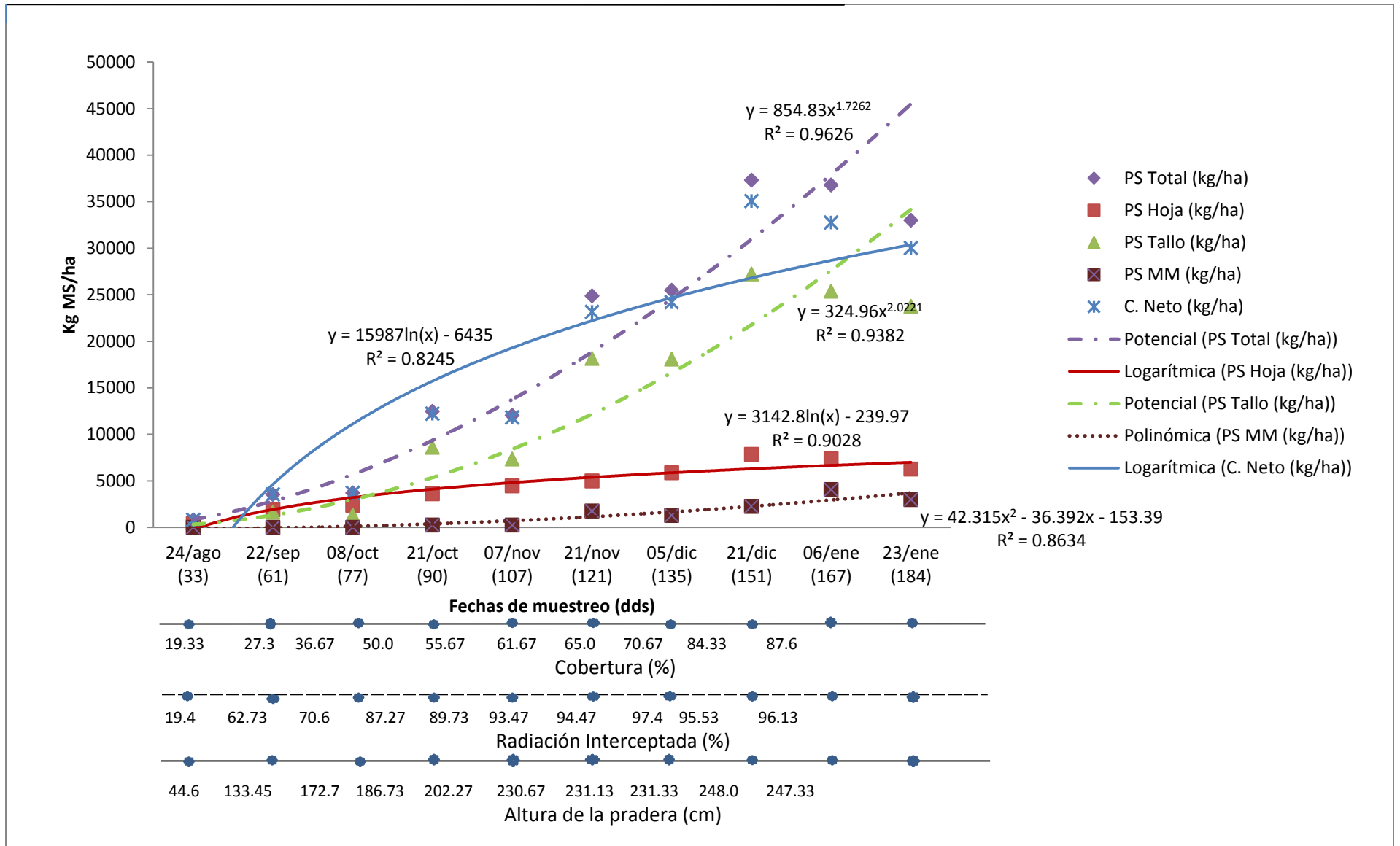
La biomasa de tallos y la biomasa de material muerto, están correlacionados de manera positiva ( $P < 0.01$ ), con el incremento en la edad de la planta (Figura 3.2). Las pérdidas de biomasa total por senescencia y descomposición aumentaron

conforme se incrementó la madurez de la planta, aunque no de manera significativa, lo que propicia que el modelo que mejor se ajusta para dichas variables (biomasa total, hoja y tallo) sea un modelo potencial; sin embargo, dicha producción de biomasa aérea comienza a declinar a los 167 días después de la siembra (semana 24), algunos investigadores como Sheath y Bircham, (1983); Hodgson, (1990); Hernández *et al*, (1999), sugieren que este fenómeno inicia, cuando la tasa de senescencia y descomposición, superan a la tasa de producción de hojas.

La dinámica de crecimiento de los componentes morfológicos (hoja, tallo y material muerto; Figura 3.2) del pasto Maralfalfa, mostró para hoja y tallo un incremento constante hasta los 151 dds, lo cual coincide con el 97% de intercepción luminosa y una cobertura de 70%. Posterior a ello, la contribución de hoja y tallo al rendimiento tiende a disminuir y el porcentaje de material muerto a incrementarse considerablemente. Esta tendencia con sus variantes, pero inevitables estados fenológicos, coincide con lo indicado por Bircham y Hodgson, (1983); Chapman y Lemaire, (1993), quienes al estudiar la dinámica de crecimiento en pastos de clima templado, observaron que la acumulación neta de forraje se reduce, una vez que la planta alcanza el índice de área foliar óptimo, momento a partir del cual, el sombreado en las capas inferiores del dosel se incrementa, y en consecuencia, la senescencia es mayor que el crecimiento.

La máxima producción de hojas se alcanzó a los 151 dds (21.5 semanas); a partir de este momento la proporción de hojas disminuye (Figura 3.2), conforme las hojas de estratos inferiores senescen, debido a que se encuentran por debajo del punto de compensación de luz (Chapman y Lemaire, 1993). Al respecto, Azumí y Watanabe (1991), indicaron que la senescencia en hojas, se presenta debido a una pérdida gradual en la actividad fotosintética, que conduce a una degeneración y muerte de tejido, no sólo por efecto de la edad, sino también por efecto de las condiciones ambientales y de manejo.



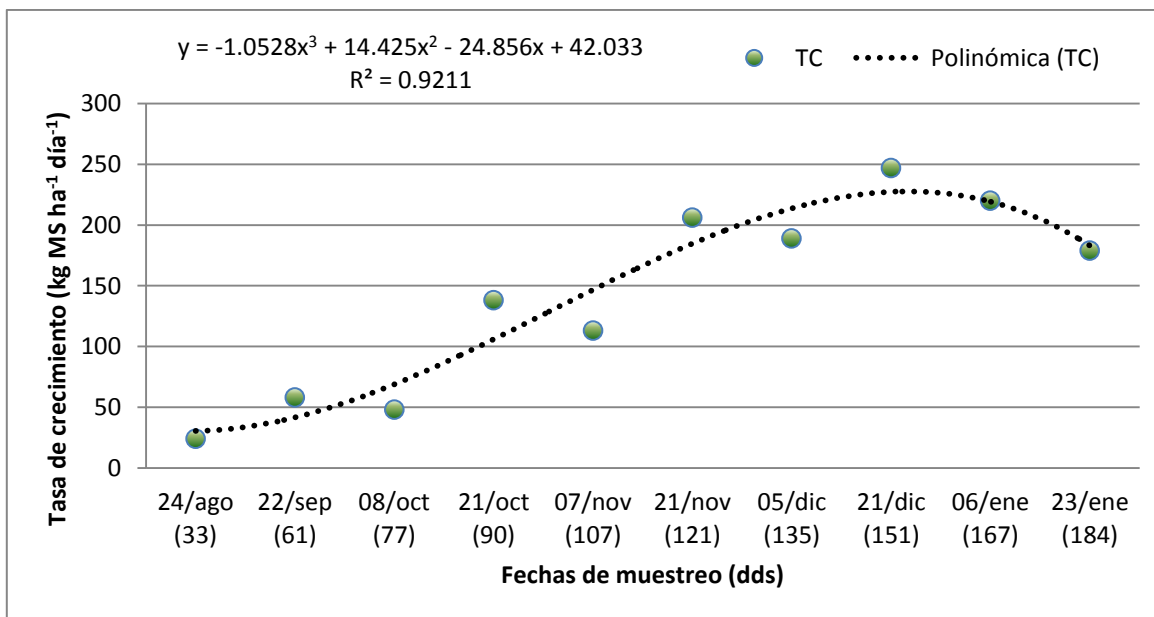


**Figura 3.2. Dinámica de acumulación de forraje total, por componente morfológico, altura de la planta, radiación interceptada y porcentaje de cobertura del pasto Maralfalfa.**

