



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

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

**CAMPUS MONTECILLO**

**POSTGRADO EN RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD**

**GANADERÍA**

**RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL PASTO  
OVILLO AL VARIAR LA FRECUENCIA E  
INTENSIDAD DE PASTOREO**

**JORGE ARMANDO VILLARREAL GONZÁLEZ**

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

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO**  
**2009**

La presente tesis titulada “**Rendimiento y calidad del pasto ovillo al variar la frecuencia e intensidad de pastoreo**”, realizada por el alumno **Jorge Armando Villarreal González**, 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. Jorge Pérez Pérez

Asesor:

\_\_\_\_\_  
Ph.D. Alfonso Hernández Garay

Asesor:

\_\_\_\_\_  
Ph.D. Pedro Arturo Martínez Hernández

Asesor:

\_\_\_\_\_  
Ph.D. Juan de Dios Guerrero Rodríguez

Montecillo, Texcoco Estado de México, Octubre del 2009

## AGRADECIMIENTOS

*A Dios por guiar mis pasos por el buen camino.*

*Al Consejo Nacional de Ciencia y tecnología (CONACyT) por el apoyo económico brindado con el cual me fue posible realizar esta maestría.*

*Al Colegio de Postgraduados por permitirme continuar con mi preparación académica.*

*Al Dr. Alfonso Hernández Garay por sus atinadas acciones y comentarios con lo que fue posible mi ingreso al COLPOS, además de su apoyo para realizar esta investigación.*

*Al Dr. Jorge Pérez Pérez por su amistad, apoyo, ayuda y asesoría durante toda mi estancia en el COLPOS, además de darme una educación integral.*

*Al Dr. Pedro Arturo Martínez Hernández por su paciencia y acerbados comentarios para la óptima realización de esta investigación.*

*Al Dr. Juan de Dios Guerrero Rodríguez por su asesoría en el presente estudio.*

*Al Dr. Alberto Barrera Serrano por su asesoría en la parte estadística de esta investigación.*

*A todos quienes fueron mis profesores en el COLPOS, Dr. Cuca, Dr. García Moya, Dr. Escalante, Dr. Bárcena y todos aquellos que intervinieron en mi formación como Maestro en Ciencias.*

*Al Departamento de Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo por permitirme utilizar sus instalaciones para complementar esta investigación.*

*Al Sr. Remedios Caballero quien me apoyó en la parte práctica de esta investigación.*

## *DEDICATORIA*

*A Dios por darme el don de la vida y demostrarme su amor día a día*

*A mis padres Carlos y Natalia por su amor, comprensión y apoyo incondicional, a ustedes principalmente, dedico este logro obtenido*

*A mis hermanos Juan Carlos y Vica que han sido siempre mis fieles consejeros y que también me han apoyado para lograr esta y otras metas personales*

*A Cheque e Itzchel que también han sido parte de este logro*

*A Marifer, Dany, Ivvanita y Ximenita que fueron, en muchas ocasiones, mi fuente de inspiración y fortaleza para poder seguir con este sueño que ahora se cumple.*

*A todos mis amigos y compañeros del COLPOS con los que pasamos buenos momentos*

*A todas las personas que ayudaron a que este sueño se hiciera realidad*

## ÍNDICE

ÍNDICE.....	<i>i</i>
ÍNDICE DE CUADROS.....	<i>iv</i>
ÍNDICE DE FIGURAS.....	<i>v</i>
RESUMEN.....	<i>vi</i>
ABSTRACT.....	<i>viii</i>
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Características del pasto ovillo.....	3
2.1.1. Características morfológicas.....	3
2.1.2. Características agronómicas.....	3
2.1.3. Composición química del pasto ovillo.....	5
2.2. Crecimiento de los pastos.....	6
2.3. Estacionalidad en el crecimiento y producción forrajera.....	8
2.4. Frecuencia de defoliación.....	11
2.5. Intensidad de defoliación.....	13
2.6. Rebrote.....	15
2.7. Importancia del rebrote en la producción de forraje.....	17
2.8. Factores que afectan el rebrote.....	18
2.8.1. Reservas de carbohidratos.....	18
2.8.2. Área foliar residual.....	21
2.8.3. Meristemas de crecimiento.....	22
2.9. Efecto de la defoliación en la dinámica de la pradera.....	24

2.9.1. Población de tallos.....	24
2.9.2. Aparición y elongación de hoja.....	28
2.10. Efecto de la defoliación en la estructura de la pradera.....	30
2.11. Calidad de forraje.....	32
2.12. Conclusiones de revisión de literatura.....	35
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	37
3.1. Localización y características del sitio experimental.....	37
3.2. Tratamientos y diseño experimental.....	37
3.3. Pradera.....	38
3.4. Animales.....	38
3.5. Manejo de pastoreo.....	39
3.6. Variables medidas.....	40
3.6.1. Cantidad de forraje presente .....	40
3.6.2. Rendimiento promedio por pastoreo.....	40
3.6.3. Tasa de acumulación de forraje.....	41
3.6.4. Composición morfológica.....	41
3.6.5. Relación hoja: tallo y hoja: otros componente.....	41
3.6.6. Conteo de tallos, cálculo de densidad, dinámica de tasa de aparición y muerte de tallos.....	42
3.6.7. Calidad nutritiva de ovido.....	42
3.7. Datos meteorológicos.....	43
3.8. Manejo y análisis estadístico de los datos.....	43

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	44
4.1. Datos meteorológicos durante el periodo de estudio.....	44
4.2. Rendimiento acumulado y estacional.....	45
4.3. Rendimiento promedio por pastoreo.....	49
4.4. Tasa de acumulación de forraje estacional y mensual .....	51
4.5. Composición morfológica.....	56
4.6. Relación hoja: tallo y relación hoja: otros componentes.....	58
4.7. Densidad de tallos.....	62
4.8. Tasa de natalidad y muerte de tallos.....	70
4.9. Calidad nutritiva de ovillo.....	73
4.9.1. Proteína total (PT).....	74
4.9.2. Fibra insoluble en detergente neutro (FDN).....	75
4.9.3. Fibra insoluble en detergente ácido (FDA).....	76
4.9.4. Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca (DIVMS).....	77
5. CONCLUSIONES.....	81
6. BIBLIOGRAFÍA.....	82

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Composición nutrimental del pasto ovilla.....	6
Cuadro 2.	Número de pastoreos realizados al aplicar los calendarios e intensidades de pastoreo.....	39
Cuadro 3.	Rendimiento acumulado y estacional de pasto ovilla, en respuesta a diferentes calendario e intensidad de pastoreo.....	48
Cuadro 4.	Rendimiento por pastoreo de pasto ovilla, en respuesta a diferentes calendario e intensidad de pastoreo.....	53
Cuadro 5.	Tasa estacional de acumulación de forraje de pasto ovilla, en respuesta a diferentes calendario e intensidad de pastoreo ...	52
Cuadro 6.	Relación hoja:tallo y hoja: otros componentes de pasto ovilla en respuesta a diferentes calendario e intensidad de pastoreo .....	59
Cuadro 7.	Densidad de tallos del pasto ovilla, en respuesta a diferentes calendario e intensidad de pastoreo.....	67
Cuadro 8.	Cambios mensuales en tasa de natalidad de tallos en pasto ovilla en respuesta a diferentes calendario e intensidad de pastoreo.....	71
Cuadro 9.	Cambio mensuales en la tasa de mortalidad de tallos en pasto ovilla, en respuesta a diferentes calendario e intensidad de pastoreo.....	73
Cuadro 10.	Calidad nutrimental del pasto ovilla en respuesta a tres frecuencias y dos intensidades de pastoreo.....	80

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Temperatura y precipitación registradas de enero a diciembre de 2007 en sitio experimental. Campus Montecillo, Estado de México.....	44
Figura 2.	Tasa de mensual de acumulación de forraje del pasto ovilla en respuesta a tres frecuencias y dos intensidades de pastoreo.....	55
Figura 3.	Composición morfológica del pasto ovilla, en respuesta a diferentes calendario e intensidad de pastoreo.....	57
Figura 4.	Dinámica mensual en la densidad de tallos en pasto ovilla, pastoreado a diferente calendario e intensidad severa.....	68
Figura 5.	Cambio mensual en la densidad de tallos en pasto ovilla, pastoreado a diferente calendario e intensidad moderada.....	69

# RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL PASTO OVILLO AL VARIAR LA FRECUENCIA E INTENSIDAD DE PASTOREO

Jorge Armando Villarreal González, M.C.  
Colegio de Postgraduados, 2009.

El ovillo (*Datylis glomerata* L.), es una de las gramíneas más utilizadas en la zona templada de México. El objetivo de esta investigación, fue describir el comportamiento de ovillo en términos de rendimiento estacional y acumulado de forraje, componentes de la persistencia de la pradera y calidad del forraje al variar la frecuencia e intensidad con la que es pastoreado. El experimento se realizó de febrero a diciembre de 2007 en Montecillo, Texcoco, Estado de México en 18 parcelas de ovillo de 72 m<sup>2</sup>, distribuidas en un diseño de bloques al azar, con arreglo factorial 3 x 2 y tres repeticiones. Los tratamientos fueron tres calendarios de frecuencias de pastoreo (14, 21 y 28 días en primavera y verano y 28, 35 y 42 días en otoño) y dos intensidades de pastoreo severo (3-5 cm) y moderado (6-8 cm). Como defoliadores se usaron ovinos en etapa reproductiva. La acumulación de forraje se determinó en dos cuadros de 0.25 m<sup>2</sup>. Con los datos obtenidos de los cuadros se calculó el rendimiento por pastoreo, la tasa de acumulación de forraje, relación hoja:tallo y hoja:otros componentes. Se midió también la densidad de tallos y proteína total (PT), FDN, FDA y digestibilidad *in vitro* de materia seca (DIVMS) para determinar calidad del forraje. El rendimiento de forraje varió ( $P < 0.05$ ) durante el verano, el rendimiento de 11,583 kg MS ha<sup>-1</sup> en el pastoreo a una frecuencia baja e intensidad severa, produciendo 58% más forraje que con la frecuencia alta en ambas intensidades, 54% a la frecuencia de baja para la menor intensidad y 34 y 39% para la frecuencia media con la intensidad severa y moderada, respectivamente. En esta estación también se obtuvo la mayor tasa de acumulación de forraje con el tratamiento que obtuvo el mayor rendimiento. Para rendimiento acumulado, los tratamientos con pastoreos con baja frecuencia y alta intensidad obtuvieron la mayor cantidad de forraje (25,583 kg MS ha<sup>-1</sup>). Los componentes morfológicos y su contribución en porcentaje al rendimiento de materia seca, en primavera y verano el contenido de hoja fue superior al 80%. Los resultados fueron en el siguiente orden

( $P < 0.05$ ): primavera = verano > invierno, con promedios 89 Y 70% respectivamente. La densidad de tallos más alta se presenta en octubre (16,530 tallos  $m^{-2}$ ) y la menor en abril (4,630 tallos  $m^{-2}$ ) y se observa que, en promedio, hubo un incremento en la densidad a lo largo del experimento. Se presentó un efecto directamente proporcional a la intensidad de pastoreo e inverso a la frecuencia. La mayor tasa de natalidad de tallos ocurrió en junio (2.52 tallos  $d^{-1}$ ), y el menor en octubre (0.29); la mayor tasa de muerte de tallos ocurrió en agosto (1.49 tallos  $d^{-1}$ ) y la menor en agosto (0.70 tallos  $d^{-1}$ ). El contenido de proteína total promedio fue del 20%, 57,24 y 65% de FDN, FDA y DIVMS, respectivamente. Se concluye que la frecuencia de pastoreo baja e intensidad severa es la óptima en primavera y verano, y en otoño un pastoreo con frecuencia media y moderada intensidad. Hubo mayor acumulación de forraje cuando se realiza el pastoreo una intensidad severa, con respecto a la moderada.

**Palabras clave:** *Dactylis glomerata* L., frecuencia e intensidad de pastoreo, rendimiento, tasa de acumulación, densidad de tallos, calidad nutritiva de forraje.

## **YIELD AND QUALITY OF ORCHARD GRASS AT DIFFERENT GRAZING FREQUENCY AND INTENSITY.**

Jorge Armando Villarreal González, M.C.  
Colegio de Postgraduados, 2009.

Orchard grass (*Dactylis glomerata* L.) is one of the most used gramineae in the temperate zone of Mexico. The aim of this research was to find out the behavior of orchard grass in terms of seasonal yield and forage accumulation, components of prairie persistence and forage quality when varying grazing frequency and intensity. The experiment was done from February to December, 2007, in Montecillo, the State of Mexico in 18 orchard grass grazing plots, 72 m<sup>2</sup> area, distributed in random blocks, with a 3 x 2 factorial arrangement, and three repetitions. The treatments were three grazing frequency calendars (14, 21, and 28 days in Spring and Summer, and 28, 35, and 42 days in Fall), and two grazing intensities: severe (3-5 cm) and moderate (6-8 cm). Sheep in their reproductive stage were used as defoliators. Forage accumulation was determined in two 0.25 m<sup>2</sup> squares. With the data obtained from the squares, grazing yield, the forage accumulation ratio, and the ratios leaf:stem and leaf:other components were determined. Also measured were stem density, total protein (TP), FDN, FDA, and *in vitro* digestibility of dry matter (IVDDM) to determine forage quality. Forage yield varied ( $P < 0.05$ ) during Summer; a yield of 11,583 kg MS ha<sup>-1</sup> in grazing at low frequency and severe intensity, producing 58% more forage than using a high frequency with both intensities, 54% at low frequency for the lower intensity, and 34 and 39% for medium frequency with severe and moderate intensities, respectively. In this season were also obtained the highest forage accumulation ratio with the treatment that had the greatest yield. In the case of accumulated yield, the treatments with low frequency and high intensity grazing obtained the highest amount of forage (25,583 kg MS ha<sup>-1</sup>). The morphological components and their percentile contribution to dry matter yield, in Spring and Summer, leaf content was more than 80%. The results were as follows ( $P < 0.05$ ): Spring = Summer > Winter, with averages of 89 and 70%, respectively. The greatest stem density was during October (16,530 stems m<sup>-2</sup>), and the lowest was during April (4,630 stems m<sup>-2</sup>). During the experiment, an

increase of stem density was observed, on average. A directly proportional effect was observed with grazing intensity, and inversely proportional with grazing frequency. The greatest stem shoot ratio was seen in June (2.52 stems d<sup>-1</sup>), and the lowest was in October (0.29). The greatest stem death ratio was in August (1.49 stems d<sup>-1</sup>), and the lowest was in August (0.70 stems d<sup>-1</sup>). The average total protein content was 20%, 57, 24, and 65% of FDN, FDA, and IVDDM, respectively. The conclusion is that a low grazing frequency with a severe intensity is optimum in Spring and Summer, and a medium frequency with moderate intensity grazing in Fall. There was a greater forage accumulation when grazing is done with a severe, rather than a moderate, intensity.

**Key words:** *Dactylis glomerata* L., grazing frequency and intensity, yield, accumulation ratio, stem density, nutritive quality of the forage.

## 1. INTRODUCCIÓN

El nivel de ingestión y digestión de los forrajes por los rumiantes resultan definitivos, ya que determinan la eficiencia biológica y económica de los sistemas de producción animal. El pastoreo intensivo, es una opción de alimentación de bajo costo, por lo que favorece la solidez y rentabilidad económica de la empresa ganadera en comparación con los sistemas de alimentación en confinamiento, aún cuando el nivel de producción animal sea menor con el pastoreo (Hodgson, 1990).

El ovinillo (*Dactylis glomerata* L.) es considerado como una de las mejores especies, para ser usadas en pastoreo por su alto rendimiento y aceptable calidad nutritiva, por lo que a nivel mundial, es una de las plantas forrajeras más cultivadas, en las regiones con clima templado (Muslera y Ratera, 1991). En México, el ovinillo y el ballico perenne, son gramíneas de amplio uso en las zonas templadas para la producción en base a pastoreo (Améndola *et al.*, 2005; Velasco, 2001).

El éxito de la alimentación en pastoreo, depende de la cantidad y calidad del forraje y la persistencia de la pradera. Lo primero, determina el nivel de producción animal por unidad de superficie de pradera y por animal; y lo segundo el costo de producción de la pradera, que es menor conforme es mayor la persistencia en la misma. La cantidad y calidad del forraje y la persistencia son determinados, entre otros factores, por la frecuencia e intensidad con la que se aplica el pastoreo. Conocer la respuesta de una especie forrajera, como el ovinillo, a la frecuencia e intensidad de pastoreo, permite diseñar un calendario de pastoreo apropiado, de modo que no perjudique la persistencia y producción, aprovechando la mejor calidad del forraje.

Varios estudios se han realizado para describir la respuesta del ovinillo en términos de producción total (Zaragoza *et al.*, 2009; Hernández, 2007; Velasco *et al.*, 2001), por componentes (Calen *et al.*, 2002), en calidad (Acosta *et al.*, 2006; NRC, 2001; Ducrocq y Duru, 1997) y fisiológicos (Turner *et al.*, 2006; Rawnsley *et al.*, 2002) en pradera monófito y asociada con alfalfa y otros pastos; sin embargo, estos estudios

adolecen, en algunos casos, de usar únicamente animales para realizar la cosecha, modificar las frecuencias de pastoreo según la estación de año y la aplicación de un aprovechamiento muy intenso en frecuencia e intensidad. Además de que en los estudios, la mayoría de la veces, la pradera donde se realiza el estudio contaba con uno o máximo dos años de haber sido establecida, por lo que no se cuenta con información objetiva, acerca del comportamiento de ovinos a partir de una pradera con mayor a dos años de establecimiento.

La cosecha por pastoreo influye directamente en el comportamiento productivo del forraje, por aspectos tales como el pisoteo, la heterogeneidad en el consumo y acumulación de excreciones en la pradera. Estos factores con una cosecha mecánica no se presentan, por lo que, frecuencias e intensidades evaluadas en cosecha mecánica puede dar una respuesta diferente al aplicarse la cosecha por pastoreo. Esto es importante ya que, el grado de eficiencia en la producción animal por hectárea, está determinado por la producción por hectárea neta de la pradera, la eficiencia con que es cosechado el forraje por los animales (consumo) y la eficiencia de conversión del alimento a producto animal (Hodgson, 1990). Lo anterior resulta significativo, por lo que el objetivo de este estudio es describir el comportamiento de ovinos en términos de rendimiento estacional y acumulado de forraje, componentes del rendimiento y persistencia de la pradera además de la calidad del forraje al variar la frecuencia e intensidad con la que es pastoreado.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Características del pasto ovilla**

#### **2.1.1. Características morfológicas**

El pasto ovilla (*Dactylis glomerata* L.) es originario del centro de Europa, donde tiene un valor relevante en la alimentación de ganado, al igual que en otras partes del mundo como en Norteamérica y Sudamérica (Muslera y Ratera, 1984; Correl y Johnston, 1970). En México se distribuye principalmente en las regiones áridas, semiáridas y templadas, que se localizan en el centro y norte del país. Es una gramínea con gran capacidad de crecimiento en verano y tiene resistencia moderada al frío y a la sequía (Myers, 1980; Muslera y Ratera, 1984). Es una planta perenne, con tallos erectos, con una altura de 30 a 120 cm; tiene una inflorescencia con las espiguillas agrupadas en ramilletes apretados algo unilaterales, cada una comprimida lateralmente y con 2-5 flores; las glumas son poco desiguales y aquilladas. Los limbos son planos, anchos y largos con sección en formas de V, y de ápice puntiagudo (Hannaway, 1999)

Este pasto, en las hojas, posee vainas comprimidas con una fuerte quilla, presenta nervaduras poco marcadas, sin aurículas, no posee tricomas, el limbo es de color grisáceo o azulado, con un nervio central muy marcado, con lígula larga y blanquecina. Sus tallos son anchos y aplastados de color verde azulado. La inflorescencia es una panícula típica, con espiguillas aglomeradas formando un ovilla, a lo que debe su nombre. Las semillas presentan una quilla acentuada que termina en una arista fuerte y curva, con pequeños dientes. (Muslera y Ratera, 1984).

#### **2.1.2. Características agronómicas**

Una característica del pasto ovilla, es que crece en todo tipo de suelos, pero se adapta mejor a suelos arcillosos o arcillo limosos, es tolerante a suelos con un pH en

el rango de 5.6 a 8.4. Las siembras de ovido pueden no prosperar en suelos con pH menor de 5.6, principalmente debido a la toxicidad por aluminio. El mejor crecimiento ocurre cuando el pH del suelo es de 6.0 y 7.5. (Hannaway, 1999)

No soporta la inundación, pero tolera las condiciones de drenaje deficiente. Es resistente a la sequía, posiblemente, debido a su extenso sistema radical (Duke, 1983). Es utilizado en praderas y es tolerante al pastoreo, pero sí éste es continuo e intenso, es sustituido por otros pastos y malas hierbas. Genera mejores resultados, cuando el pastoreo es controlado o bien se efectúa en forma rotativa. La frecuencia e intensidad de pastoreo afectan su crecimiento; sin embargo, pueden obtenerse rendimientos altos con períodos de recuperación adecuados, con pastoreo rotacional (Muslera y Ratera, 1984).

Es tolerante a la sombra; tiene habilidad para crecer bajo los árboles. Esta especie es más tolerante al calor y sequías que el ryegrass perenne (*Lolium perenne*) o el zacate azul de Kentucky (*Poa pratensis*), pero menos en comparación al festuca alta (*Festuca arundinacea*). Se adapta mejor a bajas precipitaciones pluviales, altas temperaturas en verano, e inviernos severos. En áreas con inviernos moderados donde se produce forraje en esta época, se pueden elegir variedades de ovido desarrolladas para crecimiento en invierno. Sin embargo, la producción en invierno de estas variedades es menor a la de ryegrass. Esta falta de crecimiento invernal aumenta su resistencia al frío comparado con el ryegrass perenne. No obstante, una sobrefertilización con nitrógeno (N), ocasiona un crecimiento continuo y tardío en otoño y disminuye su resistencia al invierno. En áreas con inviernos severos, están disponible variedades de ovido con excelente resistencia al frío (Vibrans, 2006).

Es cultivado para heno, corte en verde, ensilaje y praderas. Es compatible con muchas leguminosas (alfalfa, trébol pata de pájaro y varios otros tréboles) y otras gramíneas (ryegrass perenne, festuca alta, etc.). En, las siembras solas o mezclas simples (una gramínea y una leguminosa) este pasto es más fácil de manejar debido a las diferencias en características de rebrote. Cuando se aplican altos niveles de

fertilización de Nitrógeno (N), el ovillo es de las gramíneas de clima templado más productivas. Esta especie también tiene buenos rendimientos a mediados del verano con una aplicación alta de nutrientes y niveles apropiados de humedad (Hannaway, 1999; Vibrans, 2006).