La tasa de crecimiento del pasto Maralfalfa, se caracterizó por presentar un incremento constante, desde la germinación hasta obtener un máximo alrededor de los 151 días (Figura 3.3); decreciendo a partir de dicho momento. Beltrán *et al.* (2005) encontraron que la mayor tasa de crecimiento está relacionada con la mayor cantidad de raíz, y que disminuye como resultado del incremento gradual en la tasa de senescencia y la reducción en la tasa de fotosíntesis neta por unidad de superficie.

La producción primaria de los pastos depende de la captación fotosintética de CO<sub>2</sub> y de la síntesis de fotoasimilados, para el crecimiento de las plantas. La distribución de los fotoasimilados no sólo determina la eficiencia de utilización de los mismos; sino también, la magnitud de la inversión en el proceso de crecimiento (Pérez *et al.*, 2004). La cantidad y calidad del forraje producido por los pastos están, en gran medida, influenciadas por la morfología de la planta, y es por ello que, el desarrollo morfológico de las plantas forrajeras perennes constituye un factor a considerar en la adopción de prácticas adecuadas en el manejo del potrero (Moore y Hatfield, 1994).

La curva ajustada de la tasa de crecimiento, presenta un comportamiento de tipo polinomial de tercer grado, debido a la nula diferencia significativa entre el punto máximo de crecimiento y el inicio de la senescencia; sin embargo, el máximo valor de la tasa de crecimiento (247 kg MS ha<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>; Figura 3.3) se obtiene alrededor de la semana 21.5, a partir de la cual comienza a descender y este fenómeno coincide con la disminución en la cantidad de biomasa de hoja (Figura 3.2), por lo que sería recomendable, realizar el primer corte en la pradera en este punto.

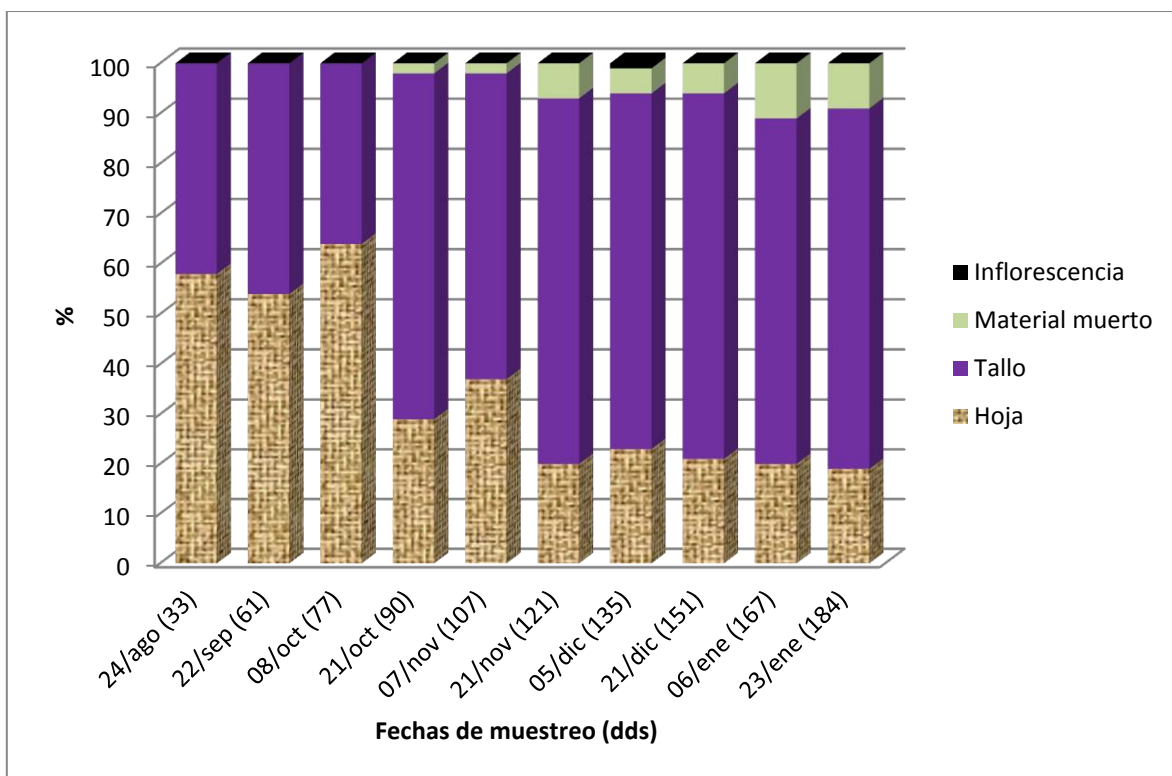


**Figura 3.3. Cambios en la tasa de crecimiento, a través del tiempo, del pasto Maralfalfa.**

La recomendación anterior puede verse reforzada con las aseveraciones siguientes; debido a que la etapa morfológica y fisiológica, en la que se encuentra la planta forrajera al momento de la primera cosecha, es de suma importancia, debido a que de esto dependerá la persistencia y el vigor de rebrotes ulteriores (Pérez *et al.*, 2004); ya que la remoción del meristemo apical favorecerá la disminución de carbohidratos no estructurales, considerados como la fuente primaria de reserva energética para el rebrote (Anderson y Matches, 1983; Anderson *et al.*, 1989).

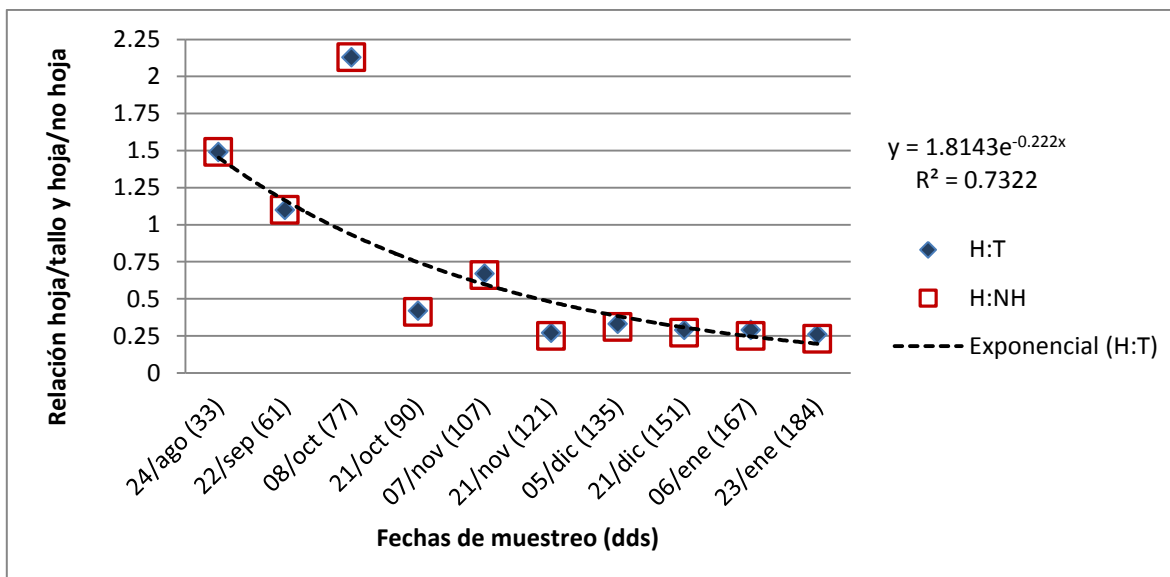
En las etapas tempranas (75 dds) la hoja contribuyó con más de 50% al rendimiento total (Figura 3.4). Posteriormente, se incrementó el porcentaje de tallo y material muerto y disminuyó la aportación de hoja al rendimiento total. Lo anterior difiere de otros pastos tropicales, principalmente aquellos de hábito de crecimiento rastroso o semi-erecto de acuerdo a lo reportado por Pérez *et al.*, (2004); quienes en un análisis de crecimiento de *Brachiaria* híbrido cv Mulato, encontró una rápida acumulación de material muerto a partir de la cuarta semana de crecimiento. En este sentido, se ha señalado que el tamaño relativo de los