### **2.1.3. Composición química del pasto ovillo**

La capacidad de las plantas forrajeras puede ser evaluada por medio de su composición química, digestibilidad, consumo y rendimiento estacional o anual. La evaluación de los alimentos proporciona gran parte de la información, necesaria para formular, desde el punto de vista fisiológico y económico, una ración para determinado animal y función zootécnica. La evaluación de los alimentos debe definir las características de los forrajes, que determinan la producción animal, tales como la ganancia de peso, la producción de leche, el crecimiento de la lana, etc. (Blümmel *et al.*, 1997).

Los alimentos están constituidos por hidratos de carbono, proteínas, grasas, minerales, vitaminas y agua. La sumatoria de los nutrientes mencionados, menos el agua, constituye la materia seca (MS), término en base al cual se expresa normalmente el contenido de nutrientes de los alimentos y su consumo por los animales. De esto se desprende que la forma apropiada para comparar los alimentos entre sí y la cantidad de nutrientes que aportan es en "base a materia seca" (bms) (Van Soest, 1982). Entre los indicadores más comúnmente utilizados para caracterizar los alimentos destacan: la proteína, la fibra, la energía y las cenizas, que contienen los alimentos.

Se ha documentado que la composición química del pasto ovillo es variable y depende, principalmente, de la fase de maduración en que se encuentre al cosecharlo. Otros factores que pueden afectar la composición y crear discrepancias, son la proporción de hojas y tallos, el distinto hábito de crecimiento atribuido a las

prácticas de manejo, y el diverso grado de daño, producidos por insectos y enfermedades, entre otros (Hughes *et al.*, 1980). En el Cuadro 1 se presenta la composición química del pasto ovilla obtenida por varios autores.

**Cuadro 1. Composición nutrimental del pasto ovilla (*Dactylis glomerata* L.).**

MS (%)	PT (%)	FT (%)	CZ (%)	FDN (%)	FDA (%)	Base	Fuente
94.6	7.6	32.7	7.4	65.3	37.7	Seca	Tuna <i>et al.</i> , 2004
–	–	–	8.9	72.0	39.0	Seca	Meissner, 1995
88.1	10.6	–	7.0	64.4	39.5	Heno	NRC, 2001
87.5	16.1	37.7	12.0	–	–	Heno	Fauconneau y Pion, 1965
26.7	12.6	33.1	9.0	–	–	Fresca	Fauconneau y Pion, 1965
–	23.2*	–	–	–	–	Fresca	Velasco, 2001
26.6 *	16.8*	–	–	–	28.8*	Fresca	Acosta <i>et al.</i> , 2006

MS: materia seca; PT: proteína total; FT: fibra total; CZ: cenizas; FDN: fibra detergente neutro; FDA: fibra detergente ácido; \* valores promedio. (Wilson, 2008)

## 2.2. Crecimiento de los pastos

El concepto de desarrollo comprende cuatro procesos principales: crecimiento, diferenciación, envejecimiento y muerte (Jankiewicz, 2003). El crecimiento es un término cuantitativo, relacionado con cambios en tamaño y masa y debe entenderse como un aumento irreversible de las dimensiones del organismo (Hopkins, 2004). El comportamiento productivo de las plantas forrajeras resulta de la interacción entre su potencial genético y el conjunto de factores bióticos y abióticos del sistema ambiente-animal (Jiménez y Martínez, 1985). Para el caso de las plantas significa aumento en el número y tamaño de hojas, tallos y raíces (Salisbury y Ross, 1994).

El crecimiento puede ser evaluado mediante diferentes índices, tales como índice de área foliar, tasa de crecimiento, crecimiento acumulado y asimilación neta, entre otros (Mena, 1998). El crecimiento de las plantas forrajeras en un determinado lugar, resulta de la combinación de varios factores como son: clima, especies vegetales y animales, suelo y prácticas de manejo empleadas (Velasco *et al.*, 2001). Cuando el tamaño o peso del organismo se representa en función del tiempo, se obtienen curvas de crecimiento, que pueden ser ajustadas con una función sencilla, tales como una recta o una curva simple en forma de “S”, en donde la utilidad de las curvas simples, es que pueden servir para interpolaciones entre los datos medidos.

En una curva de crecimiento, generalmente, se pueden observar tres fases principales conocidas como: logarítmica, lineal y asintótica (Salisbury y Ross, 1994). En la fase logarítmica la acumulación es limitada, por el bajo índice de área foliar y baja captura de luz, el tamaño aumenta en forma exponencial con el tiempo, por lo que, la tasa de crecimiento es baja al principio, pero se acelera con el tiempo; en la fase lineal, el aumento de tamaño mantiene una velocidad mas o menos constante y durante la fase asintótica la senescencia se incrementa, eventualmente aquí la tasa de senescencia iguala a la tasa de producción de hojas y, es a partir de este punto, que ya no existe acumulación de forraje (Salisbury y Ross, 1994).

A la dinámica de generación y expansión de las estructuras de las plantas, se conoce como morfogénesis (Chapman y Lemaire, 1993). De acuerdo con Barlow (1989, 1994) la morfogénesis resulta de la producción de tres tipos fundamentales de unidades constitutivas. Primeramente, la célula que por su capacidad de autodividirse, resulta en el establecimiento del meristemo y el funcionamiento y mantenimiento de esta unidad da origen al fitómero, que es el segundo tipo de unidad constitutiva. Los fitómeros y sus meristemas asociados, participan en la construcción del nódulo, el tercer tipo de unidad. La combinación de nódulos construye un nivel más alto de organización: el sistema de vástagos y el sistema de raíces.

Según Matthew *et al.* (2001) el desarrollo de la raíz y de los tallos de pastos, es presentado como una serie de eventos sucesivos en el axis del tallo, hoja, yema del tallo, tallo verdadero y el desarrollo radicular, así como en el ciclo de vida de un fitómero y el tallo como un conjunto de fitómeros. Estos fitómeros están abajo de un meristemo apical (también llamado punto de crecimiento), en una sucesión linear (Nelson, 2000). Sin embargo, aunque se tiene conocimiento de las estructuras, la implicación lógica del proceso de la hoja, tallo, vástago, formación de raíz y la eventual muerte de ésta, en realidad, representa los estados sucesivos en el desarrollo de un fitómero (Matthew *et al.*, 2001).

En las especies forrajeras, tales características están íntimamente ligadas a su adaptación al pastoreo. Por un lado, determinan la formación del área foliar que, en sí, constituye la vía más rápida para recuperar la capacidad de sintetizar fotosintatos. Por otro, definen la cantidad de yemas que potencialmente se pueden desarrollar en hijuelos. De este modo, el manejo del pastoreo y su impacto en la estructura y dinámica de las praderas, debe analizarse como un todo, en el cual el proceso de defoliación se relacione con las características morfogénicas, que determinan la capacidad de las plantas para rebrotar (Chapman y Lemaire, 1993).

### **2.3. Estacionalidad en el crecimiento y producción forrajera**

El crecimiento de las plantas depende del ambiente y sus variaciones son reflejo de los cambio ambientales en que se encuentran; el ambiente caracterizado por el suelo y el clima, tiene gran influencia en el crecimiento y desarrollo de las plantas y, por tanto, en el rendimiento. En este sentido, la adquisición de recursos ambientales (luz, CO<sub>2</sub>, temperatura, precipitación), depende de la proporción de hojas, tallos y raíces de las plantas que, mediante los procesos fisiológicos de fotosíntesis, absorción de agua y nutrimentos, crecimiento y desarrollo, determinan la productividad de los pastos; por su parte la disposición de recursos ambientales está influenciada por

factores como tipo de suelo, altitud, vientos y decisiones de manejo agronómico (McKenzie *et al.*, 1999a; Velasco-Zebadua *et al.*, 2001 ).

El conocimiento de la estacionalidad en el desarrollo de la producción de forraje, es un aspecto primordial para optimizar la interacción suelo-planta-animal, ya que permite detectar los tiempos de la mayor y menor disponibilidad de forraje y, con ello, adoptar diferentes condiciones de manejo, con el propósito de maximizar la disponibilidad de forraje y, por ende, la producción animal (Hernández-Garay y Martínez, 1997).

La temperatura y luz afecta tanto a la tasa de crecimiento de las especies forrajeras, como la tasa y tiempo de desarrollo de los estados fenológicos, tales como la floración (McKenzie *et al.*, 1999b).

Las condiciones edáficas de un ambiente particular, determinan los patrones de crecimiento estacional de las especies forrajeras, en igualdad de condiciones de manejo, las diferencias en producción estacional y total dependerán de la especie y sus interacciones con factores climáticos, tales como precipitación, tasa de evaporación, temperatura, viento, horas e intensidad de luz, entre otros (Hernández-Garay y Martínez, 1997). Al respecto Bolaños *et al.* (1995), reportaron que en invierno el rendimiento de ballico, se reduce significativamente ( $500\text{kg MS ha}^{-1}$ ) por disminución de temperatura y radiación solar, que disminuyen la actividad fotosintética y demás procesos metabólicos de la plantas, en comparación con primavera y verano, por lo que considera necesario alargar los intervalos entre defoliación en esta estación, para que la planta alcance mayor rendimiento.

Según Hodgson (1990), el patrón estacional típico de las plantas forrajeras en países como Reino Unido, está relacionado con la fluctuaciones estacionales de temperatura e intensidad luminosa, con excepción de la primavera, por las altas tasas netas de producción asociadas al crecimiento reproductivo, y durante el verano por las bajas tasas de crecimiento debidas a una combinación de escasez de

humedad y muerte de tallos, que sigue a la pérdida de tallos reproductivos. De igual forma, en Nueva Zelanda la tasa de acumulación de forraje en invierno varía de 0 a 30 kg de MS ha<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, como un reflejo a las bajas temperaturas.

Sosa *et al.* (1998), al evaluar la producción estacional de diferentes gramíneas perennes, en monocultivo fertilizadas con nitrógeno y asociadas con leguminosas, encontraron que las gramíneas presentaron mayor estacionalidad en la producción de forraje y que su máximo rendimiento lo alcanzan durante la primavera; particularmente, reportaron que el ovillo presentó mayor producción en primavera y verano (527 kg MS ha<sup>-1</sup>), para luego disminuir en otoño e invierno.

La tasa de crecimiento de los pastos alcanza sus valores más altos con el aumento de la temperatura y la disponibilidad de agua en el suelo; en contraste, la tasa de crecimiento disminuye en invierno a consecuencia de la baja temperatura, lo cual explica la estacionalidad en la producción de forraje (Hernández-Garay, 1995). La tasa de crecimiento varía con la estación del año y el manejo de la defoliación, así, Velasco *et al.* (2001) encontró que la máxima producción de ovillo se presenta a las 3, 4, 5 y 7 semanas en primavera, verano, otoño e invierno, respectivamente, esto en una investigación de dinámica de crecimiento y rendimiento con ovillo.

Zaragoza (2004), en una investigación realizada con pasto ovillo asociado con alfalfa reporta intervalos entre pastoreos de 35 días durante primavera y otoño y cada 28 días durante verano e invierno, obteniendo mayor respuesta con pastoreos severos (3-6 cm). Por su parte, Hernández (2007), en investigación realizada en ovillo a diferentes frecuencias e intervalos de pastoreo, encontró el mayor rendimiento y densidad de tallos a 35 días e intensidad y con la intensidad menos severa (9-11 cm) respuesta de la mayor tasa de crecimiento en mayo y junio.

## 2.4. Frecuencia de defoliación

La frecuencia de pastoreo, generalmente, se define como el intervalo en días, semanas o meses entre dos pastoreos sucesivos o el número de cosechas que se realizan en una pradera, en un periodo determinado de tiempo. También se entiende por frecuencia de cosecha al intervalo de tiempo entre un corte y el siguiente, o bien, el número de cortes o pastoreos realizados en una pradera en un período de tiempo determinado, generalmente en una estación del año o durante todo el año (Speeding, 1971).

Junto con la intensidad, la frecuencia de pastoreo es uno de los factores más importantes, que determinan el rendimiento de materia seca, valor nutritivo y persistencia de las especies. La frecuencia de pastoreo deberá realizarse de acuerdo a las características de la especie, manejo previo, composición botánica y estación del año (Velasco *et al.*, 2001). Así, sí en primavera y verano la frecuencia de pastoreo es de 4 a 5 semanas, debe efectuarse más espaciada en épocas en que el rebrote es más lento (Duthil, 1989).

Hodgson (1979) señala que para maximizar la productividad de áreas forrajeras, es necesario primeramente, conocer el comportamiento de las especies presentes, frente a la cosecha periódica por pastoreo. La frecuencia y severidad de cosecha de las plantas forrajeras, determinan el rendimiento de forraje por unidad de superficie y la distribución de cada especie vegetal en la pradera.

El rendimiento de forraje puede ser, generalmente, aumentado mediante prácticas de pastoreo, que estimulen la tasa de crecimiento cercana a la máxima. El pastoreo estimula el ahijamiento, por medio de la remoción de la mayor fuente de auxinas (localizadas en el ápice del tallo), las cuales inhiben el desarrollo de yemas laterales (Hyder, 1972). Sin embargo, las defoliaciones muy frecuentes reducen el rendimiento de forraje (Zaragoza, 2000).

La persistencia de la pradera depende, en parte, del remplazamiento del material viejo o removido por los nuevos hijuelos o vástagos, para mantener una densidad efectiva. Lo anterior está fuertemente influenciado por los patrones de defoliación (frecuencia e intensidad), del pisoteo (que modifica las condiciones el suelo) y del tipo de pradera. La productividad de una pradera ha estado asociada con los tiempos de ocupación y reposo, los cuales, tienen un efecto marcado en el valor nutritivo, producción de forraje por unidad de superficie y, en gran medida, determinan la carga animal utilizada. (Muslera y Ratera, 1984).

El intervalo entre pastoreos repercute indirectamente en la disponibilidad de materia seca, altura de la pradera y densidad de materia seca por superficie (Voisin, 1963); si las defoliaciones se efectúan a intervalos muy frecuentes, puede presentarse una alta mortalidad de plantas, por agotamiento acumulado en las reservas de carbohidratos y, por tanto, disminución en la producción de materia seca en la pradera (White, 1973).

Hernández (2007) encontró que en ovinos, durante otoño y primavera existe una variación significativa ( $P > 0.05$ ) en el rendimiento por efecto de la frecuencia de pastoreo; la frecuencia de 4 semanas (28 días) produce menos (291 y 3,866 kg MS  $ha^{-1}$ ) que la de 3 semanas (21 días; 507 y 4,809 kg MS  $ha^{-1}$ ) y la de 5 semanas (35 días; 645 y 6,269 kg MS  $ha^{-1}$ ) produce más que las dos anteriores. El mismo comportamiento se obtuvo en el rendimiento anual, 8,239, 10,236 y 11,699 kg MS  $ha^{-1}$ .

Velasco *et al.* (2001), encontraron en praderas de pasto ovino que para obtener la máxima acumulación de forraje la cosecha debe realizarse cada 3, 4, 5 y 7 semanas en primavera, verano, otoño e invierno, respectivamente.

Zaragoza (2000), estudió el crecimiento y acumulación de forraje en ovinos y ballico a diferentes frecuencias de corte, encontrando un rendimiento al cosechar cada 28 y 42 días de 1,923 y 1,920 kg de MS  $ha^{-1}$ , respectivamente; y fueron superiores a los

obtenidos con cortes cada 14 días ( $1,428 \text{ kg MS ha}^{-1}$ ) durante el periodo de estudio (septiembre a marzo). Además, la densidad de tallos fue mayor para la frecuencia de corte cada 14 días en 31 y 94%, con respecto a las de 28 y 42 días. Este mismo autor en el 2004, evaluando la dinámica de crecimiento y producción de alfalfa y pasto ovillo con diferente manejo de la defoliación, concluye que 4 semanas es la frecuencia óptima de corte para verano e invierno y 5 semanas para primavera y otoño.

En conclusión, el intervalo entre pastoreos interactúa con el periodo de ocupación con la intensidad de pastoreo y con la época del año, para determinar, en gran medida, el grado de acumulación y la calidad de la fitomasa; además puede ejercer un notable efecto en la composición botánica y la estructura del dosel (Tergas, 1983), siendo la tasa de crecimiento y maduración de las especies forrajeras, los principales criterios para establecer los periodos de descanso o intervalos de corte o pastoreos en las praderas (Zaragoza, 2000)

## **2.5. Intensidad de defoliación**

La altura de pastoreo se denomina severidad o intensidad de pastoreo y se define como el grado o altura a la que ocurre la cosecha, o bien, es el porcentaje o cantidad de biomasa cosechada, con respecto a la cantidad de forraje total inicial presente (Hernández-Garay, 1996). La severidad de cosecha es de gran importancia, para el crecimiento y persistencia de las especies forrajeras, porque afecta directamente las reservas de carbohidratos y el índice de área foliar remanente, indispensables para inducir un nuevo rebrote después del corte o pastoreo. Posteriormente, el rebrote de las especies forrajeras ocurre por traslocación de carbohidratos de las raíces y base de tallos a los meristemas aéreos remanentes; de esta manera, en algunas especies, la cosecha severa reduce considerablemente la disponibilidad de carbohidratos, provocando que la tasa de rebrote sea más lenta y que la pradera sea invadida por malezas (Del Pozo, 1983).

Las alturas de pastoreo recomendadas para pastos erectos como el ovillo, son mayores que las recomendadas para aquellas especies que forman césped (Blaser *et al.*, 1986; Hall, 1998). El ovillo presenta alto crecimiento y es deseable por ser consistente y su alta productividad y calidad (Belesky y Fedders, 1994; Carlen *et al.*, 2002). El pastoreo severo, sin embargo, puede causar que las praderas de ovillo tiendan a deteriorarse gradualmente, pues se ha demostrado que pequeñas diferencias en la altura de defoliación causaron una variación significativa en su persistencia y productividad (Griffith y Teel, 1965; Mislevy *et al.*, 1977). Comúnmente se sugieren alturas de pastoreo en praderas erectas, como ovillo, antes del pastoreo de 18 a 30 cm y de 5 a 7.5 cm después del pastoreo (Blaser *et al.*, 1986; Emmick y Fox 1993; Hall 1998).

Conforme la intensidad de pastoreo es mayor, la tasa de rebrote disminuye; el decremento es mayor si la frecuencia es tal, que el área foliar resulta insuficiente para producir grandes cantidades de reservas. Asimismo, la intensidad de pastoreo afecta la producción, composición y utilización de los pastos. Bryan *et al.* (2000), en una pradera de *Poa pratensis* asociado con *Trifolium repens*, evaluaron tres intensidades de pastoreo: baja (11.8 cm), media (13.7 cm) y alta (15.3 cm) con novillos de un año y encontraron que se removió más forraje ( $P \leq 0.01$ ) con una intensidad de pastoreo baja, en comparación con las intensidades de pastoreo media y alta (7330, 6740 y 6220 kg ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup>, respectivamente). De la misma manera, el contenido de proteína fue mayor en la intensidad de pastoreo baja, mientras que el contenido de fibra detergente ácida y neutra fue menor.

Maine (1987) al realizar un incremento en la severidad de defoliación redujo el consumo de forraje y concluyó que la altura de la pradera en métodos rotacionales de pastoreo es un buen indicador de la severidad de mismo. En un sistema de pastoreo rotacional, la altura residual a la cual la pradera es pastoreada, podría ser usada como práctica para evaluar en campo la severidad de pastoreo (Le Du *et al.*, 1979).

Hernández *et al.* (1992) investigaron el efecto de tres frecuencias y dos intensidades de corte en alfalfa, para observar el rendimiento y notaron que a 4 cm el rendimiento fue mayor que a 8 cm (10,357 vs 361 kg MS ha<sup>-1</sup>).

González (1999) estudió el efecto de la intensidad (3 y 6 cm) y frecuencias de defoliación, en el crecimiento y rendimiento del pasto ovillo. Los resultados obtenidos indicaron la existencia en la interacción entre altura y frecuencia de corte en el rendimiento. La mayor acumulación de forraje y hojas, ocurrió cuando las defoliaciones se hicieron cada 35 días a 3 cm (3,853 kg MS ha<sup>-1</sup>).

Hernández (2007), en un estudio con ovillo en pastoreo, obtuvo un efecto entre frecuencia e intensidad; reflejando el mayor rendimiento y densidad de tallos con 35 días e intensidad de 9-11 cm.

En general, se indica que la severidad de defoliación, en gramíneas de clima templado, debe ser de 5 cm sobre el nivel del suelo y que cortes más severos y frecuentes, afectan al rendimiento y persistencia de la pradera. Sin embargo, cortes severos y pero con periodos prolongados de recuperación, tienden a incrementar el rendimiento (Hernández-Garay *et al.*, 1999).

## **2.6. Rebrote**

El rebrote de los pastos es el crecimiento de la planta que ocurre después de una defoliación, es decir, es el material que se acumula por crecimiento en el tiempo, sobre el nivel del suelo, menos las pérdidas por senescencia, muerte y descomposición en la parte inferior de la planta (Hunt, 1990). Además, lo anterior incluye el proceso de reducción en la translocación de fotosintatos hacia las raíces y la corona y el restablecimiento del tejido foliar (Skinner y Nelson, 1995). De manera general, se puede decir, que el rebrote es una consecuencia del ambiente y cosecha y, por tanto, la remoción de tejidos. En plantas anuales, el rebrote proviene de las plantas que

logran “semillar” y en plantas perennes, proviene de la reproducción vegetativa o renuevo de tallos. A medida que el forraje crece, sin ser cosechado nuevamente, se hacen más importantes los fenómenos de envejecimiento, muerte y descomposición del material en la parte inferior de la planta, afectando marcadamente la acumulación de forraje.

El rebrote, específicamente en las plantas forrajeras, se ha atribuido primariamente a los carbohidratos no estructurales (Richards, 1993); sin embargo, se ha observado la movilización de componentes de nitrógeno de tejido residual, después de la defoliación, a zonas de crecimiento en varias especies de forrajes (Volenec *et al.*, 1986). Uno de los principales factores que intervienen en la producción de una especie forrajera, según Beguet y Bavera (2001), es la capacidad para generar el rebrote y la velocidad con que ocurre.

En gramíneas en estado vegetativo, el rebrote no es afectado y se produce rápidamente, a partir del meristemo que no ha dejado de formar hojas o nuevos macollos. Cuando los fitómeros comienzan a pasar a la etapa reproductiva, la formación de la inflorescencia inhibe el crecimiento de nuevos macollos (por dominancia apical). En estas condiciones, a diferencia de que se desee cosechar semilla o lograr un mayor número de plantas por resiembra natural, el pastoreo, prolongará el estado vegetativo.