diferentes órganos, para la asimilación de recursos y almacenamiento de reservas (hoja, tallo, vaina y raíz), son los principales componentes que determinan los cambios estructurales en la pradera y el momento fisiológico óptimo para el primer aprovechamiento (Lemaire, 2001).



**Figura 3.4. Composición morfológica del pasto Maralfalfa a diferentes edades de cosecha.**

La relación hoja/tallo y hoja/no hoja, tiende a disminuir conforme se incrementa la madurez del pasto (Figura 3.5), tal como lo mencionan algunos investigadores (Bircham y Hodgson, 1983; Hernández *et al.*, 1997; Velasco *et al.*, 2002). Esto sucede a consecuencia de un aumento en la biomasa de tallos y material muerto.



**Figura 3.5. Cambios a través del tiempo en la relación hoja/tallo y hoja/no hoja del pasto Maralfalfa.**

Cabe mencionar que la relación H:T disminuyó progresivamente conforme transcurrió la edad de crecimiento (de 2.13 a 0.26). Caso similar a la relación H:NH. El promedio de la relación H:T del periodo de evaluación fue de 0.73, superior a los *P. purpureum* evaluados por Araya y Boschini, (2005), quienes en un experimento similar con evaluaciones cada 14 días en un periodo de 70 a 140 días de rebrote, obtuvieron para los pastos Taiwán, King grass, Gigante y Camerún una relación de 0.65, 0.62, 0.54 y 0.65, respectivamente. Por otra parte, mientras mayor es la altura de la planta, mayor es la proporción de hojas sombreadas. La altura de la planta, presenta una correlación negativa con la biomasa foliar al incrementarse la altura de la planta (Figura 3.2). La biomasa foliar disminuyó al incrementarse la altura de la planta. Resultados semejantes, fueron publicados por Anten y Hirose (1999), quienes encontraron una correlación negativa entre la altura del tallo y el área foliar específica por efecto de competencia por luz.

Da Silva y Hernandez, (2010) argumentan que el punto óptimo para cosechar una gramínea tropical es cuando alcanza el 95% de Intercepción luminosa, ya que es cuando se obtiene la mayor aportación de hojas al rendimiento y es por lo tanto, el punto óptimo de crecimiento y se evita la acumulación de material muerto; sin embargo, esta premisa la han aplicado para praderas ya establecidas y/o sometidas a diferentes intervalos de cosecha; para el caso de este experimento, donde se evaluó el crecimiento desde el la siembra del pasto Maralfalfa, se encontró que la mayor biomasa acumulada total y la mayor tasa de crecimiento (Figura 3.2 y Figura 3.4) se obtuvieron en la misma fecha y se dio cuando la RI fue de 97.4% (a los 151 dds); lo que coincide con Oquendo, (2002) quien reporta para *P. purpureum* un periodo de establecimiento de 5 meses. Al respecto, Bullock *et al*, (1988) indicaron que la hoja y sus rasgos característicos, son importantes en la asimilación del carbono, las relaciones hídricas y el equilibrio energético de la planta y, es por esto, que la velocidad de crecimiento del cultivo, está en relación directa con la cantidad de radiación interceptada por el mismo.

Para fines prácticos Da Silva y Hernández, (2010), señalan que existe una correlación positiva entre la RI y la altura de la pradera; para efecto del experimento la altura encontrada a los 97.4% de Intercepción luminosa fue de aproximadamente 2.3 m.

### 3.7. CONCLUSIONES

La producción de biomasa de tallos y la producción de material muerto del pasto Maralfalfa, están correlacionadas de manera positiva con el incremento en la edad de la planta. La máxima tasa de crecimiento, coincide con la máxima producción de hojas y de tallos y con la mayor producción de biomasa total; todos ocurren cuando se tiene un 97.4% de intercepción luminosa y una altura de aproximadamente 2.3 m en la pradera, alrededor de los 150 días después de la siembra.

Respecto a los patrones de crecimiento, en condiciones similares a las que se realizó esta investigación y considerando los indicadores estudiados, en especial la acumulación de biomasa y el comportamiento de la tasa de crecimiento, los resultados sugieren que la fase de establecimiento para *Pennisetum sp. cv.* Maralfalfa debe ser de 5 meses posteriores a la siembra para obtener una máxima producción de biomasa al momento de efectuar el corte del primer aprovechamiento.

### 3.7. LITERATURA CITADA

- Anderson B, Matches AG. 1983. Forage yield, quality, and persistence of Switchgrass and caucasian bluestem. *Agron J.* 75:119-124.
- Anderson B, Matches AG, Nelson CJ. 1989. Carbohydrate reserves and tillering of Switchgrass following clipping. *Agron J.* 81:13-16.
- Anten NPR, Hirose T. 1999. Interspecific differences in above-ground growth patterns result in spatial and temporal partitioning of light among species in a tall-grass meadow. *Journal of Ecology* 87:583-597.
- Araya MM, Boschini FC. 2005. Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de *Pennisetum purpureum* en la meseta central de Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana* 16(1):37-43.
- Azumí Y, Watanabe A. 1991. Evidence for a senescence-associated gene induced by darkness. *Plant Physiology* 95:577-583.
- Beltrán LS, Hernández GA, García ME, Pérez PJ, Kohashi SJ, Herrera HJG, Quero CAR y González MSS. 2005. Efecto de la altura y frecuencia de corte en el crecimiento y rendimiento del pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris*) en un invernadero. *Agrociencia* 39(2):137-147.
- Bircham JD, Hodgson J. 1983. The influence of sward conditions on rates of herbage growth and senescence in mixed swards under continuous grazing management. *Grass Forage Science* 38:323-331.
- Bullock DG, Nielsen RL, Nyquist WE. 1988. A growth analysis of corn grown in conventional and equidistant plant spacing. *Crop Science* 28:254-258.
- Calderón RRC, Hernández VJO, Olazarán JS, Ramírez GJJM, Rosete FJV, Ríos UA, Galaviz RJR, Vega MVE, Castañeda MOG, Aguilar BU, Lagunes LJ. 2007. Manual ilustrado para el manejo de la lechería tropical especializada



con bovinos. Libro Técnico (18). Sitio Experimental Las Margaritas. Campo Experimental La Posta. INIFAP. CIRGOC. Puebla, México. 133 p.

Chapman DF, Lemaire G. 1993. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. *In* Proceedings of the XVII International Grassland Congress. Palmerston, New Zealand. SIR Publ., Wellington, New Zealand. pp. 95-104.

Da Silva CS, Nascimento JD. 2006. Ecofisiologia de Plantas Forrageiras. *In*: Pereira OG, Obeid JA, Do Nascimento JD, Fonseca DM (Eds.). Anais do III Simposio sobre Manejo Estrategico da Pastagem. UFV. Viçosa. Brasil. pp. 1-42.

Da Silva SC, Hernández GA. 2010. Manejo Del pastoreo en praderas tropicales. *In*: Los Forrajes y su Impacto en el Trópico. Velasco ME (ed). UNACH, Chiapas, México. pp. 63-95.

Da Silva SC, Carvalho PC de F. 2005. Foraging behavior and herbage intake *In* the favourable tropics/sub-tropics. XX International Grassland Congress-Grassland a Global Resource. University College. Dublin, Ireland. pp. 81-95.

Enríquez, QJF, Romero MJ. 1999. Tasa de crecimiento estacional a diferentes edades de rebrote de 16 ecotipos de *Brachiariaspp.* en Isla, Veracruz. *Agrociencia* 33(2):141-148.

Ferraris R. 2004. The effect of photoperiod and temperatura on the first crop and ratoon growth of *Pennisetum purpureum*Schum. *In*: Moser LE, Burson BL, Sollenberger LE. Warm-Season (C4) Grasses.American Society of Agronomy, Inc. Wisconsin, USA. 1171 p.

García E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koppen. (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana) 4ª ed. Instituto de Geografía, UNAM; México D. F. 217 p.

- Hernández T, Valles B, Castillo E. 1990. Evaluación de gramíneas y leguminosas forrajeras en Veracruz, México. *Pasturas Tropicales* 12(3): 29-33.
- Hernández GA, Matthew C, Hodgson J. 1999. Tiller size/density compensation in perennial ryegrass miniature swards subject to differing defoliation heights and a proposed productivity index. *Grass and Forage Science* 54:347-356.
- Hernández GA, Hodgson J, Matthew C. 1997. Effect of spring grazing management on perennial ryegrass and ryegrass-white clover pastures. 1. Tissue turnover and herbage accumulation. *New Zealand of Agricultural Research* 40:25-35.
- Hernández GA, Ramírez RO, Pérez PJ. 2006. Producción y manejo de praderas tropicales. III Simposio Internacional en Producción Animal. Acapulco, Guerrero, México. pp. 54-63.
- Hodgson J. 1990. *Grazing Management. Science into Practice*. Harlow, England. Longman Scientific & Technical. 204 p.
- Lemaire G. 2001. Ecophysiology of grasslands: dynamic aspects of forage plant populations In grazed swards. Teme I. Ecophysiology of Grasslands (Invited conferences) *In Proceedings of the XIX International Grassland Congress*. Brazilian Society of Animal Husbandry. São Pedro, São Paulo, Brazil. pp. 19-27.
- López GI, Enríquez QJF. 2011. Programa Estratégico para el Desarrollo Rural Sustentable de la Región Sur-Sureste de México: Trópico Húmedo. Paquete Tecnológico Zacate *Pennisetumpurpureum*: Establecimiento y Producción. CIRGOC. Campo Experimental "La Posta". INIFAP. Veracruz. pp. 1-7.
- Matthew C, Van Loo EN, Thom ER, Dawson LA, Care DA. 2001. Understanding shot and root development. In: Proc. XIX Internatl. Grassland

- Congress. Brazilian Soc. Animal Husbandry. Sao Pedro, Sao Paulo, Brazil. pp. 19-27.
- McKenzie BA, Kemp PD, Moot DJ, Mathew C, Lucas RJ. 1999. Environmental effects on plant growth and development. In: White J, Hodgson J. (ed.). New Zealand Pasture and Crop Science. Auckland, N.Z. Oxford University Press. 323 p.
- Moore KJ, Hatfiel RD. 1994. Carbohydrates and forage quality In: Fahey GC (ed.) Forage quality, evaluation, and utilization. Madison, Wisconsin, USA. pp. 229-280.
- Oquendo G. 2002. Fomento y explotación de pastos y forrajes. MINAG. Cuba. 320 p.
- Paretas JJ. 1990. Ecosistemas y regionalización de los pastos en Cuba. Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes. MINAGRI. 178 p.
- Pérez AJA, García ME, Enríquez QJF, Quero CAR, Pérez PJ, Hernández GA. 2004. Análisis de Crecimiento, Área Foliar Específica y Concentración de Nitrógeno en hojas de pasto "Mulato" (*Brachiaria híbrido cv.*). Tec. Pec. México 42(3):447-458.
- Radulovich R. 2000. Sequential cropping as a function of water in a seasonal tropical region. Agronomy Journal 92: 860-867.
- Rodríguez ZC, Larqué SA. 1988. Análisis de crecimiento y tasa de uso de agua en cuatro cultivares de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*). Agrociencia 71:401-416.
- Rosa B, Silva SRC. 1997. Efeito das épocas de diferimento na produção e composição química do capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum. cv. Cameroon). Anais das Escolas de Agronomia e Veterinaria. Goiania, Universidade Federal de Goias 27(2):109-115.

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

Sheath GW, Bircham JS. 1983. Grazing management in hill country: pasture production. Proceedings of the Ruakura Farmer's Conference 35: 41-45.

Valentine I, Matthew C. 1999. Plant growth, development and yield. In: White J, Hodgson J. (ed.). New Zealand Pasture and Crop Science. Auckland, N.Z. Oxford University Press. 323 p.

Velasco ZME, Hernández-Garay A, González-Hernández VA, Pérez PJ, Vaquera HH. 2002. Curvas estacionales de crecimiento del ballico perenne. Revista Fitotecnia Mexicana 25(1): 97-106.

## CAPÍTULO 4. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA MATERIA SECA DEL ZACATE “MARALFALFA” (*Pennisetum* sp.) A DIFERENTES EDADES DE LAS PLANTAS

### 4.1. RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar la calidad nutrimental de planta completa, hojas y tallos del zacate Maralfalfa (*Pennisetum* sp.) a los 30, 60, 75, 90, 105, 120, 135, 150, 165 y 180 días después de la siembra. Se determinó el contenido de cenizas (Ce), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (D/VMS). Las parcelas se sembraron con material vegetativo en el Sitio Experimental Papaloapan del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), de Isla Veracruz, en el 2011. Los datos obtenidos se analizaron mediante el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS bajo un diseño experimental de bloques al azar, con arreglo en parcelas divididas, con tres repeticiones. En planta completa el contenido de PC, Ce y D/VMS disminuyeron de 89 a 32, de 143 a 60 y de 833 a 498 g kg<sup>-1</sup> MS, respectivamente; mientras que la FDN y FDA se incrementaron de 684 a 796 y de 400 a 588 g kg<sup>-1</sup> MS, respectivamente, para 30 y 180 días de edad de cosecha. En hoja la PC, Ce y D/VMS disminuyeron de 161 a 72, de 121 a 94 y de 871 a 510 g kg<sup>-1</sup> MS y la FDN y FDA aumentaron de 678 a 769 y de 332 a 499 g kg<sup>-1</sup> MS, mientras que en tallo la PC, Ce y D/VMS se redujeron de 97 a 20, de 145 a 36, y de 793 a 421 g kg<sup>-1</sup> MS, y el contenido de FDN y FDA se incrementó de 703 a 853 y de 383 a 604 g kg<sup>-1</sup> MS. En conclusión el contenido de PC, D/VMS y cenizas disminuyeron conforme aumentó la edad de la planta; en contraste el porcentaje de FDN y FDA incrementaron al aumentar la edad de la planta.