Rechenthin (1956; citado por Hernández, 2007) menciona que tres son las razones por las cuales los pastos son eficientes en la producción de forraje: la localización del tejido meristemático y los hábitos de crecimiento de la planta, su habilidad para producir nuevos vástagos de las yemas en los nudos (proceso conocido como ahijamiento) y la capacidad para tolerar el pisoteo. Otros estudios realizados por Mueller y Richards (1986) del análisis morfológico del ahijamiento, de dos especies del género *Agropyrum*: *spicatum* (susceptible al pastoreo) y *desertorum* (resistente al pastoreo), en un intento por explicar la diferencia en respuesta al pastoreo, encontraron que los vástagos más precoces y morfológicamente distintos y de segundo orden, ocasionalmente desarrollan

yemas basales, las cuales producen hasta 18 veces más vástagos. Según los estudios de Culvenor *et al.* (1989), la cosecha de las especies forrajeras, resulta en un reajuste metabólico de la planta, por la expansión de nueva área foliar, recuperación del área fotosintética de las plantas y la rapidez de formación de nuevo tejido y ésta depende del área foliar residual, cantidad de carbohidratos residuales, actividad meristemática, estado nutricional y capacidad de absorción de agua y nutrientes por la planta.

## **2.7. Importancia del rebrote en la producción de forraje**

La importancia de conocer la forma en que se comporta el rebrote de una especie, es para entender el grado de persistencia de la pradera a través de los años. Esto conlleva a conocer la posibilidad de que una pradera presente un máximo en producción de materia seca por unidad de superficie, ya que se obliga a la planta a producir más de una fase lineal. La limitante del rebrote son las primeras fases de la curva de acumulación de forraje, ya que si la planta o el rebrote no superan estas fases, puede morir y, por tanto, la producción de forrajes disminuye.

La reducción instantánea de la fotosíntesis ocurre cuando las plantas son sujetas a defoliación. Sí además, la cantidad y tipo de tejido removido son afectados, la capacidad de rebrote será también afectada negativamente. Sí las condiciones ambientales son las adecuadas, se puede influir de manera positiva la velocidad de rebrote, definiendo éste como el período de tiempo que requiere la planta para llegar al nivel de biomasa que tuvo antes de la cosecha o remoción del tejido (Richards, 1993). Así, también, se puede influir en el potencial de rebrote, que determina cuanto tiempo tarda la planta en ser cosechada nuevamente y que varía dependiendo de la especie forrajera.

Tales características son, generalmente, influidas por cambios en la temperatura, disponibilidad de Nitrógeno (N), humedad y otros factores. La combinación de los elementos morfogénicos determina, a su vez, tres características estructurales de la

pradera: tamaño de la hoja, densidad de tallos y número de hojas vivas por tallo (Dale, 1983). Este autor menciona que la combinación de estas tres características de la pradera, determinan su índice de área foliar, el cual, es el factor principal para la intercepción de luz y, por lo tanto, de la dinámica de rebrote de las plantas.

## **2.8. Factores que afectan el rebrote**

La capacidad de rebrote de una planta, después del pastoreo, es influenciada principalmente por tres factores fisiológicos: las reservas de carbohidratos presentes en la raíz, área foliar remanente (Anderson *et al.*, 1989; Becerra y Avendaño, 1992; Lemaire, 2001), así como la activación de los meristemos de crecimiento. Los dos primeros están relacionados con la cantidad de hojas disponibles, a partir de los cuales tendrá lugar la fotosíntesis, para iniciar con el almacenaje de energía. (Watson, 1974).

### **2.8.1. Reserva de carbohidratos**

Los primeros en definir las reservas de carbohidratos fueron Graber *et al.* (1927), al mencionar que están constituidos por aquellos carbohidratos y compuestos nitrogenados elaborados, almacenados y utilizados por la planta como alimento para mantenimiento y desarrollo de hojas y raíces. Esos carbohidratos llamados “carbohidratos disponibles totales” son aquellos utilizados para proporcionar energía a la planta (Weinmann, 1947). White (1973) menciona que los carbohidratos importantes para las plantas son los no estructurales, tales como fructosanas, dextrinas y almidón, que son empleados para la nutrición, desarrollo, respiración y síntesis de otros compuestos, necesarios para la planta, que están almacenadas en la base de los tallos, bulbos estolones y rizomas (Wienmann, 1948; Troughton, 1957).

Se considera que existe una relación estrecha entre acumulación de reservas, fotosíntesis neta y crecimiento. Las variaciones entre los valores de fotosíntesis neta y crecimiento, darán como resultado distintas situaciones en la planta, lo que conduce a una acumulación o gastos de reservas. Por ejemplo, la temperatura y el agua benefician el crecimiento y la fotosíntesis, pero sobre todo el crecimiento. Altos niveles de cualquiera de estos recursos, pueden disminuir el nivel de reservas. El nivel efectivo de nutrientes de una planta está íntimamente relacionado con su utilización forrajera (Mazzanti y Arosteguy, 1985).

El conocimiento de la ubicación de las sustancias de reserva, en las distintas especies forrajeras, es importante para diseñar su utilización. Sus órganos o sus partes, dónde las reservas son acumuladas, no deberían ser dañados ni suprimidos por la defoliación. En el pasto ovillo se localizan en la base de los macollos y raíces (Chapman y Lemaire, 1993). Por ello, luego de un proceso de defoliación y, al momento de evaluar el rebrote, es importante considerar el área foliar remanente y, al mismo tiempo, tipo, edad relativa y estado fenológico de la planta, relacionado todo con la acumulación de sustancias de reserva. Además de conocer la ubicación física en la planta forrajera, es importante conocer como es la dinámica de acumulación y gasto de la misma (Chapman y Lemaire, 1993). En la mayoría de las especies forrajeras, después de una defoliación intensa, que haya dejado escasa o nula área foliar fotosintéticamente activa, se produce una disminución en la cantidad de hidratos de reserva acumulados, por lo que hace falta energía para el rebrote y ésta se obtiene a expensas de las reservas. A este período de uso de las reservas acumuladas anteriormente, se le llama "fase de disminución" (Sosa *et al.*, 1994), sí en la planta hay suficientes carbohidratos de reserva y una cantidad adecuada de hojas, la tasa de crecimiento de las nuevas hojas será alta después de la defoliación (Lemaire, 2001).

Duthil (1989) manifiesta que la velocidad de recuperación de las plantas forrajeras cosechadas, está influenciada por los productos energéticos almacenados, los cuales son utilizados rápidamente en la respiración y los procesos de crecimiento. Se

recomienda que una planta forrajera deba cortarse cuando el nivel de reservas sea suficiente que, generalmente, se alcanza en la fase rápida de crecimiento, que le permita resistir y rebrotar de manera satisfactoria. Varios tipos de azúcares (almidón y fructosanas) y otros hidratos de carbono, son almacenados en las raíces y base de los tallos. Estos productos se almacenan cuando la fotosíntesis sobrepasa a la respiración, que ocurre cuando existe una alta captación de energía solar. Después de una defoliación intensa, la respiración sobrepasa a la fotosíntesis y es cuando las plantas hacen uso de sus carbohidratos de reserva, para su crecimiento (Duthil, 1989; Hanson *et al.*, 1988). En gramíneas, los hidratos de carbono se encuentran, principalmente, en la base del pseudotallo, mientras que en las leguminosas están en la raíz ó en la corona, como ocurre en la alfalfa (Hanson *et al.*, 1988).

Comúnmente se señalan que tallos nuevos, no defoliados de una gramínea, traslocan los carbohidratos durante los primeros días posteriores a la defoliación, que se van elaborando, por medio de la fotosíntesis a los nuevos tallos. Sin embargo, tallos viejos aparentemente solo transfieren reservas a las raíces (Richards, 1993). Las reservas de las gramíneas forrajeras son, principalmente, fructosanas, glúcidos en su mayoría solubles, que pueden ser inmediatamente transportados hacia las zonas de crecimiento, con lo que se asegura un rebrote rápido (Gillet *et al.*, 1984). Las fructosanas no se acumulan en las raíces y son más útiles para la planta, cuando quedan cercanas del nivel donde se efectuará el rebrote, por lo que se acumulan, principalmente, en la base de los tallos. Sin embargo, la principal fuente de carbono y, muchas veces, la única durante el crecimiento de los tallos, posterior a la defoliación, es la fotosíntesis (Evans *et al.*, 1964).

Es necesario recuperar el balance positivo del carbono de toda la planta, restablecer a valores normales el crecimiento vegetal y mantener la estructura y el almacenaje. La recuperación de la ganancia de carbono es afectada por dos procesos después de la defoliación, que son: a) el restablecimiento de la capacidad fotosintética por el crecimiento de las hojas y b) al incremento de la capacidad fotosintética del follaje remanente, que está creciendo (Richards, 1993). Los niveles de importación de

fotosintatos, a partir de los hijuelos pertenecientes a la misma planta no defoliados, se incrementan al máximo después de la defoliación y luego declinan, en la medida que el macollo defoliado restablece su propia ganancia de carbono (Richards, 1993). Uno de los destinos más importantes son los ápices de los tallos.

Cuando el balance de carbono ha sido restablecido, mantener una tasa alta de rebrote, depende de una asignación preferencial continúa de recursos a las nuevas hojas y tallos. Esta fuente inicial de carbohidratos, preferencialmente asignados a los tallos, es la reserva presente en la planta, en el momento de la defoliación, en la base de los tallos (Busso *et al.*, 1990). Las reservas son más importantes que los fotosintatos, durante los primeros días después de la cosecha. Después de este corto periodo, los fotosintatos son más importantes. Cuando la demanda de fotosintatos, a los ápices de los tallos está satisfecha, se incrementa la asignación a la raíz (Culvenor *et al.*, 1989).

### **2.8.2. Área foliar residual**

Sheath y Bircham (1983) mencionan que el potencial de cualquier especie forrajera para producir, está determinado por el clima local y la fertilidad del suelo; sin embargo, tal potencial es determinado por los efectos del manejo de la defoliación, la composición botánica de la pradera, el crecimiento de nuevo forraje y su utilización. Una defoliación severa, ocasiona la pérdida de la mayoría del tejido fotosintéticamente activo (hojas) y, posiblemente, la muerte de algunos tallos, causando un pronunciado retraso en el crecimiento, hasta que los nuevos tallos pueden desarrollarse para generar nuevas hojas.

Watson (1972) señala que la capacidad de rebrote, está relacionada con la cantidad de hojas remanentes, después del corte o pastoreo, a partir de las cuales tendrá lugar la fotosíntesis, para iniciar el nuevo crecimiento y el almacenaje de energía. Esto dependerá de la distribución espacial de las hojas, ya que las que están

distribuidas en forma horizontal y las más grandes, serán las que tendrán mayor proporción de luz interceptada. Davies (1988) apoya lo anterior al encontrar que la respuesta de la planta a la defoliación, en cualquier tiempo, depende del material remanente de la planta para iniciar el rebrote; los factores que influyen en el rebrote, según King *et al.* (1979), están comprendidos en dos clases: aquéllos que afectan la fotosíntesis directamente y los que afectan la capacidad de la pradera, para regenerar el nuevo tejido fotosintético, de forma que si es dejado el suficiente tejido fotosintéticamente activo, para proveer las necesidades de respiración del tejido remanente de la planta, entonces podrá acumular peso inmediatamente después del corte.

Cabe aclarar que la reducción en la fotosíntesis, no es siempre proporcional a la pérdida de área foliar, por causa de los cambios en el microclima del dosel, después de la defoliación y por la contribución fotosintética desigual de las hojas, en varios estados de desarrollo; si las hojas remanentes, después de la defoliación, son jóvenes, la reducción en la fotosíntesis estará más relacionada a la pérdida de área foliar (Richards, 1993).

### **2.8.3. Meristemos de crecimiento**

El crecimiento en todas las plantas ocurre en los meristemos (White y Hodgson, 1999), donde la división celular es seguida por la expansión y diferenciación del tejido. De acuerdo a estos autores, este crecimiento resulta de la actividad de los meristemos terminales, que son sensibles a una gran variedad de estímulos ambientales y esto explica la variación en la morfología de las plantas y las estrategias en el ciclo de vida. El meristemo, afirma Bidwell (1979), generalmente, está rodeado de hojas y el meristemo apical contiene un número de células relativamente pequeño que da origen, por división celular, a todas las demás células de la porción aérea de la planta, por lo que la mayoría de estos meristemos apicales

contienen dos zonas principales: la túnica que da origen al tejido epidérmico y el cuerpo, que origina la masa de tejido interno de tallos y hojas.

El tejido meristemático tiene dos distintos lugares de ubicación; cuando la planta está en estado vegetativo, el tejido meristemático se encuentra a nivel o por debajo del suelo y su principal función es la producción de hojas y tallos, mientras que en estado reproductivo dichos tejidos se encuentran en la parte aérea (Gold y Caldwell, 1989); por tanto, la reacción de los pastos a la defoliación es, principalmente, determinada por la posición de sus componentes, en relación a la altura de defoliación y el patrón de rebrote depende de si los tallos están en un estado vegetativo o reproductivo, al momento de la defoliación (Davies, 1988).

White y Hodgson (1999), Chapman y Lemaire (1993) y Davies (1988) concuerdan con lo anterior, al indicar que el meristemo de crecimiento, normalmente, se localiza por debajo de la altura de pastoreo o cerca del nivel del suelo y es, por tanto, inaccesible al animal en pastoreo y difícil de dañar. Sin embargo, durante el establecimiento del periodo reproductivo la elongación del tallo levanta el meristemo apical a los horizontes superiores de la pradera y es posible que el ápice sea removido por el ganado en pastoreo y, si esto ocurre, la persistencia de planta va a depender del rebrote de los tallos existentes o de la iniciación de los nuevos tallos de los nudos axilares.

La activación de las zonas meristemáticas permite la formación de nuevo tejido o un individuo completo. La activación de estas zonas está dada por un factor hormonal (liberación y translocación) y, dependiendo de éste, será la respuesta del tejido. La edad y tipo de tejido removido, influye fuertemente en la velocidad de recuperación de la planta. La pérdida de tejido meristemático usualmente tiene mayor efecto que la proporcional pérdida de biomasa, área foliar o diversas fuentes nutrimentales (Briske, 1991).

## **2.9. Efecto de la defoliación en la dinámica de la pradera**

Según Chapman y Lemaire (1993), en una pradera en pleno crecimiento vegetativo la morfogénesis está en función de tres características principales: la tasa de aparición, la tasa de elongación y vida media de la hoja. Estas variables morfogenéticas combinadas, determinan tres características estructurales de la pradera que son el tamaño de hoja, la densidad de tallos y el número de hojas vivas por tallos.

A su vez, determinan el índice de área foliar de la pradera, principal factor en la intersección de luz y por lo tanto, de la dinámica de rebrote de la pradera. Al cambiar la calidad de la luz dentro de follaje, el índice de área foliar puede modificar algunas variables morfogenéticas como la tasa de elongación de hojas, la tasa de producción de tallos y, consecuentemente puede cambiar alguna característica estructural de la pradera tales como la densidad de tallos y tamaño individual de tallos (Black, 1963; Richards, 1993; McKenzie *et al.*, 1999b; Matthew *et al.*, 2001).

### **2.9.1. Población de tallos**

Conocer en qué consiste la dinámica de población y crecimiento de los tallos de plantas forrajeras, permite entender la productividad estacional y persistencia de las especies en pastoreo. A las praderas se les considera como una población de tallos y cada tallo es una unidad de crecimiento independiente, por lo que el rendimiento de forraje de una pradera, está en función del número de tallos y su producción individual (Carlassare y Karsten, 2003).

Durante el desarrollo de una pradera, los tallos tienen un proceso de brote, crecimiento y mortalidad, a tasas que difieren apreciablemente; lo anterior depende, básicamente, de las condiciones ambientales, del estado de desarrollo de la planta y del manejo. La tasa de crecimiento de una pradera está compuesta por la tasa de

crecimiento de los componentes de los tallos, que es influenciada por la tasa de producción de tallos y por sus tasas de crecimiento individual (Milthorpe y Davidson, 1966).

Davies (1974) señaló que la producción de tallos se debe, principalmente, a dos factores internos de la planta: la tasa de aparición de hojas y el sitio de llenado. El sitio de llenado es una medida de rapidez de las yemas axilares de la hoja, para desarrollar tallos nuevos y es expresado por el número de tallos nuevos por tallo, por intervalo de aparición de hojas. La aparición de tallos en las plantas es regulada por el índice de área foliar de la pradera. Así, conforme la pradera se desarrolla, la primera causa de reducción de la tasa de aparición de tallos, es la disminución progresiva de la tasa de aparición de hojas. Esto se da, como resultado de la respuesta de las plantas a cambios en la calidad de luz interceptada por las hojas; así, conforme el sombreado llega a ser más severo, el sitio de llenado también es afectado negativamente (Skinner y Nelson, 1992; Lemaire, 2001).

La tasa de recambio de tallos, es estimulada por la defoliación y es probable que sea limitada por la falta de meristemas de crecimiento (Hodgson, 1996). Así, la aparición de tallos será afectada por las condiciones de la pradera antes y después de la defoliación (Hodgson *et al.*, 1981). La tasa de aparición y desaparición de tallos en una pradera, determina su producción, persistencia y, en praderas mixtas, condiciona la contribución de los pastos a la composición botánica (Xia *et al.*, 1990). Matthew y Hodgson (1997) y Hernández-Garay *et al.* (1997b), indican que la aparición de tallos, se debe a cambios en temperatura y radiación solar y es controlada por la tasa de aparición de hojas.

El conocimiento de los patrones estacionales de crecimiento de los forrajes, determina la disponibilidad de forraje y, en consecuencia, la productividad animal en los sistemas de pastoreo intensivo. Para el pasto ovillo se ha reportado que la mayor acumulación de forraje se presenta en verano y primavera con 67% del forraje anual,

en comparación con otoño e invierno, cuando solo se produce 33%, sin un efecto significativo de la frecuencia de defoliación (2, 4 y 6 semanas) (Velasco, 2001).

Algunos estudios realizados en ballico perenne (*Lolium perenne* cv. Grassland Nui), relacionados con el efecto de la densidad de tallos en el rendimiento de forraje indican que el incremento en rendimiento de la pradera, al realizar pastoreos ligeros durante la primavera (7-9 cm de altura del forraje residual), en comparación con un manejo más intenso (3-5 cm altura del forraje residual), se debe al incremento en el crecimiento neto por tallo en 46% y la población de tallos en 15% (Hernández-Garay *et al.*, 1997a; Hernández-Garay *et al.*, 1997b). Además, el cambio de un pastoreo ligero a uno intenso en ryegrass, incrementó la población de tallos, aunque este efecto solo ocurrió durante un tiempo corto.

De acuerdo con varios autores (Hernández-Garay *et al.*, 1997b; Hirata y Pakiding, 2004), el peso de los tallos está relacionado con su densidad y la altura de defoliación, al existir una relación lineal negativa entre el logaritmo de la densidad de tallos y el peso por tallo. Esto indica que cuando se incrementa el número de tallos por unidad de área, el peso de los tallos decrece. Además, manipulando la frecuencia e intensidad de pastoreo, se puede incrementar la densidad de tallos, reducir su muerte y controlar la acumulación de forraje (L'Huiller, 1987).

Volenc y Nelson (1983), mencionan que la producción de forrajes en las praderas está en función de dos componentes que son: el número de tallos por unidad de área y el rendimiento por tallo. Por otra parte, si se considera el reemplazo continuo de hojas y tallos en la pradera (Hodgson, 1996), la persistencia y producción de forraje depende del balance entre la aparición y muerte de tallos, el cual varía de acuerdo a la estación del año (Colvill y Marshall, 1984). Así mismo Hernández-Garay (1995) mencionaron que dicho balance puede ser fuertemente alterado por las prácticas de manejo, especialmente la frecuencia e intensidad de defoliación.

Hernández *et al.*, (1997b), de los resultados de un experimento realizado en praderas de ballico perenne, concluyeron, que estas son entidades dinámicas en que los tallos aparecen y mueren a tasas que difieren de acuerdo al manejo y estación del año, y el balance y aparición de muertes de tallos determina la densidad de población. Y dado que en la dinámica de población la unidad básica de crecimiento es el tallo o estolón la producción de forrajes puede expresarse en términos del número de tallos.

Zaragoza (2004), en estudio realizado con ovilla-alfalfa y evaluando diferentes frecuencias e intensidades de pastoreos, presentó diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) en la densidad de tallos por efecto de la frecuencia de pastoreo, concluyendo que el pastoreo ligero (11-14 cm) y poco frecuente (cada 35 días) incremento la densidad y peso de tallos de pasto ovilla. En contraste pastoreos severos (3-6 cm) y frecuentes (cada 28 días) favoreció a la alfalfa. Este autor en el 2001, evaluando el crecimiento y acumulación de forraje de los pastos ballico y ovilla a diferentes frecuencias de corte, reporta que se observó un incremento importante en la densidad de tallos al reducir la frecuencia de corte de 42 a 14 días ( $P \leq 0.05$ ). Al final del estudio el corte realizado cada 14 días, superó en 33 y 45% a los efectuados cada 14 y 28 días. La frecuencia menor (14 días) obtuvo el incremento más pronunciado en la densidad; concluyendo que a menor frecuencia de defoliación se aumentó la densidad de tallos, tasa de aparición de tallos y tasa de desaparición de tallos y a mayor frecuencia entre cortes el peso de los tallos es mayor. Con la frecuencia de corte cada 28 días se mantiene un equilibrio adecuado entre densidad y peso de tallos.

Hernández (2007) en una investigación en ovilla evaluando tres frecuencias y dos intensidades concluye que la mayor densidad de tallos se obtuvo con un pastoreo a frecuencia baja (35 días) con un pastoreo ligero (9-11 cm). Destaca dos picos de producción de tallo ovilla uno durante el invierno y otro en el verano mismo que fueron reportados por González (1999) y Velasco (2001). En esta última investigación realizada con ovilla y ballico perenne, concluye que, la tasa de aparición de tallos tendió a ser mayor al cortar cada 4 semanas, mientras que la tasa

de muerte también tendió a ser mayor a las 4 semanas y menor a las 6. La tasa de aparición de hoja tendió a incrementar conforme aumento la frecuencia de defoliación de 6 a 2 semanas y fue mayor en verano.

### **2.9.2. Aparición y elongación de hojas**

La producción de una planta está en función de la capacidad fotosintética del dosel y depende de las hojas presentes y varía por el proceso de flujo de hojas que condiciona, su senescencia y caída, lo cual determina la cantidad de hojas en el dosel, siendo este fluctuante debido a los factores ambientales. La capacidad fotosintética de las hojas está determinada por el nitrógeno presente en ellas; así cuando las hojas envejecen o tienen poca luz, parte del nitrógeno es reabsorbido y reutilizado en nuevos órganos y el resto se pierde con la muerte de la hoja (Hikosaka, 2005). La estructura de la pradera está determinada por el tamaño, densidad y número de hojas por tallo; la tasa de aparición de hojas tiene gran influencia en estas tres características de la estructura de la pradera. Por lo anterior las alturas y frecuencias de corte afectan la estructura de la pradera y la productividad de cada tallo y, por consiguiente, de la pradera (Costa y Paulino, 1999; Hernández *et al.*, 2000).