**Palabra clave:** *Pennisetum* sp., edad de las plantas, composición química.

## 4.2. ABSTRACT

The objective of this study was to determine the chemical composition of total plant, leaves and stems of Maralfalfa grass (*Pennisetum* sp.) at 30, 60, 75, 90, 105, 120, 135, 150, 165 and 180 days after planting. The content of ash, crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) and *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD) were determined. The experimental plots were established with vegetative material at the Papaloapan research Site of the Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), located in Isla, Veracruz, during 2011. The data set was analyzed using GLM procedure of SAS and statistical model was a randomized complete block design, in split plots arrangement with three replicates. Crude protein, ash and IVDMD decreased from 89 to 32, from 143 to 60 and from 833 to 498 g kg<sup>-1</sup> DM, respectively; whereas NDF and ADF increased from 684 to 796 and from 400 to 588 g kg<sup>-1</sup> DM, respectively to 30 and 180 days of harvesting time. Crude protein, ash and IVDMD in leaves decreased from 161 to 72, from 121 to 94 and from 871 to 510 g kg<sup>-1</sup> DM, while NDF and ADF increased from 678 to 769 and from 332 to 499 g kg<sup>-1</sup> DM. In stem, CP, ash and IVDMD decreased from 97 to 20, from 145 to 36, and from 793 to 421 g kg<sup>-1</sup> DM, whereas NDF and ADF increased from 703 to 853 and from 383 to 604 g kg<sup>-1</sup> DM. In conclusion, CP, ash and IVDMD decreased as increased the harvesting time; in contrast NDF and ADF increased as the plant maturity progressed.

**Key words:** *Pennisetum* sp, plant age, chemical composition.

### **4.3. INTRODUCCIÓN**

Maralfalfa (*Pennisetum* sp.) es una gramínea forrajera de importancia en muchos sistemas pastoriles de México. En los últimos años, se siembra para corte y se cosecha a diferentes edades de las plantas a falta de información precisa sobre la composición química de la materia seca acumulada. Por lo que es necesario determinar la composición química de la materia seca de esta gramínea (Márquez *et al.*, 2007) para conocer el aporte de nutrimentos a las dieta del ganado bovino (Fortes *et al.*, 2012). La composición química de la materia seca de las plantas forrajeras cambia con la edad de las plantas y es modificada por factores ambientales (Bernal, 1991). Investigaciones realizadas en pasto Maralfalfa (*Pennisetum* sp) revelan que los factores que ejerce mayor influencia sobre la composición química de la materia seca son la edad de las plantas y su composición morfológica (Correa *et al.*, 2004; Cruz, 2008). Al respecto, Cruz (2008) reportó valores de la composición de la materia seca del pasto Maralfalfa para las edades de 30, 75, 105 y 135 días, el contenido de proteína cruda fue de 17.2, 15.3, 14 y 13.3%, respectivamente; la fibra cruda se incrementó de 31 a 35.7%; el extrato estéreo varió de 2 a 1.8% y el contenido de cenizas disminuyó de 18.5 a 15.8%. El objetivo de este estudio fue determinar la composición química de la materia seca de planta completa, hojas y tallos del zacate Maralfalfa a diferentes edades de cosecha.

### **4.4. MATERIALES Y MÉTODOS**

Las parcelas experimentales se establecieron en el Sitio Experimental “Papaloapan” del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), localizado en el municipio de Isla Veracruz, en las coordenadas 18° 02’ latitud norte y 95° 32’ longitud oeste, a una altitud de 65 msnm. El clima del lugar es cálido subhúmedo, el más seco de los subhúmedos cálidos ( $Aw_0$ ), con lluvias en verano, temperatura media anual de 25.7 °C, y precipitación media de 1,000 mm (García, 1988). Con tres temporadas bien

definidas: secas, lluvias y nortes. El suelo es acrisol-órtico con textura franco arenosa, con pH de 4.0 a 4.7, pobre en materia orgánica, nitrógeno, calcio, potasio, magnesio y contenidos de fósforo de medios a altos (Enríquez y Romero, 1999).

*Pennisetum* sp. fue sembrado el 22 de julio de 2011 y las evaluaciones se hicieron del 24 de agosto del mismo año al 23 de enero de 2012. Se establecieron parcelas de 5 m de ancho por 16 m de largo, con tres repeticiones. La siembra se realizó con material vegetativo (tallos) los cuales se sembraron en líneas a cordón corrido con separación entre surcos de 0.5 m. Se aplicó una dosis de fertilizante de 120-80-00 kg/ha de N y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente, la cual se dividió en dos aplicaciones, a los 43 y 112 días después de las siembra.

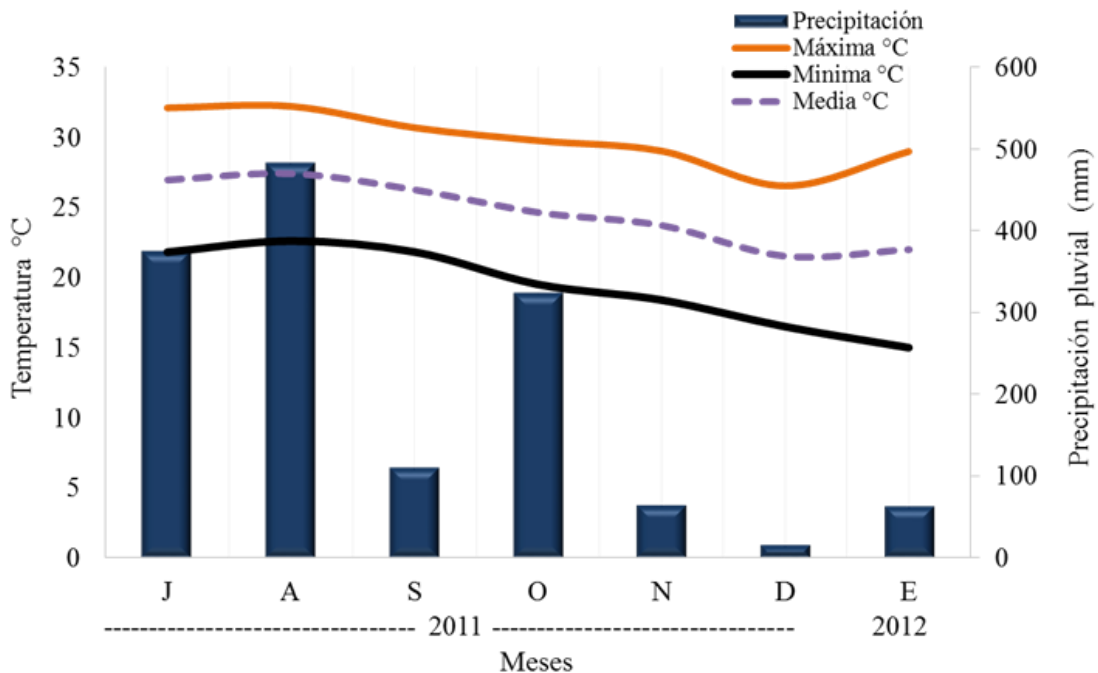
Las muestras de *Pennisetum* sp. fueron obtenidas mediante muestreo destructivo; se cortó a ras de suelo un transepto 1 m lineal distribuidos al azar en cada parcela, se realizaron a los 30, 60, 75, 90, 105, 120, 135, 150, 165 y 180 días después de la siembra. El material cosechado fue pesado, posteriormente se tomó una submuestra y se separaron los componentes (hojas y tallos) y se pesaron. Las muestras se secaron en estufa de aire forzado a 55 °C hasta obtener peso constante, posteriormente se molieron a 1 mm en un molino (Thomas Wiley® Mini-Mill). Una muestra de hoja, tallo y planta completa obtenida de cada muestreo fue usada para determinar el contenido de materia seca (MS), ceniza (Ce), proteína cruda (PC) y extracto etéreo (EE) (AOAC, 1995); fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) (Van Soest and Roberson, 1991). La digestibilidad *in vitro* de la materia seca (D/VMS), se determinó por diferencia entre la materia seca inicial antes de la digestión y la final después de la digestión. El análisis de la composición de la materia seca se realizó en el Laboratorio de Nutrición Animal del Departamento de Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo.

Los datos obtenidos se analizaron mediante el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS, (2002) bajo un diseño de bloques completos al azar, con arreglo en parcelas divididas y tres repeticiones.



#### 4.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La temperatura y precipitación pluvial ocurridas durante el periodo experimental se muestran en la Figura 4.1. La precipitación pluvial fue de 1434 mm, superior a la precipitación anual de la localidad reportada por García (1988) y mayor al mínimo requerido para la el pasto Maralfalfa, que es de 1000 mm (Paretas, 1990); la temperatura media del periodo que duró el experimento fue de 25 °C, durante los meses de julio a noviembre se presentaron las temperaturas más adecuadas para el crecimiento del pasto, mientras que en diciembre y enero fueron ligeramente menores, ya que el pasto Maralfalfa requiere temperaturas de 30 a 35 °C para su crecimiento óptimo (Ferraris, 2004).



**Figura 4.1. Precipitación pluvial y temperatura en el Sitio Experimental Papaloapan, Isla, Veracruz durante el periodo experimental.**

La contenido de MS en el forraje verde del pasto Maralfalfa se incrementó ( $P<0.05$ ) conforme se aumentó la edad de las plantas tanto en planta completa como en hoja y tallo (Cuadros 4.1; 4.2; 4.3); los menores contenidos de materia seca se presentaron en los primeros 75 días de edad de cosecha y los contenidos más altos en plantas de 150 a 180 días de edad de cosecha. Estos datos son similares a los reportados por Araya y Boschini (2005) en *Pennisetum purpureum*, en las variedades Taiwán, King grass, Elefante, Elefante enano y Camerún, y por Cruz (2008) en pasto Maralfalfa. En los cuales se observa que las hojas tienen mayor contenido de materia seca que el tallo y planta completa.

El contenido de cenizas disminuyó ( $P<0.05$ ) con la edad de cosecha, en planta completa, tallo y hoja (Cuadros 4.1; 4.2 y 4.3). En planta completa varió de 143.4 a 60.1 g kg<sup>-1</sup> MS, en tallo disminuyó de 145 a 36.1 g kg<sup>-1</sup> MS, y en hoja varió de 120.64 a 71.76 g kg<sup>-1</sup> MS. Estos valores son inferiores a los reportados por Araya y Boschini (2005) en las variedades Taiwán, King grass, Elefante, Elefante enano y Camerún de *P. purpureum* y Cruz (2008) en pasto Maralfalfa.

El contenido de EE en las hojas, tallo y planta completa disminuyó ( $P<0.05$ ) al madurar la planta; en las hojas se encontraron valores más altos que en tallo y planta completa (Cuadros 4.1; 4.2; 4.3) durante los 180 días de evaluación. En hoja los valores variaron de 39.2 a 7.9 g kg<sup>-1</sup> MS; mientras que en tallos disminuyó de 16 a 5.8 g kg<sup>-1</sup> MS; y en planta completa fue de 25.4 a 6.59 g kg<sup>-1</sup> MS.

La PC en las hojas de pasto Maralfalfa, tallo y planta completa disminuyó conforme aumentó la edad de cosecha (Cuadro 4.1; 4.2; 4.3); y la hoja fue la que presentó mayor contenido de PC, en este componente varió de 160.9 a 71.8 g kg<sup>-1</sup> MS, mientras que en tallo disminuyó de 97.3 a 20.6 g kg<sup>-1</sup> MS y en planta completa fue de 88.5 a 31.8 g kg<sup>-1</sup> MS; para 30 y 180 días después de la siembra. Éstos valores de PC en planta completa como en hoja y tallo son inferiores a los reportados por Araya y Boschini (2005) en las variedades Taiwán, King grass, Elefante, Elefante enano y Camerún, ellos reportan 165.6, 105.3 y 135.1 g kg<sup>-1</sup> MS en hoja, tallo y planta completa para rebrotes de 70 días. La variación en los

contenidos de PC es explicado por un descenso de la actividad metabólica que experimentan los pastos a medida que avanza la edad de crecimiento y, con ésta, la síntesis de compuestos proteicos disminuye en comparación con los estadios más jóvenes (Herrera, 1981).

La FDN y FDA presentaron una tendencia a incrementarse conforme se incrementó la edad de cosecha del pasto Maralfalfa, en planta completa, hojas y tallos (Cuadros 4.1; 4.2; 4.3). La FDN se incrementó de 684.4 a 796.3 g kg<sup>-1</sup> MS en planta completa, de 703.1 a 854 g kg<sup>-1</sup> MS en tallo y de 677.7 a 769.6 g kg<sup>-1</sup> MS en hoja para 30 y 180 días después del rebrote. En hoja, el contenido de FDN es similar a lo reportó por Queiroz *et al.*, (2000) en hojas de pasto Elefante, (*Pennisetum purpureum*), Setaria (*Setaria anceps*) y zacate Jaragua (*Hyparrhenia rufa*), ellos reportaron 693, 713 y 716 g kg<sup>-1</sup> MS respectivamente. En planta completa, Avalos (2009) reportó, en Maralfalfa, valores de 64.6, 66.3, 68.3, 64.5 y 81.9% para las plantas de 47, 51, 60, 64 y 90 días de rebrote; y Chacón y Vargas (2009) en King grass reporta valores similares para rebrotes de 60, 75 y 90 días; los cuales muestran la misma tendencia a los resultados de este estudio. En FDA, los valores se incrementaron de 399.6 a 587.6 g kg<sup>-1</sup> MS en planta completa, a su vez en tallo varió de 383.2 a 605.0 g kg<sup>-1</sup> MS y en hoja los valores fueron de 332.8 a 498.8 g kg<sup>-1</sup> MS para 30 y 180 días después de la siembra. Los valores de planta completa son similares a los reportados por Chacón y Vargas (2009) en King grass. Debido a que la FDN y FDA representan el contenido de las paredes celulares de los tejidos de las plantas, las diferencias entre hojas y tallos se debe a sus tejidos. En las hojas las células del mesófilo tienen paredes celulares delgadas mientras que los tallos tienen alta proporción de paquetes de haces vasculares recalcitrantes, incluyendo al xilema y células del esclerénquima, que lignificados son necesarios para proveer soporte a la planta (Akin *et al.*, 1990); por lo tanto las hojas tienen menos paredes celulares que los tallos (Enríquez *et al.*, 1999). El incremento en FDN y FDA con respecto a la edad de la planta se debe a que al madurar la planta se aumentan los haces vasculares en el tallo y a los cambios en los componentes morfológicos en la planta, como la disminución en la relación hoja:tallo (Cárdenas *et al.*, 2012; Chacón y Vargas, 2009).

**Cuadro 4.1. Contenido de materia seca, composición química y digestibilidad de planta completa de pasto Maralfalfa (*Pennisetum* sp.) a diferentes edades de cosecha.**