Cuando una pradera es defoliada frecuente e intensamente, con una alta densidad de animales en pastoreo, existe poca competencia por luz y, si cada defoliación sólo remueve una parte de las hojas de las plantas, éstas desarrollan hojas cortas y alta densidad de tallos. Por el contrario, con defoliaciones poco frecuentes, la competencia por la luz aumenta en el período de rebrote, por lo que cada defoliación altera rápidamente el microclima de las plantas y estas tienden a desarrollar hojas largas y se reduce la densidad de tallos (Lemaire, 2001).

Sin embargo, cortes frecuentes tienden a acortar el tiempo de expansión de las hojas y éstas aceleran la tasa de expansión, por lo que reduce el tiempo en que la hoja es capaz de fotosintetizar, lo cual puede provocar una menor producción de forraje en

praderas cortadas a altas frecuencias, debido a que el período de expansión de hojas se asocia con el tiempo de vida de las mismas y su producción. Cuando el intervalo entre dos defoliaciones es prolongado permite la expansión de las hojas y de la relación entre la tasa de expansión y la tasa de aparición de hojas pero los cortes frecuentes enmascaran esta relación (Fengrui, 2000).

Robson *et al.* (1988), mencionan que, en un principio, el único sitio de producción de hoja es el meristemo apical del tallo principal; sin embargo, después, las hojas también se desarrollan de los ápices en los tallos hijos. Bidwell (1979) indica que las zonas de división celular, alargamiento y maduración, se encuentran en la punta del tallo, pero no están claramente separadas, dado que el meristemo produce no solo el tallo, sino también hojas y ramas del vástago. White y Hodgson (1999) especifican que, habitualmente, la diferenciación, el desarrollo del meristemo y la elongación de la hoja, mediante la división celular, toma lugar abajo de la altura de pastoreo y que las vainas de las hojas se encierran formando el pseudotallo. Con las nuevas hojas, emergiendo del centro, parte de la extensión toma lugar dentro del tubo de la vaina, antes de que la punta de la hoja extendida sea visible; lo anterior indica que la producción de nuevas hojas, en un tallo individual de pasto, es un proceso continuo, por lo que cada hoja tiene un ciclo de crecimiento característico, primero un periodo de extensión activa, luego madura, senesce y muere (Hodgson, 1990). Este autor ejemplifica lo anterior en ballico perenne, cuando señala que cada tallo vegetativo tiene tres hojas visibles a la vez y solo una de las cuales puede estar creciendo activamente; así, el tamaño final de la hoja, está estrechamente relacionado al tamaño del tallo del cual está creciendo y refleja el estado de desarrollo del tallo y el manejo a dar a la pradera. Estas hojas tienen un tiempo de vida limitado que, dependiendo del genotipo y época del año, puede ser como mínimo tres semanas y después las hojas más viejas tienden a senescer y morir; por lo que el número remanente de hojas se estabiliza, lo que indica que por cada nueva hoja producida, una hoja madura muere (Robson *et al.*, 1988).

## **2.10. Efecto de la defoliación en la estructura de la pradera**

El manejo en la defoliación en términos de frecuencia, intensidad y tiempo, determinan la productividad y composición botánica de la pradera (Hodgson, 1990). El aumento en la frecuencia de defoliación reduce la persistencia y producción de forraje y favorece el predominio de otras especies de plantas (Lawrence y Ashford, 1969).

La simple medida de la masa de forraje sin la apreciación de la distribución física es inadecuada para describir la pradera y su relación de los animales que lo pastorean, ya que la misma cantidad de pasto puede presentarse de diferentes formas (Stobbs, 1975). La relevancia de la estructura de la pradera, se debe a la mecánica de cosecha de los rumiantes en pastoreo (Arnold y Dudzinski, 1967), pues el concepto hace referencia al arreglo físico de las proporciones que guarda los componentes de la planta, dentro del dosel vegetal. Hodgson (1990) menciona que los componentes estructurales en una pradera, por su relación con la selección y el consumo son: los cambios en la masa del forraje y la altura de la pradera, la densidad del pasto total (Stobbs, 1975), la densidad foliar (Chacón y Stobbs, 1976), las relaciones hoja, tallo y material vivo-material muerto, así como el largo de las hojas (Arnold y Dudzinski, 1967).

La competitividad de diferentes plantas dentro de una pradera puede ser fuertemente influenciada por el manejo de pastoreo, debido a la selectividad de los animales por los diferentes componentes morfológicos de la planta (Crawley, 1983). Cada defoliación representa para las plantas una alteración del crecimiento e interferirá con su habilidad competitiva con plantas de su misma especie y otras en la dinámica de la población de la pradera (Lemaire, 2001).

Se ha evidenciado que en la mayoría de los experimentos relacionados con la estructura de la pradera demuestran que existe una asociación entre esta y el comportamiento alimenticio (Chacón *et al.*, 1978).

Los principales factores que contribuyen a una alta eficiencia de utilización y a una ingestión elevada son, probablemente, la abundancia de hojas, densidad foliar alta y existencia de hojas y tallos finos con tejido estructural limitado (Hodgson, 1990). Lo anterior, se debe a que la mayor densidad de hojas comparada con la madurez del tallo en la estructura de la pradera, mejora el consumo de energía con un incremento en el tamaño y frecuencia de bocado (Blaser, 1982); además, se han observado mayores consumos de la fracción de hoja que de tallo a pesar de tener digestibilidades similares (Laredo y Minson, 1973).

González (1999) al trabajar con alturas (3 y 6 cm) y frecuencias (21, 28 y 35 días) de corte en pasto ovillo, encontró que la mayor acumulación de forraje total y de hoja, ocurrió con defoliaciones cada 35 días a 3 cm de altura, con producciones de 3853 y 2923 kg de MS ha<sup>-1</sup> respectivamente. En el estudio anterior se concluyó que la acumulación de materia seca total y de hoja, así como la cantidad y porcentaje de material muerto, aumentaron al incrementar la edad del rebrote; así mismo, la cantidad de hoja aumenta en forma lineal con el tiempo, pero el crecimiento neto disminuye a la vez que incrementa la senescencia.

Hernández (2007) al estudiar el pasto ovillo con tres frecuencias de corte (21, 28 y 35 días) y dos intensidades de pastoreo (5-7 y 9-11 cm), encontró que durante el verano, otoño e invierno, se registraron las menores proporciones de hojas a mayores intervalos de pastoreo, debido al incremento en la proporción de tallos y material muerto, relacionado posiblemente con las bajas temperaturas de otoño e invierno que no permitieron que las hojas crecieran, por lo que los tallos predominaron. Chapman y Lemaire (1993) mencionan que con temperaturas adecuadas y suficiente humedad, la velocidad de crecimiento se acelera, hasta llegar a un punto óptimo, después del cual hay un incremento en la tasa de senescencia.

Pérez *et al.* (2002), al estudiar el pasto ballico perenne (*Lolium perenne*) a diferentes alturas de corte (3, 6, 9, 12 y 15 cm) y un testigo (sin corte), encontraron que el peso de los tallos, hoja y material muerto se incrementaron ( $P < 0.05$ ) conforme la

intensidad de corte fue menor. El forraje total, la masa aérea y radical fue mayor en las plantas sin corte. La mayor relación hoja: tallo y hoja: no hoja se observó en plantas expuestas a cortes de 3 cm ( $P < 0.05$ ). La tasa de elongación total, neta y de senescencia, se incrementaron conforme disminuyó la intensidad de corte. Para ballico perenne la altura de corte óptima, en base a la producción de forraje fue, en promedio, de 10.85 cm, dado que a alturas mayores (15 cm) o ausencia de corte, promovieron un incremento en el material muerto.

### **2.11. Calidad de forraje**

Calidad de forraje es un conjunto de características que califican la eficiencia de la planta para ser digestible, consumible y proporcionar la mayor cantidad de nutrimentos deseables. (Poppi y Mclennan, 1995) Las estrategias de manejo de praderas en cuanto a intensidad, frecuencia y oportunidad de uso, ya sea por corte o pastoreo, tienen influencia directa sobre la composición botánica, rendimiento y calidad de las especies forrajeras (Hernández-Garay, 1997a).

Es ampliamente conocido que la concentración de nitrógeno y carbohidratos solubles en el tejido vegetal, disminuye progresivamente con la madurez de la planta y que en la mayoría de los sistemas de producción animal existe exceso de nitrógeno (N) protéico en el forraje joven (3 y 4% de N), mientras que el forraje maduro (1%N) es deficiente en proteína (Hodgson, 1990). Al respecto, la calidad de las praderas está en función de las especies presentes porque el contenido de nutrientes varía entre ellas (Norton y Poppi, 1995).

Hodgson y Brookes (1999), consideran a la digestibilidad de la materia seca como un indicado primario del valor nutritivo de los forrajes; este aspecto es de gran importancia dado que el consumo voluntario del forraje está relacionado directa y linealmente con la digestibilidad de éste. Al respecto, Hodgson (1990) señala que al igual que con la producción de forraje, existe variación estacional en la calidad de los pastos en

términos de la digestibilidad, e insiste en la necesidad de cuantificarla para conocer las temporadas de disponibilidad y limitación potencial de forraje digestible. Existen diferencias en el patrón de digestibilidad de las especies y cultivares de los pastos en el año, que se explican en el cambio de la relación hoja-tallo, en estado equivalente de madurez (Norton y Poppi, 1995; Clark y Armentano 2002).

Los intervalos de defoliación influyen directamente en el valor nutritivo de las praderas y su productividad, y en gran medida determinan la carga animal (Muslera y Ratera, 1991). Al respecto, Lascano *et al.* (1990) encontraron menor cantidad total de hojas a mayor intervalo de corte, acompañada por disminución en los porcentajes de proteína y digestibilidad de la materia seca. Si bien es cierto que, la acumulación de forraje en una misma pradera es mayor si el intervalo entre defoliaciones es largo, el valor nutritivo de la misma es más bajo, así que las praderas deben cosecharse antes de que alcancen la máxima acumulación de MS ha<sup>-1</sup> (Humphreys, 1975). La calidad y el consumo de forraje disminuyen en intervalos largos de defoliación como consecuencia de una reducción en la relación hoja-tallo y la proporción de material vivo-muerto (Poppi *et al.*, 1987). De igual forma, a consecuencia del pastoreo se acumulan hojas y tallos muertos en la base de las plantas, por lo que se manifiesta una disminución en su valor nutritivo; en estas condiciones, la proporción de material muerto puede alcanzar 50% de la materia seca en verano (Hodgson y Brookes, 1999). El manejo de la defoliación no solo influye en el crecimiento de la planta y su morfología, sino también en la economía de los nutrientes de la pradera, a través de cambios en la cantidad y calidad de la materia orgánica del suelo (Brock *et al.*, 1989).

Pérez *et al.* (1997) comparando tres variedades de ballico perenne, tanto en digestibilidad *in vitro* como *in situ* de materia seca, reportó diferencias entre variedades (la variedad Talbot > Croper > Barlatra); aunque los valores de digestibilidad *in situ* fueron mayores que los *in vitro*, aunque la correlación entre ellas fue de 0.98-0.99. De igual forma, en esta especie, la digestibilidad de las hojas, vainas y tallos disminuyen con la edad, especialmente durante la formación de espigas (Hodgson 1990).

Clark (1993) estimó la digestibilidad de la materia seca (DMS) de tres categorías de hojas de ballico perenne (hojas jóvenes en proceso de expansión, hojas jóvenes completamente expandidas, y hojas viejas) y el pseudotallo de 3 cultivares diploides 523, Melle y Mascot de ryegrass perenne de espigamiento tardío, en una estación de pastoreo de seis meses. En todos los cultivares hubo un gradiente distinto en % DMS, entre las categorías de hojas; las hojas más jóvenes en expansión tuvieron 85% DMS, 15 unidades más altas que en las hojas viejas (69%). El % DMS del pseudotallo fue similar al de las hojas más jóvenes completamente expandidas, con 77 % DMS. La digestibilidad de la planta varió con la estación del año y los valores más bajos se obtuvieron a principios de mayo y julio.

Velasco (2001) en su estudio con ovido evaluando tres frecuencias de corte (2, 4 y 6 semanas) encontró una variación significativa ( $P < 0.05$ ) en el contenido de proteína durante las estaciones del año. En verano, invierno y el promedio anual es mayor la diferencia entre el contenido de proteína por tratamientos que en primavera y otoño pero no existe diferencias entre estaciones, su conclusión general fue que a menor frecuencia de corte mayor contenido de proteína. Lo mismo ocurre con la digestibilidad de la materia orgánica (DMO), la cual varió con las estaciones del año y fue mayor en invierno. Sin embargo, la producción de materia orgánica digestible (MO) fue mayor en verano y la acumulación anual no presentó diferencias significativas entre frecuencias de defoliación.

Acosta *et al.* (2006), en un estudio realizado con praderas de ovido pastoreadas con vacas Jersey productoras de leche, evaluó la composición química del pasto y su relación con el consumo del mismo; se estudiaron dos tratamientos resultantes de sendas edades de rebrote, establecidas en función de la frecuencia de pastoreos, 45, 20 y 35 días, menor edad de rebrote (E 1) y 60, 30 y 50 día como mayor edad de rebrote (E 2), en invierno, primavera y otoño respectivamente. Según los resultados obtenidos, encontró diferencias mínimas, pero importantes en la composición química del forraje ante las edades de rebrote. El contenido de proteína fue de 16.9 a 18.8 % para E1 y de 14.8 a 17.8 % para E2, según la estación. El contenido de FDA varió de

26.1 a 31.5 % para E1 y de 28.6 a 34.0% para E2. Concluye que el estudio pone de manifiesto, para la especie forrajera utilizada y la diferencia empleada en las edades de rebrote, la relevancia de estrategias de manejo de la pastura para modificar el comportamiento del animal en pastoreo a fin de mejorar el consumo y la productividad animal.

## **2.12. Conclusiones de la revisión de literatura**

- ▶ La capacidad productiva del pasto ovido, como de otras especies forrajeras, depende de la interacción entre el ambiente (clima y suelo), la planta o especie forrajera y las prácticas de manejo.
- ▶ El rendimiento de las praderas está constituido, principalmente, por los componentes hojas y tallos, por lo que es necesario conocer los procesos de desarrollo y pérdida de los mismos en condiciones por pastoreo.
- ▶ La frecuencia e intensidad de pastoreo en las plantas forrajeras, afecta directamente el rendimiento de forraje por unidad de superficie, la densidad de tallos, arquitectura y componentes morfológicos de la pradera, la persistencia y la calidad del forraje.
- ▶ La productividad de la pradera depende de la densidad poblacional de tallos. Una alta densidad está relacionada con pastoreos o cortes frecuentes y severos, mientras que una baja densidad está relacionada con pastoreos o cortes poco frecuentes y poco severos.
- ▶ Defoliaciones intensas y frecuentes, ocasionan una caída en las reservas de energía de la planta, provocando una disminución en la producción de forraje. Sin embargo, cortes severos pero con periodos prolongados de recuperación tienden a incrementar el rendimiento.

- ▶ Manipulando la frecuencia e intensidad de pastoreo se puede incrementar el rendimiento, persistencia y calidad en el forraje
- ▶ La calidad de forraje varía con la madurez de la planta y estación del año; la importancia de la calidad radica en que la digestibilidad determina el consumo potencial de forraje.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Localización y características del sitio experimental

El experimento se realizó en el Campo Experimental del Colegio de Posgraduados, en Montecillo, Texcoco, Estado de México, localizado a 98° 48' 27" LO y 19° 48' 23" LN y 2241 msnm. El suelo del área es migajón arenoso, ligeramente alcalino (pH 7.8), con 2.4% de materia orgánica (Ortiz, 1997). El clima de la región es Cw1(w)b(i)g templado subhúmedo, con lluvias en verano y que es largo y fresco, isotermal, y la temperatura media del mes más cálido es antes del solsticio de verano; la temperatura media anual es de 15° C; las temperaturas promedio mensuales más baja (11.6°C) y más alta (18.4°C) se registran en enero y mayo, respectivamente; y precipitación media anual de 645 mm (García, 1988).

#### 3.2. Tratamientos y diseño experimental

El experimento se realizó de febrero a diciembre de 2007. Se evaluaron 6 tratamientos en un diseño experimental de bloques al azar con 3 repeticiones, por lo que el sitio se dividió en 18 parcelas, éstas de 9 x 8 m. Los tratamientos se realizaron con un arreglo factorial 2 por 3, los cuales fueron:

- a) *Intensidad de pastoreo*.- Dos intensidades de pastoreo, clasificadas en: 1) severo de 3 a 5 cm de altura de forraje residual y 2) moderado de 6 a 8 cm.
- b) *Frecuencia de pastoreo*.- Tres calendarios de frecuencias de pastoreo clasificados en: i) Alta con pastoreos cada 14/ 28 días, ii) Media con pastoreos cada 21/35 días y iii) Baja cada 28/42 días de descanso. Dichos calendarios para las estaciones de primavera-verano/otoño.

### **3.3. Pradera**

El experimento se realizó en una pradera de pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) variedad Potomac, es preciso mencionar que esta pradera llevaba 4 años de ser establecida. El manejo de ésta pradera durante los años anteriores a ésta investigación, fue la evaluación de frecuencias e intensidades de pastoreo (diferentes al presente experimento), utilizando bovinos y ovinos como defoliadores, con cortes cada 35 a 40 días.

Previo al inicio del experimento, las praderas fueron cortadas homogéneamente con una podadora a una altura de aproximadamente 5cm. Posteriormente se aplicaron 40 kg ha<sup>-1</sup> de N. Posteriormente se iniciaron los pastoreos según los tratamientos, hasta el inicio de primavera (21 de marzo), primera estación evaluada del experimento, con lo que se procedió a tomar los datos correspondientes a las variables.

Durante el experimento se realizó manejo contra malezas y otras especies ajenas a la especie forrajera evaluada, realizando continuamente deshierbes manuales. Así mismo, riegos por aspersión con una lamina de aproximadamente 7 cm, éstos se dieron durante la época de sequia (primavera y otoño) estos fueron aproximadamente 1 cada 15 a 30 días. Durante la época de lluvias (verano) no se llevaron a cabo.

### **3.4. Animales**

Se utilizaron ovinos adultos de un peso promedio entre 40 y 50 kg de peso vivo, únicamente como defoliadores. Durante el experimento en fechas de pastoreo, los animales se repartían en las praderas correspondientes, en donde se les proporcionaba agua a libre acceso.

En los días en los que las paraderas se encontraban en recuperación, los animales pastoreaban en otras parcelas del mismo pasto o de alfalfa. Por la tarde eran confinadas en corrales y se les proporcionaba una dieta a base de minerales, avena, grano de sorgo o maíz molido y agua a libre acceso.

### 3.5. Manejo de pastoreo

Debido a no contar con el número suficiente de borregos para el pastoreo de toda el área experimental y para facilitar los muestreos de las variables evaluadas, los pastoreos fueron realizados por bloque. Se utilizó el pastoreo en masa (mob grazing) con una carga de, aproximadamente, 5 a 10 ovinos por parcela. Esto, con fin de llegar a la intensidad de pastoreo evaluada en un máximo de 8 horas.

Se diseñó un calendario de pastoreos, dando como resultado que en primavera y verano se tuvieron el mismo número de pastoreos para cada una de los frecuencias evaluadas, pero durante otoño, por modificar las frecuencias de pastoreo, se realizaron menor número de pastoreos durante esta estación (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Número de pastoreos realizados al aplicar los calendarios e intensidades de pastoreo evaluados**

Tratamientos		Estación		
Calendario de frecuencia de pastoreo	Intensidad de pastoreo	Primavera	Verano	Otoño
Alta	Severa	6	6	3
	Moderada	6	6	3
Media	Severa	4	4	3
	Moderada	4	4	3
Baja	Severa	3	3	2
	Moderada	3	3	2

### **3.6. Variables medidas y calculadas**

#### **3.6.1. Cantidad de forraje presente**

La cantidad de forraje presente fue el existente al momento de aplicar el pastoreo. Se determinó mediante la cosecha de dos cuadros de 0.25 m<sup>2</sup> por pradera. Previo al pastoreo se cortó el forraje encontrado dentro del cuadrángulo a 4 ó 7 cm para las intensidades severa y moderada, respectivamente. Para evaluar el efecto del pastoreo, los cuadros nunca fueron tomados en el mismo sitio dentro de la pradera, para ello se trazaron transectos, los cuales servían como guía para no repetir el sitio de muestreo.

El material cosechado de ambos cuadros se colocó en bolsas de papel previamente etiquetadas y marcadas para identificarlas. En el laboratorio, se lavó el material cosechado y posteriormente fue secado en una estufa de circulación de aire forzado, a 55 °C por 72 horas. Posteriormente al secado todo fue pesado para expresar la cantidad de forraje en términos de rendimiento. El rendimiento estacional fue la sumatoria de las cantidades de forraje presente en todos los pastoreos efectuados en cada estación y el rendimiento acumulado de forraje fue la sumatoria de los rendimientos estacionales.

#### **3.6.2. Rendimiento promedio por pastoreo**

Con los datos obtenidos de rendimiento estacional se calculó el rendimiento promedio por pastoreo, este se obtuvo al dividir el rendimiento estacional entre el número de pastoreos realizados en dicha estación.

### **3.6.3. Tasa de acumulación de forraje**

Se calculó dividiendo la cantidad de forraje presente, entre el número de días transcurridos desde la determinación próxima anterior, promediando los valores para cada tratamiento mensualmente y por estación. La fórmula utilizada fue la siguiente:

$$TAF = \frac{FP}{T}$$

Donde:

TAF = Tasa de acumulación de forraje (kg MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>).

FP = Cantidad de forraje presente (kg MS ha<sup>-1</sup>).

T = Días transcurridos desde el pastoreo próximo anterior.

### **3.6.4. Composición morfológica**

De las muestras cosechadas en los cuadros, anteriormente descrito, se obtuvo una muestra de aproximadamente 200 gr, esta muestra se separó manualmente por componentes que estuvieran presentes, en hoja, tallo, material muerto e inflorescencia. Cada componente se colocó en bolsas independientes, previamente marcados e identificados, para ser secados en estufa de circulación de aire forzado a 55 °C por 72 horas. Posteriormente se registró el peso de cada componente y se calculó, en términos porcentuales, el aporte de cada componente al rendimiento de forraje.

### **3.6.5. Relación hoja: tallo y hoja: otros componente**

Con la información obtenida de la composición morfológica y con base en los pesos secos de los componentes, se determinó la relación hoja:tallo y la relación hoja:otros componentes. Para ello, se dividió el peso seco de la hoja entre el peso seco del

tallo y el peso seco de la hoja entre el peso seco de la sumatoria de tallos, material muerto y espigas cuando éstas aparecieron.

### **3.6.6. Conteo de tallos, cálculo de densidad, dinámica de tasa de aparición y muerte de tallos**

Inmediatamente después del primer pastoreo experimental aplicado a todas las parcelas, se identificó al azar una mata de pasto ovido; usando como centro este macollo se enterró un aro de PVC de 20cm de diámetro, quedando a ras de del suelo y que no interfiriera con el pastoreo. Una vez enterrados los aros se procedió a contar el número de tallos presentes en cada macollo e identificar cada tallo con un aro de alambre, forrado con un color específico. Después de este primer conteo, se repitió el conteo cada 30 días, identificando los nuevos tallos con un aro de nuevo color. A partir del segundo conteo, se contabilizaban los tallos vivos y muertos.

La densidad de tallos totales se determinó con el número de tallos contabilizados y la superficie del aro. Esta información se calculó para expresarla en tallos por m<sup>2</sup>. La tasa de natalidad y muerte de tallos se calculó para conteos sucesivos, con la sumatoria de nuevos tallos y tallos muertos, para la variable respectiva, entre el número de días transcurridos al conteo próximo anterior.

### **3.6.7. Calidad nutritiva de ovido**

Al material cosechado para determinar cantidad de forraje presente, en el pastoreo efectuado hacia la mitad de cada estación en cada tratamiento, se determinó proteína total (A.O.A.C., 1984), porcentaje de fibra insoluble en detergente neutro y porcentaje de fibra insoluble en detergente ácido (Van Soest, 1984) y la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (Tilley y Terry, 1963).

### **3.7. Datos meteorológicos**

Los registros de los datos meteorológicos se obtuvieron de la Estación Meteorológica del Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo, localizada aproximadamente a 400 metros del sitio experimental. Se tomaron datos a la intemperie de la precipitación mensual, temperatura media y temperaturas extremas de cada mes (mínima y máxima) así como heladas; todo lo anterior durante el periodo de estudio (Figura 1).

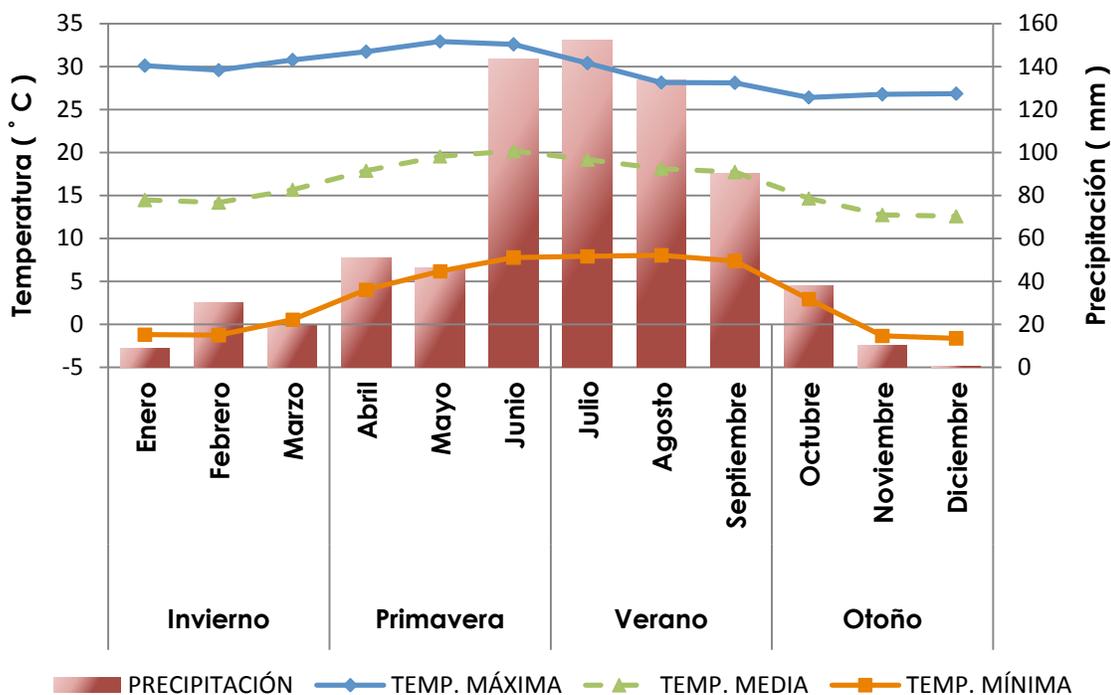
### **3.8. Manejo y análisis estadístico de los datos**

Se realizaron análisis de varianza para las variables de cantidad, proporciones y calidad de forraje, para los que se usaron los promedios por tratamiento. Dentro de cada estación se analizaron el rendimiento acumulado, estacional y por pastoreo, aportes porcentuales de cada componente y relación hoja:tallo y hoja:otros componentes. Para los análisis de aportes y relaciones se usan promedios estacionales. Ya capturados y clasificados se analizaron con GLM del programa SAS (SAS, 2009) para cada una de las variables; se realizó un análisis entre tratamientos para cada una de las estaciones que duró el experimento. La comparación de medias de tratamiento se realizó mediante la prueba de Tukey, al 5% de probabilidad. Siempre que la interacción fuese significativa se describe dentro de los cuadros de resultados, de no ser así, se realizó el análisis por factores independientes. Para las variables relación hoja:tallo, relación hoja:otros componentes, composición morfológica, por no tener una distribución normal se transformaron como la raíz cuadrada de la variable + 3.5 (para el componente inflorescencia en la composición morfológica, fue la raíz cuadrada de la variable + 1.5). Para la variable densidad de tallos en el análisis por mes se consideró el conteo inicial como covariable.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Datos meteorológicos durante el periodo de estudio

En la Figura 1 se presentan las temperaturas máximas, mínimas y medias mensuales y la precipitación pluvial promedio durante el periodo de investigación. La máxima temperatura ocurrió durante la primavera (mayo) y la menor en invierno (enero); esos datos concuerdan con lo descrito por García (1988). El promedio mensual durante el año fue 16.4°C, ligeramente superior a la media histórica (1.4°C). Se observa (Figura 1) la presencia de una baja en la temperatura durante finales del otoño (noviembre y diciembre). Con respecto a la precipitación, durante el 2007 se presentó una precipitación total acumulada de 723 mm, 78mm mayor al reporte histórico. La mayor presencia ocurrió durante el verano (52%), principalmente en los meses de julio y agosto, pero durante finales de la primavera (junio) se presentó un marcado incremento en la precipitación, con respecto a los demás meses de la misma estación.



**Figura 1. Temperatura y precipitación registradas de enero a diciembre de 2007 en sitio experimental. Montecillo, Estado de México**

## 4.2. Rendimiento acumulado y estacional

El rendimiento acumulado y estacional de forraje se muestra en el Cuadro 3. Se observa que únicamente en el rendimiento acumulado y en la estación de verano hubo una interacción entre la frecuencia e intensidad de pastoreo ( $P < 0.05$ ). Para el rendimiento acumulado, los tratamientos con pastoreos con baja frecuencia y severa intensidad acumularon la mayor cantidad de forraje ( $25,583 \text{ kg MS ha}^{-1}$ ) con la duración del presente experimento. El efecto de interacción está asociado con el hecho de que pastoreos a baja frecuencia superó a los demás tratamientos en rendimiento únicamente cuando el pastoreo fue severo, mientras que al realizar un pastoreo moderado con este mismo calendario, mostró un rendimiento acumulado bajo como el calendario de alta frecuencia con las dos intensidades de pastoreo.

El pastoreo a frecuencia media con ambas intensidades, mostro un rendimiento intermedio y fue estadísticamente similar a los rendimientos de los tratamientos extremos. También, se puede observar (Cuadro 3) que solamente a baja frecuencia, el pastoreo severo superó en rendimiento al pastoreo moderado. Si bien, el rendimiento acumulado fue influenciado por la interacción de frecuencia e intensidad de pastoreo, existió una tendencia a que alta frecuencia de pastoreos obtuvo el menor rendimiento, siguiéndole los pastoreos a frecuencia media y baja; otra tendencia es que, con pastoreo severo obtuvo mayor rendimiento que con pastoreo moderado, sobre todo, con los pastoreos de baja y alta frecuencia.

Durante el verano se obtuvo igual comportamiento al del rendimiento acumulado, siendo entonces que, el comportamiento en esta estación (verano) explica lo obtenido en el rendimiento acumulado. Esto se puede afirmar, ya que en esta estación hubo un rendimiento de  $11,583 \text{ kg MS ha}^{-1}$  en el pastoreo a una frecuencia baja e intensidad severa, es decir, produce 58% más forraje con respecto a la frecuencia alta en ambas intensidades, 54% a la frecuencia baja para la intensidad moderada y 34 y 39% para la frecuencia media con la intensidad severa y moderada, respectivamente.

Durante primavera (Cuadro 3) se observa, que es también el pastoreo de baja frecuencia y severa intensidad son los que presentaron un mayor rendimiento, aunque no es estadísticamente significativo. Durante esta estación, en todos los calendarios de frecuencias, los pastoreos severos son los que obtuvieron mayor rendimiento que los pastoreos moderados. Con relación a la intensidad de pastoreo se presentó efecto significativo ( $P < 0.05$ ) en el rendimiento acumulado, en primavera y verano. Con el pastoreo a intensidad severa se obtuvo en promedio 6,317; 8,034 y 20,186 kg MS ha<sup>-1</sup> en primavera, verano y rendimiento acumulado, respectivamente, que corresponde a 24% más forraje que con los pastoreos a intensidad moderada 4,608; 6,251 y 15,459 kg MS ha<sup>-1</sup> para primavera, verano y total, respectivamente.

Durante el otoño, los pastoreos con frecuencia media obtuvieron los mayores valores de rendimiento, aunque no es estadísticamente diferente a los demás tratamientos. Considerando únicamente las frecuencias de pastoreo, hubo efecto ( $P < 0.05$ ) en esta estación, al obtener con los pastoreos a frecuencia media, mayor rendimiento (6,797 kg MS ha<sup>-1</sup>) que en las otras dos frecuencias estudiadas.

Tomando en cuenta únicamente la frecuencia de pastoreo, también se presentó efecto ( $P < 0.05$ ) en el rendimiento acumulado, en verano y otoño. Los rendimientos acumulados mayores se presentaron en los pastoreos con frecuencias baja y media (19,633 y 19,183 kg MS ha<sup>-1</sup> respectivamente) que resultó aproximadamente 27% más que en la frecuencia alta (14,431 kg MS ha<sup>-1</sup>). Durante el verano la frecuencia de pastoreo baja produjo mayor rendimiento (8,483 kg MS ha<sup>-1</sup>) que en las frecuencias alta y media en 43 y 13%, respectivamente (4,855 y 7,406 kg MS ha<sup>-1</sup>).

Tomando en cuenta la intensidad de pastoreo, únicamente en otoño no se presentó efecto significativo ( $P < 0.05$ ), en las demás estaciones del presente experimento y el rendimiento acumulado se observa (Cuadro 3) que, los pastoreos a intensidades severas obtienen mayor rendimiento que la intensidad moderada. Esto implica que los pastoreos a severa intensidad no implican una alteración negativa o perjudicial del rebrote del pasto ovillo. Por los valores anteriormente descritos, esta especie

forrajera es capaz de responder al manejo de pastoreos severos, como fue en el presente experimento, ya que al cosechar a un estrato más cercano al suelo (a intensidad severa) se cosecha mayor forraje.

Con respecto a el mayor rendimiento obtenido en pastoreos con baja frecuencia, está de acuerdo con Wilman *et al.* (1977), Matthew y Hodgson (1997) y Spandal y Hesterman (1997) puesto que a intervalo mayor de defoliación se produce una mayor capacidad del dosel vegetal, para interceptar la radiación solar, lo que ocasiona un aumento en la fotosíntesis neta y, en consecuencia, en el rendimiento de materia seca.

En investigación realizada por Matthew y Hodgson (1997), mostraron que la mayor acumulación de materia seca ocurre con una intensidad de pastoreo menos severa y con intervalos prolongados de pastoreo, debido a que permite reponer las reservas de carbohidratos ubicadas en raíces y pseudotallos de las plantas. En la presente investigación no se presentó este efecto con el pastoreo. Estos mismos autores, al realizar una investigación con pastoreos a una alta intensidad y frecuencia, concluyeron que se reduce la persistencia de la pradera, ya que el área foliar después del pastoreo es escasa y la planta debe iniciar su rebrote a partir de los carbohidratos de reserva, almacenados en sus diferentes órganos. Por el contrario, en investigaciones realizadas por Chapman y Lemaire (1993), se menciona que cuando se deja un exceso de forraje residual, se reduce la fotosíntesis en las hojas de los estratos inferiores, lo que provoca una disminución en la tasa fotosintética y, en consecuencia, del crecimiento de las plantas.

Independientemente de la frecuencia e intensidad del pastoreo, el rendimiento tuvo una distribución del 40.1, 30.6 y 29.3% en verano, primavera y otoño, respectivamente. La mayor acumulación de forraje observada en verano, pudo ser por la mayor precipitación y temperaturas, que permitieron un rápido crecimiento de las plantas, lo cual coincide con lo reportado por Zaragoza (2004). El menor

rendimiento observado en otoño, pudo ser por presencia de condiciones climáticas adversas para la especie, principalmente la temperatura (Figura 1).

**Cuadro 3. Rendimiento acumulado y estacional de pasto ovido (kg MS ha<sup>-1</sup>), en respuesta a diferentes calendario e intensidad de pastoreo**

Tratamientos		Acumulado	Estación		
Calendario de frecuencia de pastoreo	Intensidad de pastoreo		Primavera	Verano	Otoño
<b>Alta</b>	<b>Severa</b>	15,622b	6,366	4,820b	4,435
	<b>Moderada</b>	13,059b	4,350	4,889b	3,820
	<b>Promedio</b>	14,341	5,358	4,855	4,128b
<b>Media</b>	<b>Severa</b>	19,355ab	5,028	7,699ab	6,628
	<b>Moderada</b>	19,011ab	4,930	7,114 b	6,967
	<b>Promedio</b>	19,183	4,979	7,406	6,797a
<b>Baja</b>	<b>Severa</b>	25,583a	7,556	11,583a	6,443
	<b>Moderada</b>	13,684b	3,797	5,382b	4,505
	<b>Promedio</b>	19,633	5,676	8,483	5,474ab
<b>Promedio Intensidad</b>	<b>Severa</b>	20,186	6,317	8,034	5,836
	<b>Moderada</b>	15,459	4,608	6,251	4,600
<b>E E M</b>		1909.07	831.34	874.00	676.23
<b>Frecuencia</b>		*	NS	**	**
<b>Intensidad</b>		*	*	*	NS
<b>Interacción</b>		*	NS	**	NS

NS= No significativo; \*\* P< 0.01; \* P< 0.05

a,b Medias con al menos una literal en común no son diferentes (P<0.05; Tukey);

E E M= Error estándar de la media;

Alta= Frecuencia alta; 14 días en primavera y verano; 28 días en otoño;

Media= Frecuencia media; 21 días en primavera y verano; 35 días en otoño;

Baja= Frecuencia baja; 28 días en primavera y verano; 42 días en otoño;

Severa= Intensidad de pastoreo severa; pastoreo a 3-5 cm de forraje residual;

Moderada= Intensidad de pastoreo moderada; pastoreo a 6-8 cm de forraje residual.

Se observó (Cuadro 3) una similitud en el rendimiento durante primavera y otoño, esto se atribuye a que durante el otoño, que se modificaron las frecuencias de pastoreo, dejando mayor intervalo de tiempo entre ellos, permitió la recuperación de la pradera. Esto afectó positivamente a la pradera, ya autores como Velasco *et al.*, (2001) reporta la baja acumulación de forraje durante otoño y que está relacionado

con la poca tolerancia de esta especie a los factores climáticos, principalmente las bajas temperaturas.

Zaragoza (2004) encontró mayores rendimientos de ovillo-alfalfa, durante 12 meses al pastorear cada 28 días ( $P \leq 0.05$ ) que cada 35 días (23,710 vs 22,690 kg MS ha<sup>-1</sup>) atribuye que el motivo fue un aumento en la capacidad del dosel vegetal para interceptar la radiación solar. Este efecto ocasiona un aumento en la fotosíntesis neta y, como consecuencia, en el rendimiento de materia seca. Este mismo autor al estudiar el pasto ovillo, encontró en el periodo de septiembre a marzo mayores rendimientos, al pastorear cada 28 días (3,474 kg MS ha<sup>-1</sup>), en comparación a cuando se realizó el pastoreo cada 14 días (2,613 kg MS ha<sup>-1</sup>). Por su parte González (1999), con el mismo pasto durante 4 meses (julio-octubre) comparó el efecto de tres frecuencias (3, 4 y 5 semanas) y dos alturas de corte (3 y 6 cm) en el rendimiento de materia seca y obtuvo mayores rendimientos al cortar a mayor intensidad (3 cm) y a baja frecuencia (cada 5 semanas) (3853 kg MS ha<sup>-1</sup>).

Scoutt y Hines (1991) y Lozano *et al.* (2002) mencionan que, a medida en que se realizan las defoliaciones con mayor intensidad y la frecuencia entre ellas es menor, se reducen las reservas de hidratos de carbono, el desarrollo de las yemas apicales y los puntos del crecimiento y disminuye el número de vástagos o hijuelos y, por consecuencia, decrece la producción de biomasa. Por tanto, es importante conocer el momento adecuado para realizar los cortes o pastoreos y, además, que estos sean acordes a la producción esperada que se presentan en las diferentes épocas del año.

#### **4.3. Rendimiento promedio por pastoreo**

En el Cuadro 4 se observan los resultados obtenidos de rendimiento promedio por pastoreo de cada tratamiento. Se presenta efecto de interacción ( $P < 0.01$ ) en verano y el promedio estacional. Al respecto, durante el verano el mayor valor lo presentó el

tratamiento de frecuencia baja a intensidad severa ( $3,861 \text{ kg MS ha}^{-1}\text{pastoreo}^{-1}$ ) y el menor se presentó al pastorear a intensidad severa y moderada con alta frecuencia ( $803$  y  $815 \text{ kg MS ha}^{-1}\text{pastoreo}^{-1}$ , respectivamente). En esta estación se observa que el pastoreo con baja frecuencia y severa intensidad rinde alrededor de 450% más que ambos tratamientos de la frecuencia alta y 200% para ambos tratamientos de las frecuencias media y baja con pastoreo ligero.

Tomando en cuenta únicamente la frecuencia de pastoreo, se presentó efecto ( $P < 0.01$ ) en todas las estaciones evaluadas y el promedio estacional. Se observa un comportamiento directamente proporcional entre el rendimiento promedio por pastoreo y la frecuencia entre pastoreos, es decir, a mayor intervalo de tiempo, mayor será también el rendimiento por pastoreo. En este aspecto, autores como Wilman *et al.* (1977), Spandal y Hesterman (1997; mencionados por Zaragoza 2004) y Matthew y Hodgson (1997; mencionado por Velazco 2001) concluyen que en una pradera la producción de forraje está directamente relacionada con el intervalo de defoliación, ya que cuando hay mayor separación entre cortes, se incrementa el rendimiento por unidad de superficie.

Con respecto a la intensidad de pastoreo únicamente en otoño no se presentó efecto significativo ( $P < 0.05$ ). A pesar de esto, se observa (Cuadro 4) que en todas las estaciones y el promedio por tratamiento, los pastoreos severos obtuvieron mayor rendimiento por pastoreo que con intensidad moderada. Los resultados anteriores son similares a los reportados por Hernández-Garay *et al.* (1999) quienes mencionan que la cosecha de biomasa aérea aumenta al incrementar la intensidad de corte. De igual manera, González (1999) encontró mayores rendimientos a mayor intensidad de corte, esto al evaluar intensidades similares a las realizadas en la presente investigación (3 cm corte severo y 6 cm corte ligero).

**Cuadro 4. Rendimiento por pastoreo de pasto ovillo (kg MS ha<sup>-1</sup>pastoreo<sup>-1</sup>), en respuesta a diferentes calendario e intensidad de pastoreo**

Tratamientos		Estación			Promedio
Calendario de frecuencia de pastoreo	Intensidad de pastoreo	Primavera	Verano	Otoño	
Alta	Severa	1,061	803b	1,478	1,114b
	Moderada	725	815b	1,273	938b
	Promedio	893b	809	1,376b	1,026
Media	Severa	1,257	1,925b	2,209	1,797b
	Moderada	1,233	1,779b	2,322	1,778b
	Promedio	1,245b	1,852	2,266b	1,787
Baja	Severa	2,519	3,861a	3,222	3,200a
	Moderada	1,266	1,794b	2,253	1,771b
	Promedio	1,892a	2,828	2,737a	2,486
Promedio Intensidad	Severa	1,612	2,196	2,303	2,037
	Moderada	1,283	1,807	2,111	1,734
E E M		225	236	290	189
Frecuencia		**	**	**	**
Intensidad		*	**	NS	**
Interacción		NS	**	NS	**

NS= No significativo; \*\* P< 0.01; \* P< 0.05;

a,b Medias con al menos una literal en común no son diferentes (P<0.05; Tukey);

E E M= Error estándar de la media;

Alta= Frecuencia alta; 14 días en primavera y verano; 28 días en otoño;

Media= Frecuencia media; 21 días en primavera y verano; 35 días en otoño;

Baja= Frecuencia baja; 28 días en primavera y verano; 42 días en otoño;

Severa= Intensidad de pastoreo severa; pastoreo a 3-5 cm de forraje residual;

Moderada= Intensidad de pastoreo moderada; pastoreo a 6-8 cm de forraje residual.

#### 4.4. Tasa de acumulación de forraje estacional y mensual

Los cambios mensuales y estacionales de la tasa de acumulación de forraje ofrecido (TA) se muestran en la Figura 2 y Cuadro 5. Existió un efecto significativo (P<0.05) de interacción ente frecuencia e intensidad de pastoreo durante el verano y en el valor promedio por tratamiento (Cuadro 5). En verano, el tratamiento con baja frecuencia e intensidad severa presentó mayor TA (138 kg MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) que los otros

tratamientos, y también éste tratamiento tuvo, en promedio, la mayor TA durante el experimento. Contrario a esto, el tratamiento con alta frecuencia de pastoreo e intensidad moderada presentó el menor valor ( $58 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ).