Día de corte	MS (g kg <sup>-1</sup> MF)	-----g Kg <sup>-1</sup> MS -----					
		Ce	PC	EET	FDN	FDA	D/VMS
30	109.71 <sup>e</sup>	143.4 <sup>a</sup>	88.52 <sup>a</sup>	25.39 <sup>a</sup>	684.35 <sup>e</sup>	399.62 <sup>e</sup>	832.52 <sup>a</sup>
60	112.03 <sup>e</sup>	137.7 <sup>a</sup>	83.78 <sup>b</sup>	18.18 <sup>b</sup>	735.06 <sup>cd</sup>	492.81 <sup>d</sup>	708.28 <sup>b</sup>
75	145.60 <sup>de</sup>	111.3 <sup>b</sup>	59.65 <sup>d</sup>	15.77 <sup>b</sup>	720.54 <sup>cd</sup>	544.03 <sup>bc</sup>	637.91 <sup>c</sup>
90	185.54 <sup>cd</sup>	75.0 <sup>c</sup>	50.87 <sup>e</sup>	15.62 <sup>b</sup>	744.55 <sup>cd</sup>	506.35 <sup>d</sup>	591.02 <sup>cd</sup>
105	180.42 <sup>cd</sup>	65.5 <sup>cd</sup>	65.12 <sup>c</sup>	14.22 <sup>bc</sup>	750.63 <sup>abcd</sup>	565.57 <sup>ab</sup>	577.48 <sup>cde</sup>
120	218.79 <sup>bc</sup>	66.7 <sup>cd</sup>	50.63 <sup>e</sup>	13.71 <sup>bc</sup>	778.92 <sup>abcd</sup>	521.57 <sup>cd</sup>	559.64 <sup>def</sup>
135	225.18 <sup>bc</sup>	65.3 <sup>cd</sup>	36.48 <sup>f</sup>	11.68 <sup>cd</sup>	769.57 <sup>abc</sup>	553.55 <sup>b</sup>	537.96 <sup>def</sup>
150	240.14 <sup>ab</sup>	60.5 <sup>e</sup>	38.11 <sup>f</sup>	9.84 <sup>cd</sup>	778.62 <sup>abc</sup>	550.73 <sup>bc</sup>	516.47 <sup>ef</sup>
165	245.46 <sup>ab</sup>	62.8 <sup>d</sup>	33.54 <sup>g</sup>	8.67 <sup>d</sup>	785.55 <sup>ab</sup>	585.03 <sup>a</sup>	517.53 <sup>ef</sup>
180	275.16 <sup>a</sup>	60.1 <sup>d</sup>	31.76 <sup>g</sup>	6.59 <sup>c</sup>	796.34 <sup>a</sup>	587.57 <sup>a</sup>	497.84 <sup>f</sup>
EEM	9.33	1.65	0.38	1.93	9.79	6.10	13.05

MS= materia seca; MF= Materia fresca; Ce= cenizas; PC= proteína cruda; EET= extracto etéreo; FDN= fibra detergente neutro; FDA= fibra detergente ácido; D/VMS= digestibilidad *in vitro* de la materia seca. <sup>a,b</sup>= literales diferentes en columnas indican diferencias estadísticas significativas  $p < 0.05$ .

**Cuadro 4.2. Contenido de materia seca, composición química y digestibilidad de hojas de pasto Maralfalfa (*Pennisetum* sp.) a diferentes edades cosecha.**

Día de corte	MS (g kg <sup>-1</sup> MF)	----- g Kg <sup>-1</sup> MS -----					
		Ce	PC	EET	FDN	FDA	D/VMS
30	109.25 <sup>e</sup>	120.64 <sup>a</sup>	160.85 <sup>a</sup>	39.15 <sup>a</sup>	677.68 <sup>e</sup>	332.79 <sup>d</sup>	871.99 <sup>a</sup>
60	169.92 <sup>cd</sup>	117.62 <sup>a</sup>	122.03 <sup>a</sup>	25.87 <sup>b</sup>	680.62 <sup>ab</sup>	382.95 <sup>ab</sup>	769.96 <sup>b</sup>
75	153.13 <sup>d</sup>	116.53 <sup>a</sup>	91.37 <sup>b</sup>	16.93 <sup>c</sup>	681.93 <sup>ab</sup>	418.07 <sup>a</sup>	623.21 <sup>b<sup>c</sup></sup>
90	182.25 <sup>bcd</sup>	114.71 <sup>a</sup>	88.06 <sup>bc</sup>	16.79 <sup>c</sup>	722.29 <sup>a</sup>	453.95 <sup>ab</sup>	613.69 <sup>bcd</sup>
105	219.69 <sup>bcd</sup>	107.40 <sup>b</sup>	79.46 <sup>cd</sup>	16.38 <sup>c</sup>	719.64 <sup>ab</sup>	449.97 <sup>ab</sup>	604.89 <sup>bcd</sup>
120	225.18 <sup>bcd</sup>	107.01 <sup>b</sup>	88.10 <sup>bc</sup>	12.65 <sup>d</sup>	731.32 <sup>ab</sup>	460.94 <sup>bc</sup>	586.68 <sup>cde</sup>
135	268.86 <sup>abc</sup>	106.54 <sup>b</sup>	86.22 <sup>bc</sup>	11.96 <sup>d</sup>	748.47 <sup>bc</sup>	468.71 <sup>cd</sup>	531.29 <sup>ef</sup>
150	248.26 <sup>abcd</sup>	104.84 <sup>b</sup>	82.80 <sup>c</sup>	8.89 <sup>e</sup>	762.68 <sup>abc</sup>	492.07 <sup>d</sup>	559.45 <sup>def</sup>
165	278.26 <sup>ab</sup>	95.56 <sup>c</sup>	80.03 <sup>c</sup>	9.23 <sup>e</sup>	768.82 <sup>abc</sup>	494.54 <sup>d</sup>	553.72 <sup>def</sup>
180	326.26 <sup>a</sup>	94.07 <sup>c</sup>	71.76 <sup>d</sup>	7.91 <sup>e</sup>	769.61 <sup>abc</sup>	498.78 <sup>d</sup>	510.28 <sup>f</sup>
EEM	19.97	1.32	0.50	0.50	14.63	5.09	13.38

MS= materia seca; MF= Materia fresca; Ce= cenizas; PC= proteína cruda; EET= extracto etéreo; FDN= fibra detergente neutro; FDA= fibra detergente ácido; D/VMS= digestibilidad *in vitro* de la materia seca. <sup>a,b</sup>= literales diferentes en columnas indican diferencias estadísticas significativas  $p < 0.05$ .

**Cuadro 4.3. Contenido de materia seca, composición química y digestibilidad de tallos del pasto Maralfalfa (*Pennisetum* sp.) a diferentes edades de cosecha.**

Día de corte	MS (g kg <sup>-1</sup> MF)	----- g Kg <sup>-1</sup> MS -----					
		Ce	PC	EET	FDN	FDA	D/VMS
30	90.80 <sup>d</sup>	145.0 <sup>a</sup>	97.28 <sup>a</sup>	16.00 <sup>a</sup>	703.12 <sup>d</sup>	383.24 <sup>f</sup>	792.95 <sup>a</sup>
60	93.40 <sup>d</sup>	121.1 <sup>b</sup>	95.30 <sup>a</sup>	15.34 <sup>a</sup>	726.34 <sup>cd</sup>	461.18 <sup>e</sup>	717.32 <sup>b</sup>
75	94.17 <sup>d</sup>	153.7 <sup>c</sup>	82.46 <sup>b</sup>	14.95 <sup>ab</sup>	737.30 <sup>cd</sup>	472.37 <sup>e</sup>	654.03 <sup>c</sup>
90	177.16 <sup>bc</sup>	82.4 <sup>c</sup>	59.32 <sup>d</sup>	14.56 <sup>ab</sup>	734.02 <sup>cd</sup>	471.25 <sup>e</sup>	584.21 <sup>bc</sup>
105	156.00 <sup>c</sup>	62.9 <sup>b</sup>	30.26 <sup>e</sup>	13.13 <sup>bc</sup>	767.85 <sup>bcd</sup>	530.13 <sup>d</sup>	569.63 <sup>d</sup>
120	208.73 <sup>ab</sup>	44.0 <sup>a</sup>	25.19 <sup>f</sup>	13.15 <sup>bc</sup>	772.69 <sup>bcd</sup>	550.57 <sup>cd</sup>	565.48 <sup>d</sup>
135	235.54 <sup>a</sup>	40.5 <sup>a</sup>	22.06 <sup>g</sup>	11.30 <sup>cd</sup>	777.48 <sup>bcd</sup>	555.35 <sup>bcd</sup>	539.50 <sup>d</sup>
150	215.14 <sup>ab</sup>	36.4 <sup>b</sup>	24.10 <sup>f</sup>	10.51 <sup>d</sup>	816.16 <sup>ab</sup>	586.40 <sup>abc</sup>	489.50 <sup>e</sup>
165	220.22 <sup>ab</sup>	36.1 <sup>b</sup>	25.89 <sup>f</sup>	8.11 <sup>e</sup>	813.13 <sup>ab</sup>	591.48 <sup>ab</sup>	485.09 <sup>e</sup>
180	251.34 <sup>a</sup>	36.0 <sup>a</sup>	20.58 <sup>g</sup>	5.78 <sup>f</sup>	853.95 <sup>a</sup>	604.96 <sup>a</sup>	421.16 <sup>f</sup>
EEM	9.47	1.32	0.47	0.37	15.93	7.65	9.01