De manera general, la mayor TA se obtuvo durante el verano ( $88 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ) y la menor durante el otoño ( $62 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ). A diferencia de Hernández (2007) en un experimento similar efectuado con ovilla y Velasco *et al.* (2001) evaluando frecuencias con ballico, reportan la mayor TA en primavera ( $74$  y  $98 \text{ kg de MS ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ , respectivamente). De igual manera, Hernández-Garay *et al.* (1997a) señalaron que la TA de ballico perenne, alcanza los valores más altos en primavera por el aumento de la temperatura ambiental, con fertilidad adecuada en el suelo y disponibilidad de agua en el mismo, pero disminuye en otoño e invierno a consecuencia de las bajas temperaturas. El presente experimento difiere también a lo reportado por dichos autores, respectivo a la mayor TA. Por su parte, Zaragoza (2004) observó las menores producciones de materia seca en otoño (e invierno) y coincidió con las menores TA ( $42$  y  $44 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ), cuando ocurrieron las temperaturas más bajas; el presente estudio concuerda con este autor, en que, los valores reportados para otoño son menores que las demás estaciones.

También se observaron diferencias en la TA entre las frecuencias y en promedio por tratamientos; el pastoreo a baja frecuencia (28-42 días), obtuvo el mayor valor ( $P < 0.05$ ) con respecto a los otros tratamientos (frecuencia media 21-35 y frecuencia alta 14-28 días) con valores decrecientes de  $78 > 71 > 57 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ . Es importante hacer mención que todos los tratamientos con intensidades severas (3-5 cm) obtuvieron mayor TA que aquellos con moderada intensidad de pastoreo (6-8 cm), aunque únicamente fue estadísticamente significativo en primavera y verano y en el valor promedio estacional por tratamiento. Resultados similares fueron reportados por Hernández (2007) aunque, al igual que en el presente experimento, los datos no resultan estadísticamente diferentes.

**Cuadro 5. Tasa estacional de acumulación de forraje (kg MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) de pasto ovillo, en respuesta a diferentes calendario e intensidad de pastoreo**

Tratamientos		Estación			Promedio
Calendario de frecuencia de pastoreo	Intensidad de pastoreo	Primavera	Verano	Otoño	
Alta	Severa	76	57b	53	62b
	Moderada	52	58b	45	52b
	Promedio	64	58	49	57
Media	Severa	60	92ab	63	72ab
	Moderada	59	85b	66	70ab
	Promedio	59	88	65	71
Baja	Severa	90	138a	77	102a
	Moderada	45	64b	54	54b
	Promedio	68	101	65	78
Promedio Intensidad	Severa	75	96	64	78
	Moderada	59	81	59	67
E E M		9.88	10.35	7.87	6.80
Frecuencia		NS	**	NS	*
Intensidad		*	*	NS	**
Interacción		NS	**	NS	**

NS= No significativo; \*\* P< 0.01; \* P< 0.05;

a,b Medias con al menos una literal en común no son diferentes (P<0.05; Tukey);

E E M= Error estándar de la media;

Alta= Frecuencia alta; 14 días en primavera y verano; 28 días en otoño;

Media= Frecuencia media; 21 días en primavera y verano; 35 días en otoño;

Baja= Frecuencia baja; 28 días en primavera y verano; 42 días en otoño;

Severa= Intensidad de pastoreo severa; pastoreo a 3-5 cm de forraje residual;

Moderada= Intensidad de pastoreo moderada; pastoreo a 6-8 cm de forraje residual.

La TA mensual presentó una marcada estacionalidad (Figura 2) ya que existieron diferencias significativas (P<0.05), en la interacción frecuencia-intensidad durante julio, agosto y noviembre. La mayor TA se obtuvo en julio (173kg MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) con el tratamiento a frecuencia baja e intensidad severa y la menor en septiembre (17 kg MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) con alta frecuencia de pastoreo e intensidad severa de pastoreo (14 días con 3-5 cm), aunque también existieron bajos valores durante octubre, noviembre y diciembre (otoño).

Con respecto a la frecuencia entre pastoreos, durante los meses de julio y agosto las TA (129 y 79 kg MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) presentaron diferencia significativa (P<0.05), en relación con los demás meses, siendo los mencionados anteriormente cuando se presentó la mayor TA, esto para la frecuencia de pastoreo baja. El menor valor se presentó en septiembre (23 kg MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) con la frecuencia alta. Estos valores en la TA están relacionados a la estacionalidad de crecimiento del pasto y las condiciones agroclimáticas. Similares resultados obtuvieron Velasco *et al.* (2002) y Garduño *et al.*(2009) en experimentos realizados con ballico perenne.

Diferencias en intensidad de pastoreo ocurrieron en mayo, junio, octubre y en el promedio mensual por tratamiento. La mayor TA se presentó de abril a agosto (86, 74, 66, 122 y 72 kg MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> al mes, respectivamente) para la intensidad severa (3-5 cm) y disminuyó para los meses siguientes. Al respecto, Hodgson (1990) menciona que cuando el corte o pastoreo es intenso o severo, la TA de las hojas se afecta severamente, en los primeros días después del pastoreo, debido a que la planta no dispone de suficiente área foliar remanente, para que, por la fotosíntesis, haya una adecuada conversión de la radiación solar a biomasa, dependiendo entonces el crecimiento de las reservas de carbohidratos almacenadas en las raíces de las plantas. Para obtener una mayor TA, se debe tener en cuenta la altura de la planta antes del corte, para decidir cuál es la altura apropiada; además, se debe considerar el clima, ya que éste afecta significativamente el crecimiento de las plantas (Burns y Sollenberger, 2002).

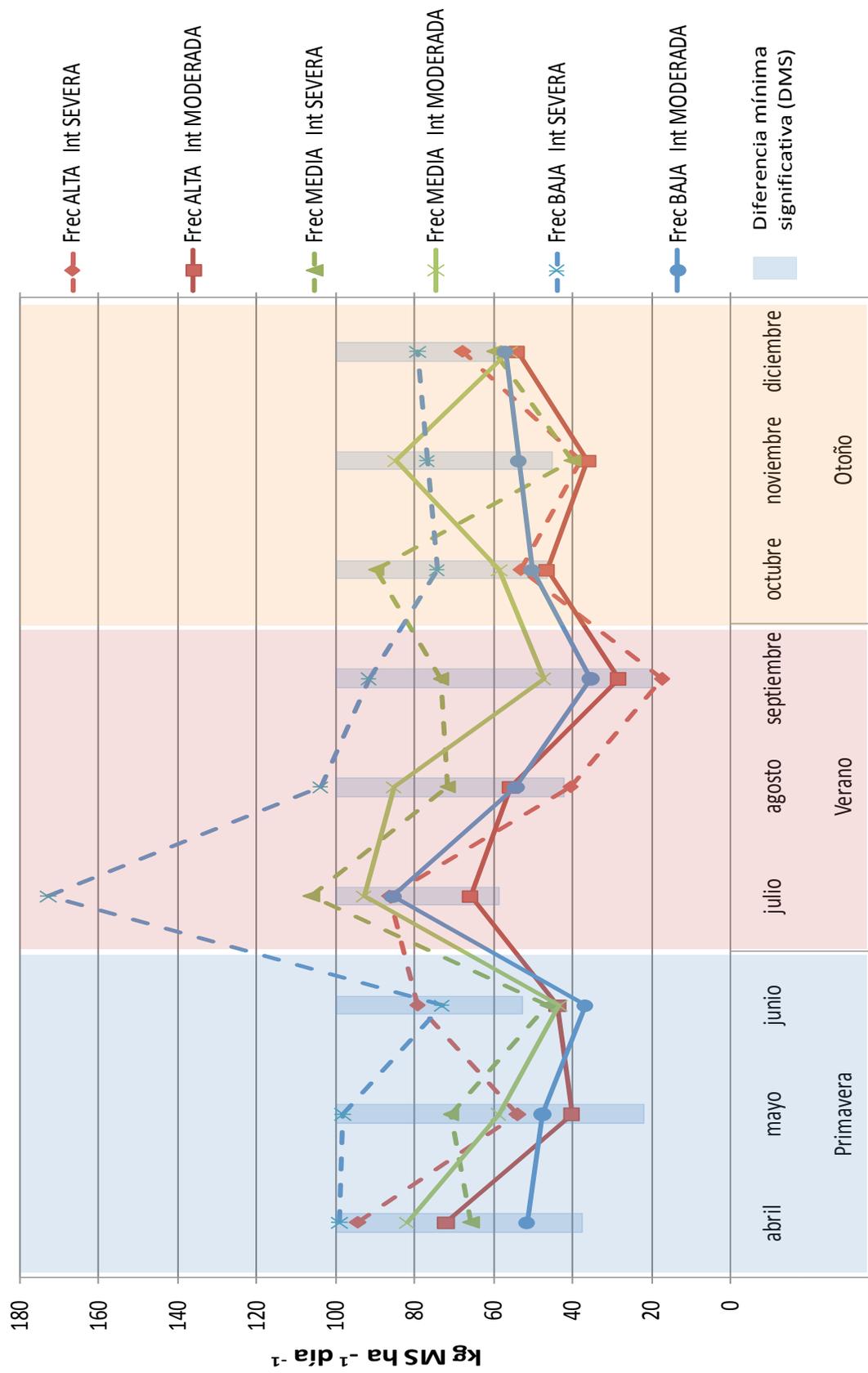
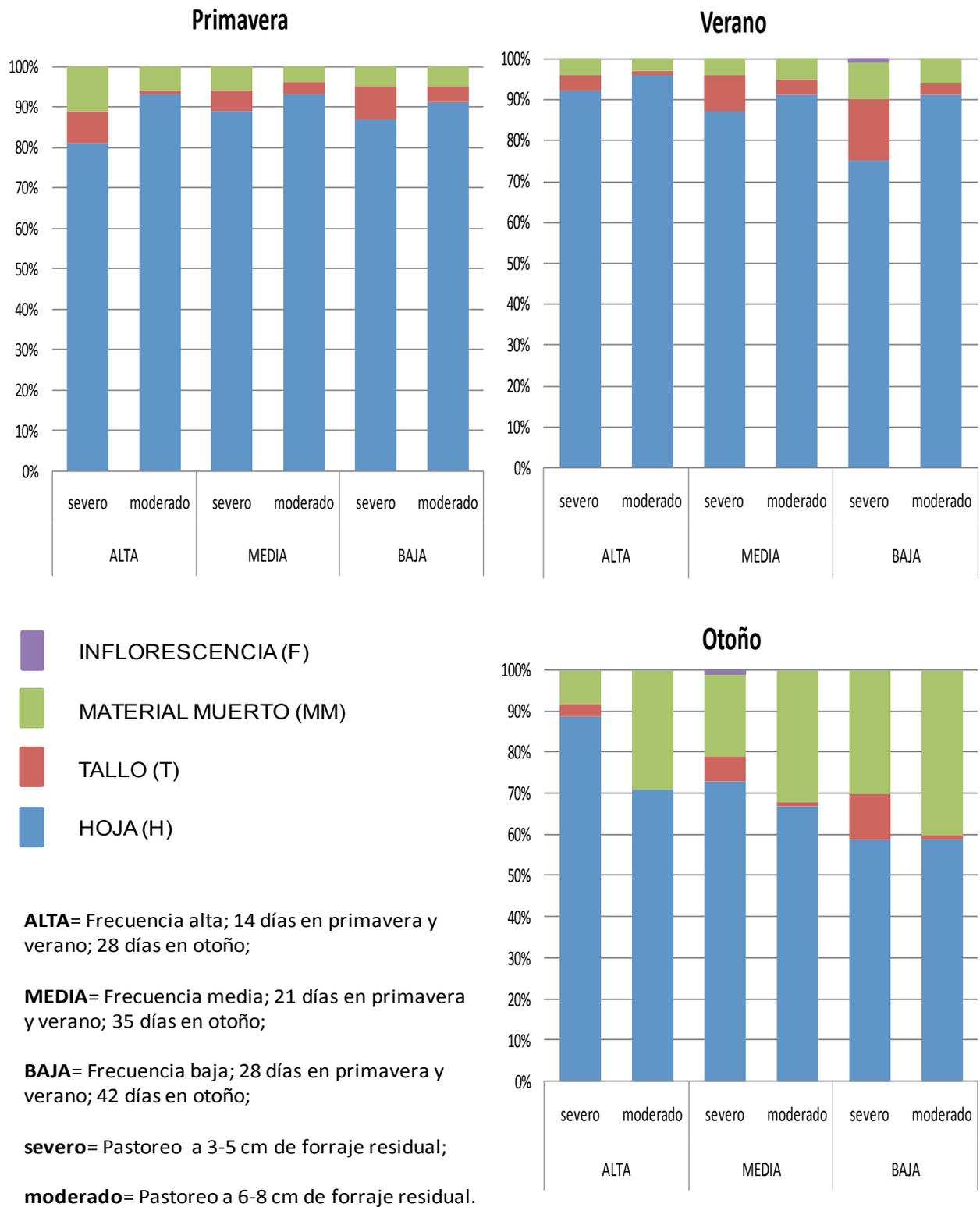


Figura 2. Tasa mensual de acumulación de forraje del pasto ovillo, en respuesta a diferentes calendario e intensidad de pastoreo

#### 4.5. Composición morfológica

En la Figura 3 se muestra la variación estacional, de los componentes morfológicos y su contribución en porcentaje, al rendimiento de materia seca. Durante las estaciones de primavera y verano el contenido de hoja fue superior al 80% en la composición morfológica atribuido al efecto del pastoreo. Los resultados fueron en el siguiente orden: primavera= verano> otoño, con promedios 89 y 70% respectivamente. Durante las 3 estaciones que duró el estudio se registró menor proporción de hoja al ser mayor el intervalo entre pastoreo; este incremento coincide con el aumento en la proporción de tallo y senescencia de hojas obtenidos por autores como Champan y Lemaire (1993); Velasco *et al.* (2001) y Zaragoza (2004). De igual manera, durante la primavera y el verano, a mayor intensidad de pastoreo hubo menor proporción de hoja, ya que se incrementó la proporción de otros componentes como el tallo principalmente, así como el material muerto y reproductivo, debido a que se realizaron cortes en el estrato cercano al suelo, como lo refieren diversos autores como Hernández-Garay *et al.* (1997a); Matthew y Hodgson (1997) y Velasco *et al.* (2001).

La mayor contribución de tallos fue en verano con 6%. El contenido de tallo aunque fue mínimo, se presentó un comportamiento en el que, a mayor intensidad en el pastoreo mayor contenido de éste componente, esto ocurrió en todos los tratamientos en las 3 estaciones evaluadas. Durante el otoño se registraron los mayores valores de material muerto en todos los tratamientos, y fue hasta en 100% mayor, en algunos casos con respecto a las demás estaciones. Esto pudo deberse a las bajas temperaturas (Figura 2) que no permitieron que las hojas crecieran, por lo que al momento del pastoreo, hubo un ligero incremento en el contenido de tallo, pero el material muerto fue el componente que tuvo un incremento altamente significativo. Otro factor al que puede atribuirse la alta presencia de material muerto, es al incremento en el tiempo entre frecuencias de pastoreos, lo que permitió el desarrollo de las hojas y senescencia de las mismas.



**Figura 3. Composición morfológica del pasto ovillo (%), en respuesta a diferentes calendario e intensidad de pastoreo**

Velasco *et al.* (2001) en un experimento en ovillo en el que evaluó la contribución del porcentaje de los componentes morfológicos al rendimiento, en un análisis de crecimiento de 8 semanas, encontró que la acumulación de material muerto ocurrió desde la primera semana de muestreo, durante las cuatro estaciones del año, pero la acumulación ocurrió específicamente en la semana 5. Esto generó un alto contenido del material muerto en el último muestreo en la semana 8, para efectos del presente estudio, al tener frecuencias de 4, 5 y 6 (28, 35 y 42 días, frecuencias alta media y baja, respectivamente) semanas ocurrió algo similar a lo descrito por la autora mencionada.

Se observa (Figura 3) que durante el otoño, en promedio, conforme aumenta el intervalo entre pastoreos se incrementa el contenido de material muerto, lo que está de acuerdo con Champan y Lemaire (1993), quienes mencionan que a temperaturas adecuadas y suficiente humedad, la velocidad de crecimiento se acelera hasta llegar a un punto óptimo, después del cual hay un incremento en la tasa de senescencia. También mencionan que la presencia significativa de material muerto, se debe a que las hojas sombreadas, eventualmente, mueren, cuando otras hojas pasan sobre el estrato sombreado.

#### **4.6. Relación hoja: tallo y relación hoja: otros componentes**

En el presente experimento es de destacar que en las diferentes estaciones y los tratamientos evaluados que se manejaron, existió un gran contenido de hoja (Figura 3), las cuales son la parte más importante en una pradera. En el Cuadro 6 se muestran los cambios estacionales en la relación hoja: tallo y hoja: otros componentes. Los resultados en cuanto a la relación hoja: tallo y hoja: otros componentes, no presentaron efecto de interacción entre la frecuencia por intensidad ( $P > 0.05$ ) de pastoreo durante las estaciones evaluadas.

La relación hoja: tallo durante el periodo de estudio, se encontró un rango de hasta 28 unidades entre los diferentes tratamientos. La frecuencia alta de pastoreo con la

intensidad moderada (14 días, 6-8cm) obtuvo la mayor relación en primavera y la menor durante el otoño (Cuadro 6).

**Cuadro 6. Relación hoja: tallo y hoja: otros componentes (OC) de pasto ovido, en respuesta a diferentes calendario e intensidad de pastoreo**

Tratamiento		Estación					
		Primavera		Verano		Otoño	
Calendario de frecuencia de pastoreo	Intensidad de pastoreo	Hoja:Tallo	Hoja: OC	Hoja:Tallo	Hoja:OC	Hoja:Tallo	Hoja:OC
Alta	Severa	13.8	7.5	11.3	11.1	21.2	8.6
	Moderada	31.0	20.7	7.4	16.2	3.0	3.7
	Promedio	22.4	14.1	9.3	13.7	12.1	6.1a
Media	Severa	14.0	13.0	9.4	7.1	15.5	5.0
	Moderada	26.1	19.9	18.2	12.2	13.8	2.0
	Promedio	20.1	16.5	13.8	9.7	14.6	3.5b
Baja	Severa	12.3	7.3	7.3	3.9	14.4	1.5
	Moderada	18.2	24.5	17.6	14.0	6.3	1.6
	Promedio	15.2	15.9	12.5	8.9	10.3	1.5c
Promedio intensidad	Severa	13.4	9.3	9.3	7.4	17.0	5.0
	Moderada	21.5	20.4	12.5	13.0	6.6	2.3
E E M		0.81	0.34	0.43	0.30	0.76	0.22
Frecuencia		NS	NS	NS	NS	NS	*
Intensidad		NS	**	NS	**	NS	*
Interacción		NS	NS	NS	NS	NS	NS

OC= otros componentes; tallo, material muerto, inflorescencia;

NS= No significativo; \*\* P< 0.01; \* P< 0.05;

a,b Medias con al menos una literal en común no son diferentes (P<0.05; Tukey);

E E M= Error estándar de la media;

Alta= Frecuencia alta; 14 días en primavera y verano; 28 días en otoño;

Media= Frecuencia media; 21 días en primavera y verano; 35 días en otoño;

Baja= Frecuencia baja; 28 días en primavera y verano; 42 días en otoño;

Severa= Intensidad de pastoreo severa; pastoreo a 3-5 cm de forraje residual;

Moderada= Intensidad de pastoreo moderada; pastoreo a 6-8 cm de forraje residual.

La frecuencia, independientemente de la intensidad de pastoreo, no afectó (P>0.05) significativamente esta variable evaluada, pero se puede observar que en primavera se presenta un comportamiento, en el cual, a mayor frecuencia de pastoreo disminuye la relación hoja:tallo (P>0.05). Durante verano y otoño se obtuvieron valores en los que,

los pastoreos a alta frecuencia es menor a la frecuencia media, pero a frecuencia baja también es menor a la frecuencia media ( $P>0.05$ ).

La relación hoja:tallo tampoco fue afectada por la intensidad de pastoreo. ( $P>0.05$ ). Durante primavera y verano tendió a ser mayor al pastorear a intensidad severa. Caso contrario durante el otoño, ya que el mayor valor se obtuvo en el pastoreo a intensidad moderada (Cuadro 6).

La presencia de valores altos en esta variable corresponde, como se mencionó anteriormente, al alto contenido de hoja al momento del muestreo previo al pastoreo. Fisiológicamente, cada macollo individual puede considerarse como una unidad morfológica a partir de la cual se originan nuevas hojas, macollos y raíces. En la base del macollo se encuentra el ápice del tallo, formado por varios segmentos superpuestos unidos por nudos. Estos segmentos se originan por división de células de la parte terminal del ápice del tallo. Estos segmentos no se elongan durante la fase vegetativa, por lo que el ápice del tallo permanece en la base del macollo, cerca del nivel del suelo y por debajo de la altura normal de cosecha. A medida que el domo apical va dando origen a nuevos segmentos, los segmentos más viejos van produciendo hojas. Las hojas crecen en forma de vaina, cubriendo los segmentos más nuevos y el domo apical. Los sucesivos segmentos más nuevos van dando origen a nuevas hojas que crecen dentro de las vainas de hojas más viejas, así, las hojas se van produciendo en forma alternada a cada lado de los segmentos. Al elongarse, las vainas emergen en forma de láminas en el extremo superior de la vaina más vieja (Beguet y Bavera, 2001). Este aspecto fisiológico es mayormente evidente en la frecuencia alta (14 días).

Con respecto a la relación hoja:otros componentes, no se presentó efecto ( $P>0.05$ ) en la interacción entre frecuencia e intensidad (Cuadro 6). La mayor relación hoja:otros componentes se presentó durante la primavera (24.5) a baja frecuencia e intensidad moderada (28 días a 6-8 cm). La menor relación (1.5) se obtuvo en otoño, también en la frecuencia baja pero con intensidad severa (42 días a 3-5 cm). Como en la relación

hoja:tallo, en esta variable también existe un rango amplio entre la mayor y la menor relación de 23 unidades.

Con respecto a la frecuencia de pastoreo se presentó valor significativo en la relación hoja:otros componentes únicamente en otoño ( $P < 0.05$ ). Los tratamientos pastoreados con alta frecuencia tuvieron mayor relación que los de frecuencia media que, a su vez, es mayor a la frecuencia baja (6.1; 3.5; 1.5 respectivamente) (Cuadro 6).

La relación hoja:otros componentes por efecto de la intensidad de pastoreo resultó significativa ( $P < 0.05$ ) durante todo el experimento (Cuadro 6). En primavera y verano la relación hoja:otros componentes fue menor, a mayor severidad de pastoreo (9.3 vs 20.4 y 7.4 vs 13.0, a la estación respectiva) y lo contrario ocurrió en el otoño (5.0 vs 2.3) por lo que, se observa un efecto de la estación muy marcado en esta especie, para dicha variable.

Los resultados obtenidos en el presente experimento, en cuanto a la relación hoja:tallo y hoja:otros componentes fueron similares a lo expuesto por Poppi *et al.* (1987; mencionado por Hernández, 2007) quienes mencionan que a transcurrir el tiempo, la planta presenta un estado más avanzado de madurez y, por tanto, mayor aporte de elementos estructurales, de tal manera que, a medida que se aumenta el periodo de descanso, la proporción hoja:tallo y material muerto tienden a disminuir. Esto únicamente se observó en la relación hoja:tallo en otoño, con la frecuencia de pastoreo alta a media; y en la relación hoja:otros componentes en la primavera con las mismas frecuencias.

Velasco *et al.* (2005) en un estudio realizado con pasto ovillo, demostraron que, en promedio, la mayor proporción de hoja:tallo y hoja:otros componentes, se presentaron en verano (5.04 y 2.37) y las menores en primavera (2.37 y 0.93). Ambas relaciones después de una defoliación, tuvieron valores bajos y fueron en aumento conforme se incrementó la biomasa de hojas verdes, hasta alcanzar un valor máximo (5.96 y 3), para después volver a disminuir durante las últimas semanas, producto de un incremento en

tallos y material muerto. El desarrollo de las plantas provoca que haya cambios en la relación hoja: tallo, debido a los incrementos en los tejidos estructurales y los cambios fenológicos, ya que conforme aumenta la edad del rebrote se incrementa la cantidad de tallos lo que puede estar relacionado con una disminución de la relación hoja:tallo que afecta la tasa fotosintética y el forraje aprovechable (Chapman y Lemaire, 1993).

Hernández-Garay *et al.* (1999) en ballico perenne, concluyeron que a medida que es menor la intensidad de defoliación de 16 a 2 cm, existió mayor relación hoja:tallo y hoja:otros componentes, como consecuencia del menor aporte proporcional de tallos y material muerto, mientras que Zaragoza (2004), al comparar dos frecuencias de pastoreo (4 y 5 semanas) y tres intensidades de pastoreo, encontró que de enero a junio, hubo una mayor relación hoja:tallo, a un intervalo de pastoreo de 5 semanas y que de noviembre a febrero fue mayor, con una intensidad de pastoreo moderada, mientras que de abril a junio ocurrió al utilizar una alta intensidad de pastoreo.

#### **4.7. Densidad de tallos**

En el Cuadro 7 se presenta la densidad de tallos y los cambios ocurridos mensualmente durante todo el periodo de estudio. El efecto de la interacción entre intervalo y altura no fue significativo ( $P > 0.05$ ). Al inicio del experimento la densidad promedio fue de 5,370 tallos  $m^{-2}$ , la cual también fue el menor valor presentado durante el experimento. Se observa que, en promedio, desde el inicio del experimento hasta agosto hubo un incremento continuo en la densidad de tallos, y que en septiembre hay un ligero descenso en el número de tallos, para que en los siguientes meses continúe el incremento. La mayor densidad ocurrió en noviembre (otoño), independientemente de la frecuencia e intensidad de pastoreo, para la frecuencia de pastoreo media a intensidad moderada con 16,530 tallo  $m^{-2}$ . Este tratamiento obtuvo el segundo mayor rendimiento por pastoreo y el mayor rendimiento acumulado en otoño (Cuadro 3 y 4), con esta comparación se puede suponer que el alto rendimiento está directamente

relacionado con la alta densidad de tallos, y ambos factores están directamente afectados por la frecuencia e intensidad del pastoreo.

El comportamiento de aumento en la densidad de tallos, puede referirse a una combinación de factores como la presencia de aceptables condiciones climáticas durante el experimento. Michel y Helene (2000) mencionan que el aumento en densidad de tallos se relaciona, principalmente, con la temperatura y la humedad del suelo y, por consiguiente, cuando las condiciones climáticas aunque sean mínimamente favorables, existe una elevada producción de tallos. También la morfología vegetal alterada después del pastoreo, estimula la dinámica de tallos, lo que permite suponer que la introducción de ganado ovino en las praderas, es otra determinante del incremento en la producción y aparición de tallos según señalan Michael y Douglas (2003; citado por Cab *et al.*, 2008).

Con respecto a la frecuencia de pastoreo, únicamente existieron diferencias ( $P < 0.05$ ) en octubre (Cuadro 7). En este mes la frecuencia media presenta 31 y 19% mayor densidad que en las frecuencias alta y baja, respectivamente. Existió similitud en la densidad de tallos durante julio, agosto y septiembre (verano) y noviembre y diciembre (otoño) ya que los valores de densidad promedio son mayores en la frecuencia media (21-35 días) que en los intervalos de tiempo menor (frecuencia alta) y mayor (frecuencia baja), aunque no resultaron estadísticamente significativas. Este comportamiento durante los meses de otoño puede atribuirse a que no se presentan las condiciones climáticas óptimas para que exista desarrollo de tallos en el lapso de tiempo de la frecuencia alta (28 días), por esto, se puede creer que los tallos que nacieron y alcanzaron el periodo de tiempo de la frecuencia baja (42 días) mueren por no contar con el tamaño y desarrollo necesario para sobrevivir, además de presentarse condiciones desfavorables de clima y el pastoreo. Zaragoza (2004), en un experimento con esta especie asociada con alfalfa, reporta que a una frecuencia media (35 días) la densidad de tallos aumentó en comparación a la frecuencia alta (28 días) durante todo el año, a excepción de los meses septiembre y noviembre. Por su parte González (1999), señala que cortes frecuentes y severos, tienden a disminuir la cantidad de

tallos, al igual que los cortes más ligeros y señaló que en pasto ovillo, una defoliación severa poco frecuente (3 cm cada 35 días), favorece la mayor aparición de tallos.

En promedio, durante primavera se observó un comportamiento diferente, en relación con las otras estaciones evaluadas. La frecuencia alta produjo mayor número de tallos  $m^{-2}$  que en la frecuencia media, que a su vez, ésta tiene mayor valor que la frecuencia baja (8,140 vs 6,688 vs 6,493); es decir, que a mayor intervalo entre pastoreos, menor es la densidad de tallos. Estos resultados son congruentes con lo indicado por Lemaire (2001), quien menciona que la densidad de tallos aumenta con cortes frecuentes y al remover sólo una parte del tejido foliar, debido a una menor competencia por luz, mientras que cortes poco frecuentes e intensos modifican más la arquitectura de la planta y hay mayor competencia por luz, por lo que disminuye la densidad de tallos. De igual manera, Pérez *et al.* (2001), en un experimento con ballico, menciona que la intensidad de corte a 6 cm, presentó la más alta densidad de tallos y resultados similares fueron observados por González (1999), quien señala que cortes frecuentes y severos, tienden a disminuir la cantidad de tallos y encontró que en pasto ovillo, una defoliación severa poco frecuente (3 cm cada 35 días), favorece la mayor aparición de tallos.

En la intensidad de pastoreo no se presentó diferencia ( $P>0.05$ ); se observó un comportamiento en el cual, durante los meses de primavera (abril mayo y junio) e inicio del verano (julio) los pastoreos severos promovieron mayor densidad (5,580; 7,280; 9,310 y 10,600 tallo  $m^{-2}$ ) que el pastoreo ligero (5,160; 6,710; 8,600; 9850 tallo  $m^{-2}$ ). Autores como Hernández-Garay (1995), encontró una reducción en los tallos de ballico, expuestos a corte a 2 cm de altura y señala que se obtuvo una densidad de tallos final inversamente relacionada a la altura de corte, a excepción del corte efectuado a 2 cm; esta situación también la describe Hodgson (1990), al afirmar que con una alta intensidad de cosecha se promueve una mayor densidad de tallos en la pradera, como consecuencia de la mayor penetración de la luz solar, la cual estimula la tasa de aparición de tallos. Durante los meses de la segunda parte del verano (agosto y septiembre) y en el otoño (octubre, noviembre y diciembre) la densidad con pastoreos severos (3-5 cm) generó menor densidad que los tratamientos con pastoreo ligero (6-8

cm). Hernández-Garay *et al.* (1999) también reportaron una disminución de 15%, en la altura de corte de 2 cm, cuatro semanas después de iniciados los tratamientos y tuvo una reducción mayor, dos meses después; sin embargo, después existió un incremento sostenido. Al respecto, Matthew *et al.* (2001) señalan que los cortes severos y frecuentes, tienden a reducir significativamente la densidad de tallos, hasta que la planta reajusta su plasticidad.

Con el ajuste estadístico de covariable, se presentaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en la densidad de tallos durante los meses de primavera y otoño. En mayo y junio (primavera), noviembre (otoño) y el promedio, presentan una diferencia significativa ( $P < 0.05$ ). Únicamente en el mes de octubre (otoño) se presenta una diferencia altamente significativa ( $P < 0.01$ ).

En la Figura 4 y 5 se muestran los ciclos de vida de las diferentes poblaciones de tallos por tratamiento durante el periodo de investigación. Autores como Gastal y Matthews (2005) y Hodgson (1996) mencionan que el ciclo de vida de cada generación de tallos no excede los 12 a los 15 meses de edad, debido a que mueren después de la floración, por senescencia, enfermedad u otros factores. Por ello, es importante detectar las épocas críticas en las que hay mayor natalidad y muerte de tallos, para realizar el manejo de la pradera (Figura 5 y 6).

Desde el inicio del experimento y durante los meses de primavera tendió a incrementarse la densidad de tallos con respecto al conteo inicial y éste incremento se extendió hasta el inicio del verano. Es, aproximadamente, durante agosto cuando no hay continuidad en este aumento (decrece o se mantiene) en la densidad de tallos. Esto ocurrió en todos los tratamientos a excepción de la frecuencia alta con intensidad severa, en la cual continúa el incremento en la densidad durante todo el verano. En las Figuras 5 y 6 se observa una tendencia a mantenerse o incrementarse la densidad de tallos durante los meses de otoño (octubre y noviembre) principalmente, aunque es a finales de septiembre donde se observó que existió una disminución en la densidad.

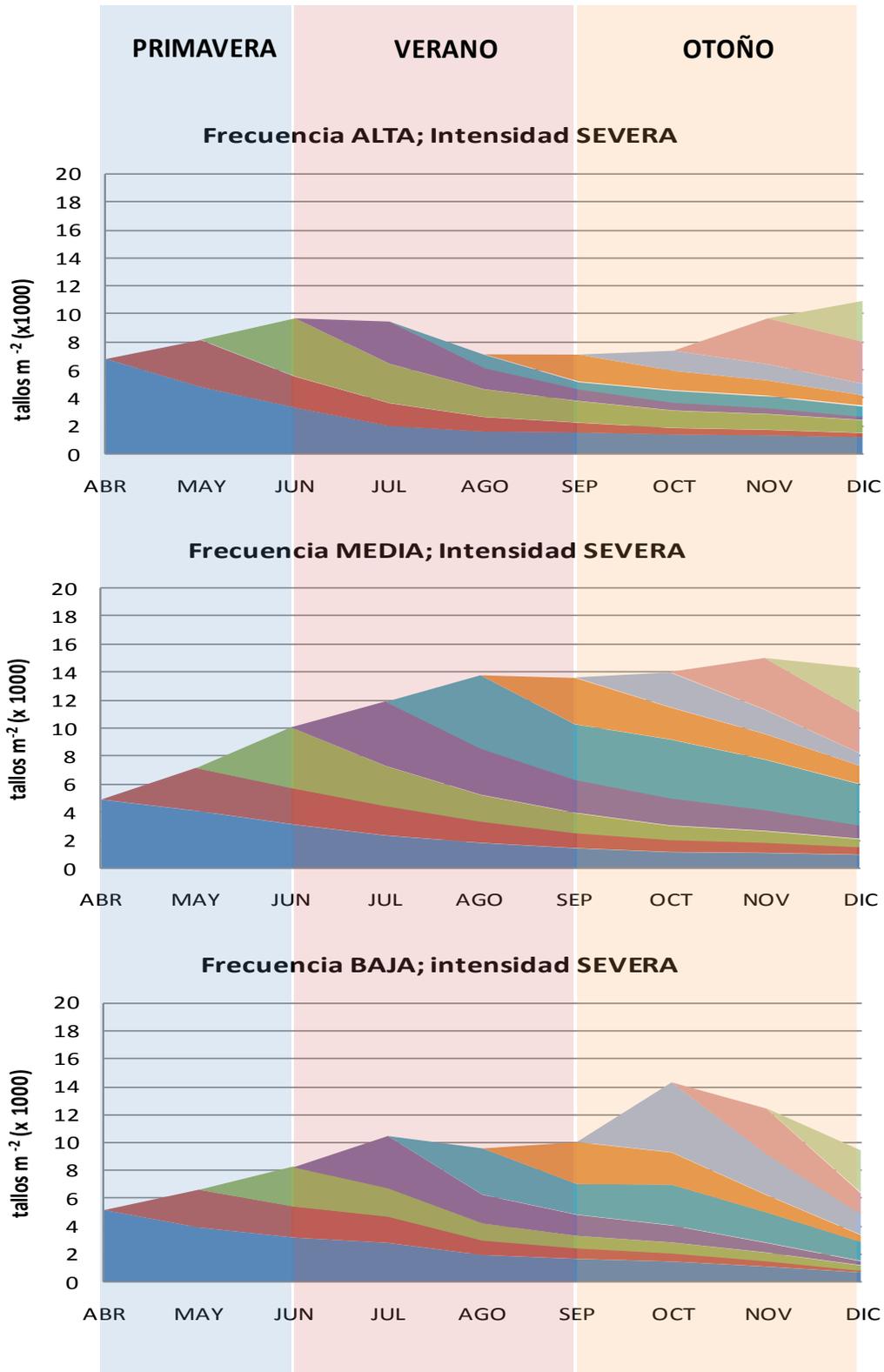
La densidad tendió a incrementarse, a excepción de dos tratamientos, con frecuencia alta e intensidad severa y baja con intensidad moderada; la tendencia mencionada ya no se presentó durante diciembre (final de otoño). Por esta razón, la mayor densidad de tallos ocurrió durante el otoño y en la mayoría de los tratamientos, en noviembre. Esto, se cree, está directamente relacionado con el cambio de frecuencias de pastoreo, aunque Hernández (2007), Velasco (2001) y González (1999) reportan similitud en el comportamiento de densidad de tallos a pesar de no haber realizado este mismo manejo.

**Cuadro 7. Densidad de tallos del pasto ovillo (tallos m<sup>-2</sup>) en respuesta a diferentes calendario e intensidad de pastoreo**

Calendario de frecuencias de pastoreo	Tratamientos	Primavera			Verano			Otoño			PROMEDIO
		Abr-13	May-18	Jun-20	Jul-24	Ago-28	Sep-25	Oct-30	Nov-27	Dic-28	
Alta	Intensidad de pastoreo										
	Severa	6,790	8,150	9,680	9,440	7,090	7,070	7,340	9,680	10,910	8,460
	Moderada	5,650	7,750	10,820	11,230	12,460	13,480	12,820	12,900	12,270	11,040
	Promedio	6,220	7,950	10,250	10,330	9,770	10,270	10,080b	11,290	11,590	9,750
Media	Severa	4,860	7,130	10,040	11,910	13,820	13,620	13,980	14,980	14,280	11,620
	Moderada	5,200	5,920	6,980	8,720	10,460	10,650	15,410	16,530	15,890	10,640
	Promedio	5,030	6,530	8,510	10,310	12,140	12,140	14,700a	15,760	15,090	11,130
Baja	Severa	5,090	6,560	8,210	10,460	9,570	10,020	14,300	12,440	9,400	9,560
	Moderada	4,630	6,470	8,000	9,590	8,430	8,110	9,610	10,950	11,740	8,610
	Promedio	4,860	6,520	8,110	10,030	9,000	9,060	11,960b	11,690	10,570	9,090
Promedio	Severa	5,580	7,280	9,310	10,600	10,160	10,240	11,880	12,370	11,530	9,880
	Moderada	5,160	6,710	8,600	9,850	10,450	10,750	12,610	13,460	13,300	10,100
	Mensual	5,370	7,000	8,960	10,230	10,300	10,490	12,240	12,910	12,414	9,570
EEM	416.03	406.34	610.41	1112.93	1116.85	1047.83	1009.72	1184.67	1447.85	750.34	
Frecuencia	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	
Intensidad	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
Interacción	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
Cov	-	*	*	NS	NS	NS	**	*	*	NS	

Alta= Frecuencia alta; 14 días en primavera y verano; 28 días en otoño;  
 Media= Frecuencia media; 21 días en primavera y verano; 35 días en otoño;  
 Baja= Frecuencia baja; 28 días en primavera y verano; 42 días en otoño;  
 Severa= Intensidad de pastoreo severa; pastoreo a 3-5 cm de forraje residual;  
 Moderada= Intensidad de pastoreo moderada; pastoreo a 6-8 cm de forraje residual.

NS= No significativo; \*\* P< 0.01; \* P< 0.05  
 a,b Medias con al menos una literal en común no son diferentes (P<0.05; Tukey);  
 E E M= Error estándar de la media;  
 Cov= Covariable



**Figura 4. Dinámica mensual de la densidad de tallos de pasto ovillo (tallos m<sup>-2</sup>), pastoreado a diferente calendario e intensidad severa (3 – 5 cm).**

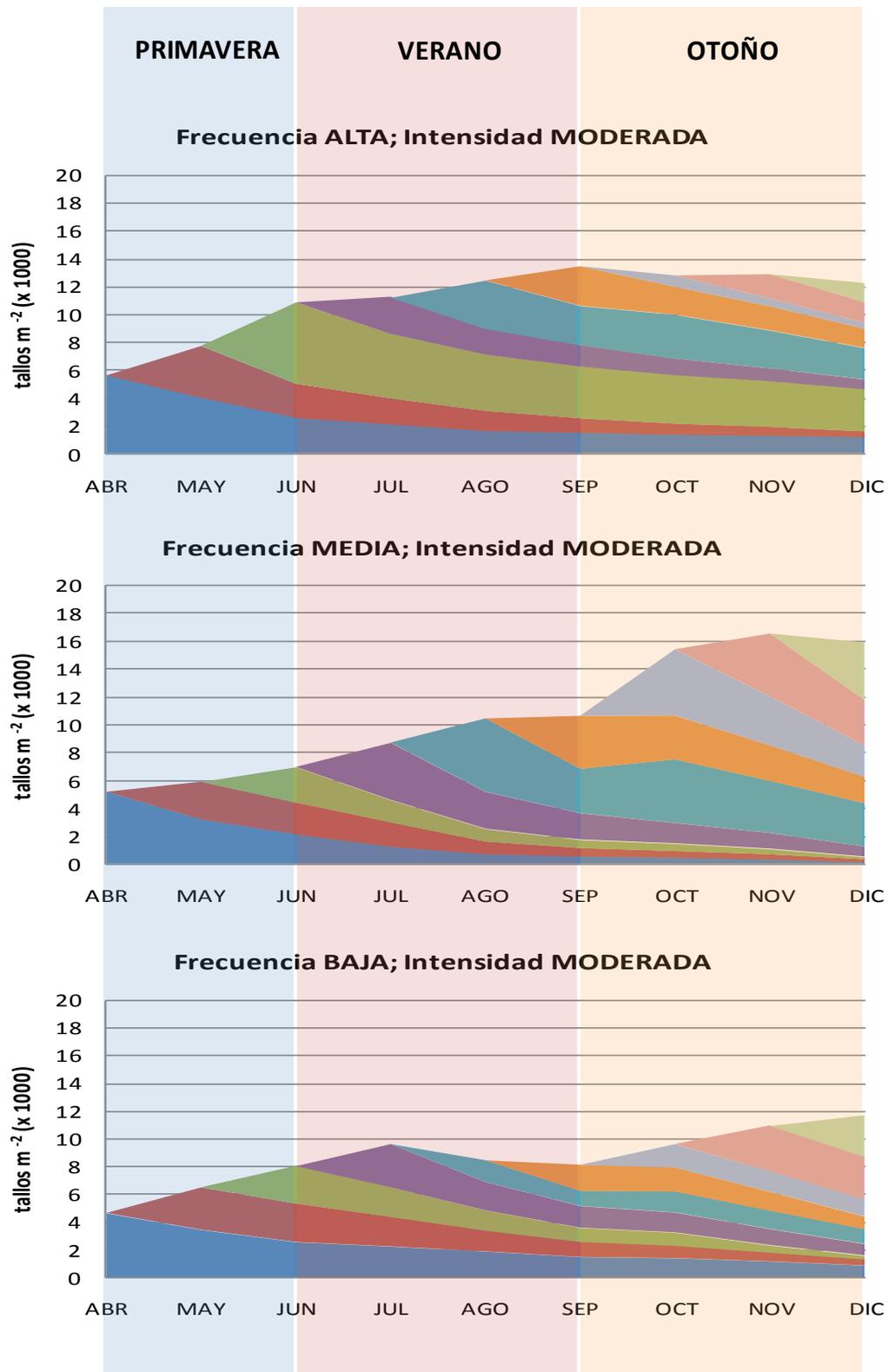


Figura 5. Dinámica mensual de la densidad de tallos de pasto ovillo (tallos m<sup>-2</sup>), pastoreado a diferente calendario e intensidad moderada (6 – 8 cm).

#### 4.8. Tasa de natalidad y muerte de tallos

En el Cuadro 8 y 9 se muestran la tasa de natalidad y de mortalidad por cada cien tallos durante el periodo experimental. Se presentó un efecto de interacción ( $P < 0.05$ ) en la tasa de natalidad de tallos en los meses de junio, octubre y en el promedio por tratamiento. En junio, el pastoreo a intensidad moderada y frecuencia media, tuvo el mayor valor (2.52 tallos  $d^{-1}$ ) y resultó ser también el más alto ocurrido durante todo el experimento para esta variable. Por su parte, en octubre se presenta una diferencia altamente significativa ( $P < 0.01$ ) ya que el mayor valor fue en pastoreos severos a frecuencia baja (2.28 tallos  $d^{-1}$ ) y el menor valor fue para la frecuencia alta con pastoreo ligero (0.29 tallos  $d^{-1}$ ); siendo el menor valor que se presentó en esta variable durante todo el experimento. Esta marcada diferencia en el mes citado se puede relacionar con la modificación de las frecuencias, realizadas por el cambio de estación, aunque el efecto no se reflejó en todos los tratamientos, ya que el nacimiento de tallos está relacionado directamente con otros factores tales como las condiciones climáticas, alta o baja presencia de reservas de carbohidratos y alteración de los puntos de crecimiento de las plantas según encontró Velasco *et al.* (2001). Se observa también (Cuadro 8) que en todos los tratamientos se presenta, en promedio, mayor nacencia de tallos durante mayo, junio (en primavera) y julio (verano), manteniéndose estos niveles altos únicamente en el tratamiento de frecuencia de pastoreo media durante agosto.