MS= materia seca; MF= Materia fresca; Ce= cenizas; PC= proteína cruda; EET= extracto etéreo; FDN= fibra detergente neutro; FDA= fibra detergente ácido; D/VMS= digestibilidad *in vitro* de la materia seca. <sup>a,b</sup>= literales diferentes en columnas indican diferencias estadísticas significativas  $p < 0.05$

La DIVMS en el pasto Maralfalfa ( $P < 0.05$ ) disminuyó conforme aumento la madurez de la planta. En planta completa varió de 832.5 a 497.8 g kg<sup>-1</sup> MS (Cuadro 4.1), mientras que en tallo disminuyó de 793.0 a 421.2 g kg<sup>-1</sup> MS (Cuadro 4.3), a su vez en hoja cambió de 872.0 a 510.3 g kg<sup>-1</sup> MS (Cuadro 4.2). En estos datos se observa que la hoja es el componente con mayor DIVMS y el tallo el que presenta menor digestibilidad. Las diferencias en la digestibilidad entre los componentes de la planta y en relación a la edad de cosecha se deben a la diferente composición química; de éstos, el contenido de FDN y FDA son las que influyen en el contenido de compuestos digeribles, a mayor contenido de FDA será menor la digestibilidad de la materia seca (Fernández, 2000; Buxton, 1996), de los componentes de la FDA (celulosa, sílice, lignina y nitrógeno no soluble en detergente ácido) la lignina es la que bloquea la acción de las enzimas del rumen (Moreno y Pérez, 1996). además, la disminución del contenido de PC también ocasiona disminución en la digestibilidad de la materia seca (Enríquez *et al*, 1999).

#### **4.6. CONCLUSIONES**

En el pasto Maralfalfa, en planta completa, hojas y tallo, conforme aumento la edad de cosecha se incrementó el contenido de fibra detergente neutro y fibra detergente ácido, y mientras que el contenido de cenizas, extracto etéreo, proteína cruda y la digestibilidad *in vitro* disminuyeron.

Las hojas presentaron los mayores contenidos de proteína cruda, cenizas y extracto etéreo y menores contenidos de fibra detergente neutro y fibra detergente ácido y la mayor digestibilidad *in vitro* de la materia seca.

#### 4.7. LITERATURA CITADA

- AOAC (Association of Analytical Chemists). 1995. Official Methods of Analysis. 15<sup>th</sup>. ed. Association of Official Agricultural Chemists, Washington, DC. 1011p.
- Avalos, ED. 2009. Reproducción vegetativa del pasto Maralfalfa (*Pennisetum* sp) y su respuesta a la fertilización química y orgánica en la granja Laguacoto, Canton Guaranda, provincia Bolívar. Tesis de licenciatura. Universidad Estatal de Bolivar, Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Ecuador. 84 p.
- Araya, MM, Boschini FC. 2005. Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de *Pennisetum purpureum* en la meseta central de Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana* 16(1):37-43.
- Akin, DE, LL Rigsby, CE Lyon and WR Windham. 1990. Relationship of tissue digestion to textural streng in bernudagrass and alfalfa stems. *Crop and Science* 30: 990-993.
- Bernal, JE. 1991. Pastos y forrajes tropicales. Producción y manejo. Unidad de Divulgación y Prensa. Banco Ganadero. 2<sup>a</sup> ed. Bogotá, Colombia. 544 p.
- Buxton, DR. 1996. Quality-related characteristics of forages as influenced by plant environment and agronomic factors. *Animal Feed Science Technology* 59: 37-49.
- Cárdenas, RLR, Pinto-Ruiz R, Medina FJ, Guevara F, Gómez H, Hernández A y Carmona J. 2012. Producción y calidad del pasto Maralfalfa (*Pennisetum* sp) durante la época seca. *Quehacer Científico en Chiapas* 1(13): 38-46.
- Correa, HJ, Cerón JM, Arroyave H, Henao Y, López A. 2004. Pasto Maralfalfa: mitos y realidades, En: IV seminario internacional Competitividad en carne y leche. Cooperativa Colanta, Hotel Intercontinental de Medellín, Noviembre 10 y 11; pp. 231-274.



- Chacón, P y Vargas C. 2009. Digestibilidad y calidad del *Pennisetum purpureum* cv. King grass a tres edades de rebrote. *Agronomía Mesoamericana* 20(2): 399-408.
- Cruz, PDA. 2008. Evaluación del potencial forrajero el pasto Maralfalfa con diferentes niveles de fertilización de nitrógeno y fosforo con una base estándar de potasio. Tesis de licenciatura. Escuela Superior de Chimborazo, Facultad de ciencias Pecuarias. Riobamba, Ecuador. 144 p.
- Enríquez, QJF, Meléndez NF, Bolaños AED. 1999. Tecnología para la producción y manejo de forrajes tropicales en México. Libro técnico Nùm. 7. INIFAP. CIRGOC. Campus experimental Papaloapan. Veracruz, México. 262 p.
- Enríquez, QJF, Romero M.J. 1999. Tasa de crecimiento estacional a diferentes edades de rebrote de 16 ecotipos de *Brachiariaspp.* en Isla, Veracruz. *Agrociencia* 33(2):141-148
- Fernández, J. L. 2000. Efecto de la edad de rebrote en el rendimiento de *Brachiaria purpurascens* vc. Aguada en el Valle del Cauto en Cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 34(3): 267-272.
- Ferraris, R. 2004. The effect of photoperiod and temperatura on the first crop and ratoon growth of *Pennisetum purpureum*Schum. *In: Moser LE, Burson BL, Sollenberger LE. Warm-Season (C4) Grasses.*American Society of Agronomy, Inc. Wisconsin, USA. 1171 p.
- Fortes, D, Herrera RS, García M, Cruz AM, Romero A. 2012. Composición química de *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-115 utilizado como banco de biomasa. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 46(3): 321-329.
- García, E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koppen. (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana) 4ª ed. Instituto de Geografía, UNAM; México. 217 p.

- Herrera, RS. 1981. Influencia de la fertilización nitrogenada y edad de rebrote en la calidad del pasto bermuda cruzada (*Cynodon dactylon* vc. coast cross). Tesis de Doctorado. Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba. 83 p.
- Márquez, F, Sánchez J, Urbano D y Dávila C. 2007. Evaluación de la frecuencia de corte y tipos de fertilización sobre tres genotipos de pasto elefante (*Pennisetum purpureum* ). 1. Rendimiento y contenido de proteína. Zootecnia tropical 25(4): 253-259.
- Moreno, JG y Pérez PJ. 1996. El pastoreo en la producción de ganado bovino. Universidad Autónoma de Chiapas, México. 102 p.
- Paretas, JJ. 1990. Ecosistemas y regionalización de los pastos en Cuba. Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes. MINAGRI. Habana, Cuba. 178 p.
- Queiroz, SD, Gomide AJ, Maria J. 2000. Avaliacao de Folha e do Colmo de Topo e Base de perfilhos de Tres Gramineas Forrageiras. 1. Digestibilidade *in vitro* e Composicao Química. Revista Brasileira de Zootecnia 29(1): 53-60.
- SAS. 2002. SAS User's Guide: Statistics (version 9.0 ed.). Cary NC, USA: SAS Inst. Inc.