De septiembre a diciembre (fin del verano y otoño), en promedio, los valores de natalidad decrecen. Este comportamiento difiere con autores como Gastal y Matthew (2005), que mencionan que hay mayor nacencia de tallos durante el invierno, debido a que en esta época recobran la actividad los meristemos axilares, para generar nuevos tallos, mientras que McKenzie *et al.* (1999) señalaron que la temperatura tiene gran influencia en la aparición de tallos; así, el frío promueve la aparición de tallos y el calor su alargamiento. El invierno es un periodo importante para la recuperación de los pastos, por lo que el manejo se debe realizar de acuerdo al ambiente (Gastal y Matthew, 2005), mientras que, Velasco (2001), en ballico perenne y pasto ovillo cosechado a tres frecuencias de pastoreo (2, 4 y 6 semanas), encontró que existieron

dos picos de aparición de tallos en el año (agosto y enero), en las plantas cosechadas más frecuentemente.

Así, comparando los resultados con el rendimiento promedio por pastoreo y acumulado (Cuadro 3 y 4) existe correspondencia con esta variable, ya que el mayor valor en rendimiento promedio y acumulado se presentó en la frecuencia baja e intensidad severa de pastoreo (3,200 y 25,583 kg MS ha<sup>-1</sup> respectivamente).

**Cuadro 8. Cambios mensuales en la tasa de natalidad de tallos en pasto ovido (tallos d<sup>-1</sup> por cada 100 tallos) en respuesta a diferentes calendario e intensidad de pastoreo**

Tratamientos		Primavera		Verano			Otoño			Prom
Calendario de frecuencia de pastoreo	Intensidad de pastoreo	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Alta	Severa	1.90	2.47a	1.09	0.39	1.16	0.95bc	1.62	1.03	1.33ab
	Moderada	2.41	1.47b	0.90	0.96	0.94	0.29c	0.49	0.35	0.98b
	Promedio	2.15	1.97	0.99	0.68	1.05	0.62	1.06	0.69	1.15
Media	Severa	2.26	1.63b	1.76	1.54	0.97	0.82bc	1.08	0.79	1.36ab
	Moderada	2.24	2.52a	2.08	2.28	1.34	1.99ab	1.06	0.91	1.80a
	Promedio	2.25	2.07	1.92	1.91	1.16	1.41	1.07	0.85	1.58
Baja	Severa	2.06	1.44b	1.53	0.89	1.22	2.28a	0.86	0.87	1.39ab
	Moderada	2.35	1.94b	1.30	0.67	0.75	1.00bc	1.25	0.94	1.27ab
	Promedio	2.20	1.69	1.41	0.78	0.98	1.64	1.06	0.90	1.33
Promedio intensidad	Severa	2.07	1.85	1.46	0.94	1.12	1.35	1.19	0.89	1.36
	Moderada	2.33	1.98	1.42	1.31	1.01	1.10	0.94	0.73	1.35
<b>EEM</b>		0.234	0.128	0.150	0.142	0.086	0.097	0.121	0.081	0.046
<b>Frecuencia</b>		NS	NS	NS	*	NS	**	NS	NS	*
<b>Intensidad</b>		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
<b>Interacción</b>		NS	*	NS	NS	NS	**	NS	NS	*

NS= No significativo; \*\* P< 0.01; \* P< 0.05

a,b Medias con al menos una literal en común no son diferentes (P<0.05; Tukey);

E E M= Error estándar de la media;

Alta= Frecuencia alta; 14 días en primavera y verano; 28 días en otoño;

Media= Frecuencia media; 21 días en primavera y verano; 35 días en otoño;

Baja= Frecuencia baja; 28 días en primavera y verano; 42 días en otoño;

Severa= Intensidad de pastoreo severa; pastoreo a 3-5 cm de forraje residual;

Moderada= Intensidad de pastoreo moderada; pastoreo a 6-8 cm de forraje residual.

Considerando la frecuencia de pastoreo, existieron también diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) para natalidad de tallos en los meses de agosto (verano) y octubre (otoño). En verano, la frecuencia media produjo 65 y 59 % mayor nacencias que con las frecuencias alta y baja, respectivamente (1.91 vs 0.68 y 0.78 tallos  $m^{-2} d^{-1}$ ). Para octubre (otoño), la frecuencia baja generó mayor natalidad de tallos que las otras 2 frecuencias en un 65 y 14% (1.64 vs 1.41 y 0.62 tallos  $d^{-1}$ ).

La tasa de mortalidad de tallos (Cuadro 9) tuvo un efecto de interacción únicamente en el mes de agosto ( $P < 0.05$ ). Mientras que la frecuencia media presentó el mayor valor en esta variable (1.49 tallos  $d^{-1}$ ) para la intensidad de pastoreo moderada; un valor similar (1.46 tallos  $d^{-1}$ ) en la frecuencia baja con pastoreo severo. En estos dos tratamientos se presentó alrededor de 50% más muertes que los tratamientos pastoreados a frecuencia alta y baja a intensidad moderada (0.70 y 0.98 tallos  $d^{-1}$ ).

Con respecto a la muerte de tallos, Velasco (2001) maneja que éstos mueren por no alcanzar la plena madurez debido a causas propias de la planta (reservas de carbohidratos) como de factores externos (humedad, luz, temperaturas, principalmente), por lo que al haber un aumento en la tasa de aparición de tallos y al no encontrar las condiciones favorables ni espacio, morirán muchos de ellos (Matthew *et al.*, 2001). Grant *et al.* (1988) mencionan que los cambios en la estructura del dosel, en tamaño, número de tallos, tasa de rebrote y senescencia por tallo, es la respuesta al manejo, produciendo un mecanismo homeostático, el cual limita cualquier cambio en la tasa neta de producción de forraje. La muerte de tallos que ocurre durante las estaciones de crecimiento, no solo es debido al florecimiento sino también a otros factores, tales como la disminución y frecuencia de la precipitación, por lo que, la lluvia ocurrida en septiembre, fue perjudicial para los tallos jóvenes que todavía no habían desarrollado bien sus raíces lo cual también encontró Gastal y Matthew (2005). Por su parte, Korte y Harris (1987) reportaron que la estacionalidad en la población de tallos, se ha relacionado con la disponibilidad de agua en el suelo, lo cual, en este experimento, pudo haber influido para que se registrara mayor aparición de tallos en agosto, cuando la precipitación fue más frecuente que en los otros meses del año.

**Cuadro 9. Cambios mensuales en la tasa de mortalidad de tallos en pasto ovillo (tallos d<sup>-1</sup> por cada 100 tallos) en respuesta a diferentes calendario e intensidad de pastoreo**

Tratamientos		Primavera		Verano			Otoño			Prom
Calendario de frecuencia de pastoreo	Intensidad de pastoreo	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Alta	Severa	1.06	0.84	1.32	1.31ab	0.96	0.93	0.43	0.63	0.94
	Moderada	1.05	0.89	0.78	0.70b	0.61	0.86	0.55	0.65	0.76
	Promedio	1.06	0.86	1.05	1.01	0.78	0.89	0.49	0.64	0.85
Media	Severa	0.60	0.75	0.95	1.06ab	1.01	1.12	0.65	0.89	0.88
	Moderada	1.30	1.20	1.21	1.49a	1.25	0.86	0.86	1.14	1.16
	Promedio	0.95	0.97	1.08	1.27	1.13	0.99	0.75	1.02	1.02
Baja	Severa	1.08	0.64	0.74	1.46a	1.10	0.96	1.18	1.78	1.12
	Moderada	0.97	1.19	0.69	0.98ab	0.91	0.36	0.74	0.83	0.83
	Promedio	1.03	0.91	0.71	1.22	1.00	0.66	0.96	1.31	0.98
Promedio intensidad	Severa	0.91	0.74	1.00	1.28	1.03	1.00	0.75	1.10	0.98
	Moderada	1.11	1.09	0.89	1.06	0.92	0.69	0.71	0.88	0.92
<b>EEM</b>		0.082	0.128	0.097	0.076	0.076	0.093	0.078	0.093	0.047
<b>Frecuencia</b>		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
<b>Intensidad</b>		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
<b>Interacción</b>		NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS

NS= No significativo; \* P< 0.05

a,b Medias con al menos una literal en común no son diferentes (P<0.05; Tukey);

E E M= Error estándar de la media;

Alta= Frecuencia alta; 14 días en primavera y verano; 28 días en otoño;

Media= Frecuencia media; 21 días en primavera y verano; 35 días en otoño;

Baja= Frecuencia alta; 28 días en primavera y verano; 42 días en otoño;

Severa= Intensidad de pastoreo severa; pastoreo a 3-5 cm de forraje residual;

Moderada= Intensidad de pastoreo moderada; pastoreo a 6-8 cm de forraje residual.

#### 4.9. Calidad nutritiva de ovillo

En el Cuadro 10 se presentan los resultados obtenidos de cuatro análisis realizados en laboratorio: proteína total (PT), fibra insoluble en detergente ácido (FDA), fibra insoluble en detergente neutro (FDN) y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS).

#### 4.9.1. Proteína total (PT)

En el caso de proteína no se presentó efecto de interacción ( $P > 0.05$ ) entre frecuencia e intensidad de pastoreo. El mayor valor para esta variable ocurrió en primavera (25 %) en los pastoreos a frecuencia alta a una intensidad moderada y el menor en verano (15 %) en pastoreo a frecuencia baja en intensidad severa. Estacionalmente, las muestras presentaron, en promedio, un efecto decreciente en el contenido de proteína desde el inicio del experimento, es decir, primavera > verano > otoño (22, 20 y 18 al mes respectivo). El promedio fue de 20%, menor a lo reportado por McClure *et al.* (1994) de 23%, y mayor a lo obtenido por Acosta *et al.* (2006) con 17.2% en diferentes frecuencias de pastoreo y Van Soest, (1994) con 15%; los tres autores anteriormente mencionados en investigaciones con pasto ovillo; e igual a lo reportado por Velasco *et al.* (2005) 20.3% pero éste en ballico perenne.

Tomando en cuenta las frecuencias de pastoreo, se presentó efecto significativo ( $P < 0.05$ ) en primavera, otoño y promedio por tratamiento. En éstas estaciones y en promedio, se observó un comportamiento inversamente proporcional entre la frecuencia de pastoreo y el contenido de proteína total, es decir, a menor frecuencia de pastoreo mayor contenido de proteína (frecuencia alta > media > baja). Durante el verano se presentó un comportamiento similar, aunque no fue estadísticamente significativo, ya que la frecuencia alta (14 días) y media (21 días) promovieron valores iguales (22 %), mayores a los de la frecuencia baja (17%). Se encontró un comportamiento similar a Wilson *et al.* (2008), en estudio de pasto ovillo en un ciclo de 59 días, reporta que los niveles de proteína disminuyeron conforme avanzó la edad al rebrote de 14 a 47 y 59 días (11 > 8 > 6 mg g<sup>-1</sup> tejido, respectivamente). Velasco *et al.* (2005) en ballico, encontró resultados similares, ya que observó un decremento ( $P < 0.05$ ) en el contenido de proteína al aumentar el intervalo de defoliación de 2 a 4 semanas, pero no hubo cambio significativo al pasar de 4 a 6 semanas por lo que concluye que la proporción de proteína fue mayor en los rebrotes más jóvenes, que resultan con cortes más frecuentes, como ocurrió en la presente investigación.

También se presentó efecto ( $P < 0.05$ ) significativo en la intensidad de pastoreo en primavera y otoño. En primavera se observó que las muestras en las que se pastoreó intensidad moderada, el contenido de proteína fue mayor ( $23 > 20\%$ ) que a intensidad severa. Esto no ocurrió en verano ni en el promedio, al no encontrarse diferencias estadísticamente significativas. El menor contenido de proteína a mayor intensidad de pastoreo se debe a que se realiza el muestreo a estrato más cercano al suelo, en él existe mayor relación entre componentes de la planta, a diferencia de cortes menos severos, que llevan mayor proporción de hoja (Acosta *et al.*, 2006; Cowan y Lowe, 1998). Para el caso de otoño, ocurre un comportamiento inverso al de primavera; los pastoreos a intensidad severa presentó mayor contenido de proteína ( $19 > 17\%$ ) que los realizados a intensidad moderada. Los resultados proteína obtenidos, están directamente relacionado con el contenido de hoja (Figura 4). Durante otoño, el contenido de hoja es menor al de las otras estaciones, y existe contenido de otros componentes como tallo y material muerto, éste último en mayor proporción (Figura 4). Hogson (1996) mencionan que, existen diferencias estacionales en los atributos nutritivos de las praderas y estos son, principalmente, por la respuesta en el comportamiento del pasto a los factores ambientales. De igual manera, existe diferencia nutrimental, entre pastos, edades de rebrote del mismo pasto y entre componentes de la misma planta, siendo el material muerto el que aporta menor contenido de nutrientes para el animal. (Hogdson y Brookes, 1999; Hodgson 1990).

#### **4.9.2. Fibra insoluble en detergente neutro (FDN)**

En esta variable se presentó efecto de interacción ( $P < 0.05$ ) en verano. El tratamiento a frecuencia alta a intensidad moderada, obtuvo un valor de 60% y el menor (50%) para el tratamiento de frecuencia media con pastoreo ligero. El promedio por estación de FDN tiene el orden de primavera > verano > otoño con 60, 56, 54 %, respectivamente y el promedio durante el experimento fue de 57%. Autores como Meissner y Paulsmeiert (1995), Tuna *et al.* (2004) y el NRC (2001) reportan valores de 72, 65.3 y 64.4% respectivamente (Cuadro 1), que son mayores al promedio obtenido en esta

investigación. Van Soest (1994) reportó un contenido de pared celular cercano al promedio obtenido en el presente experimento (55%).

El contenido de FDN, según las frecuencias de pastoreo estudiadas, no presentó diferencias significativas ( $P>0.05$ ), aunque se observa que en primavera y en otoño, la frecuencia media tuvo mayor valor (62 y 56%) que con la frecuencia alta (58 y 54%) y un valor superior a la frecuencia baja (61% y 53%). Caso diferente ocurrió durante el verano donde la frecuencia alta (56%) presentó contenido superior de FDN que la frecuencia media (54%), pero menor que la frecuencia baja (57%). Hodgson y Brookes (1999) mencionan que a mayor intervalo de tiempo, mayor será el contenido de fibra en los forrajes, lo cual únicamente ocurrió en este estudio, entre frecuencias alta y media durante primavera y otoño y entre las dos frecuencias media y baja en verano.

Tampoco se presentó efecto significativo en intensidad de pastoreo ( $P>0.05$ ), pues se observó (Cuadro 10) que las muestras pastoreadas a mayor intensidad (intensidad severa) tuvieron menor contenido de FDN (59, 55 y 54% para primavera, verano y otoño, respectivamente) que aquellas de los pastoreos a intensidad moderada (61, 56 y 55% para primavera, verano otoño, respectivamente). Los resultados de la presente investigación difieren con los obtenidos por Hodgson (1999) y Yang *et al.* (2001) quienes mencionan que cortes más severos promueven mayor contenido de fibra, por ello, realizar el pastoreo (o corte) con mayor componente de tallo y al estar relacionado con menor consumo por lo que éste disminuye.

#### **4.9.3. Fibra insoluble en detergente ácido (FDA)**

En el Cuadro 10 se presenta la proporción de FDA para cada tratamiento. No se presentó diferencia entre tratamientos ( $P>0.05$ ) en la interacción entre frecuencia e intensidad, tampoco se presentaron diferencias ( $P>0.05$ ) tomando en cuenta únicamente la intensidad de pastoreo. El mayor y menor contenido de FDA se presentó en otoño con 33 y 18% a baja y alta frecuencia de pastoreo, respectivamente, ambas a

intensidad severa (3-5cm). No se realizó un análisis estadístico, pero el contenido de FDA por estación presentó un comportamiento descendente primavera < verano < otoño con valores de 21, 24 y 26% respectivamente, datos menores a reportados por Acosta *et al.* (2006) quien presentó 32.7% en primavera, 27.4 en invierno y 27.7 en otoño; para esta última estación, estos datos son similares a los obtenidos en el presente experimento. El promedio durante el experimento fue de 24 %, mientras la NRC (2001), Meissner (1995) y Tuna *et al.* (2004) reportan valores de 39.5, 39 y 37.7%, respectivamente (Cuadro 1), valores que son alrededor de 40% mayores al obtenido en la presente investigación.

En la frecuencia de pastoreo se presentó efecto significativo ( $P < 0.01$ ) durante otoño y promedio (Cuadro 10). En el otoño hubo un efecto directamente proporcional entre frecuencia de pastoreo, en el contenido de FDA. Con frecuencia alta (28 días) se presentó menor contenido de FDA (21%) que con la frecuencia media (35 días) (24%) y ésta es menor a la frecuencia baja (42 días) (32%), es decir, a mayor tiempo entre pastoreos, mayor contenido fibroso. Autores como Velasco (2001) Hodgson y Brookes, (1999) y Hodgson (1990) mencionan que esto ocurre por el crecimiento y mayor grado de madurez de las plantas.

#### **4.9.4. Digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS)**

La DIVMS por tratamiento se presenta en el Cuadro 10, y no observaron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos en la interacción entre frecuencia e intensidad. La digestibilidad promedio fue de 65%. En promedio, la mayor digestibilidad se obtuvo cuando se pastoreó cada 21 días (frecuencia media) a una intensidad severa (69 % DIVMS) y la menor correspondió a ambas alturas (intensidad severa y moderada) con intervalos de pastoreo cada 28 días (60 % DIVMS). En este sentido Hodgson, (1990) menciona que el valor nutritivo de los forrajes disminuye, conforme avanza el estado de madurez y el material muerto constituye la fracción menos digestible, en praderas de *Lolium perenne*, cuando la digestibilidad disminuyó a partir de las 10 semanas de

rebrote y llegó a un mínimo a las 22 semanas de crecimiento, por lo que los intervalos cortos, producen un forraje de alta digestibilidad, en comparación con el obtenido en un periodo largo de crecimiento.

Con respecto a la frecuencia de pastoreo, se observó significancia ( $P < 0.05$ ) en el verano, otoño y promedio por tratamiento. En verano la frecuencia baja (28 días) tuvo menor digestibilidad que los otros dos tratamientos (65 vs 69 y 72%). En otoño, hubo una relación inversa ( $P < 0.01$ ) entre el intervalo de pastoreos y la digestibilidad. Se observa (Cuadro 10) que la frecuencia alta tiene mayor digestibilidad (66%) que la media (62%) y ésta mayor a la baja (52%). Esto está directamente relacionado con el contenido de fibra según Velasco *et al.* (2005) y Hodgson y Brookes (1999), ya que mencionan que a medida que las praderas permanecen por más tiempo sin defoliar tienen menos proteína y debido a la mayor presencia de carbohidratos estructurales, el pasto es menos digestible.

Existió diferencia significativa ( $P < 0.01$ ) en la intensidad de pastoreo en otoño. Con pastoreo severo (3-5 cm) hubo mayor digestibilidad que en los pastoreos ligeros (6-8 cm) (64 vs 56). Esto puede atribuirse a la mayor proporción de hoja presente en los pastoreos con intensidad moderada (Figura 4) durante esta estación, que es la parte mayormente digestible (Hodgson y Brookes, 1999; Ducrocq y Duru, 1997; Velasco *et al.*, 2005). Durante la primavera y el verano no se presentó diferencia significativa ( $P > 0.05$ ), pero se observa (Cuadro 10) que los pastoreos severos (3-5 cm) son menos digestibles que los ligeros (6-8 cm) esto se debe a que al realizar pastoreos más intensos se aumenta la proporción de componente tallo y material muerto (Figura 3) que lo hace menos digestible (Hodgson y Brookes, 1999; Ducrocq y Duru, 1997; Velasco *et al.*, 2005).

Hodgson (1996), ha señalado que el conocimiento de la variación estacional, en la digestibilidad de los pastos permite, ubicar las temporadas restrictivas para la producción animal, dada la relación directa y lineal, que existe entre el consumo voluntario y la digestibilidad de las especies forrajeras. Con relación a lo anterior y los datos obtenidos de proteína, FDN, FDA, DIVMS, se puede señalar que los pastoreos

con frecuencia bajas en ambas intensidades, son los que presentan la mayor relación entre las pruebas de laboratorio señaladas, es decir, contiene la mayor calidad, hablando en términos nutricionales. Reeves (1987) afirma que la composición del pasto ovillo es cambiante, ya que la lignina y la digestibilidad de la fibra parecen depender más del periodo durante el cual se colectan las muestras; y éstas variaciones están relacionadas con la edad del pasto, tipo de suelo y clima, entre otras.

**Cuadro 10. Calidad nutrimental del pasto ovillo en respuesta a diferentes calendarios e intensidad de pastoreo**

Tratamientos		Primavera			Verano			Otoño			Promedio		
Calendario de frecuencia de pasoreo	Intensidad de pastoreo	PROT (%)	FDN (%)	FDA (%)	DIVMS (%)	PROT (%)	FDN (%)	FDA (%)	DIVMS (%)	PROT (%)	FDN (%)	FDA (%)	DIVMS (%)
Alta	Severa	22	57	22	61	22	54ab	27	68	23	54	18	70
	Ligera	25	58	20	70	22	58a	22	70	19	55	24	62
	Promedio	23a	58	21	66	22	56	24	69a	21a	54	21b	66a
Media	Severa	21	58	19	65	22	58a	19	74	18	57	22	67
	Ligera	23	66	20	67	22	50b	22	70	16	55	26	57
	Promedio	22ab	62	20	66	22	54	21	72a	17b	56	24b	62a
Baja	Severa	17	63	25	63	15	54ab	31	63	15	51	33	54
	Ligera	22	59	21	63	19	60a	25	67	15	54	32	50
	Promedio	20b	61	23	63	17	57	28	65b	15b	53	32a	52b
Promedio intensidad	Severa	20	59	22	63	20	55	25	68	19	54	24	64
	Ligera	23	61	21	67	21	56	23	69	17	55	27	56
EEM	Frecuencia	1.11	3.07	1.29	2.71	2.03	2.65	3.10	2.38	0.97	3.29	2.19	1.61
	Intensidad	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	**	NS	**	**
	Interacción	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	**
		NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS
EEM		1.04	2.07	1.51	2.10	1.04	2.07	1.51	2.10	1.04	2.07	1.51	2.10
Frecuencia		**	NS	**	**	**	NS	**	**	**	NS	**	**
Intensidad		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Interacción		NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS

NS= No significativo; \*\* P < 0.01; \* P < 0.05

a,b Medias con al menos una literal en común no son diferentes (P<0.05; Tukey);

E E M= Error estándar de la media;

Alta= Frecuencia alta; 14 días en primavera y verano; 28 días en otoño;

Media= Frecuencia media; 21 días en primavera y verano; 35 días en otoño;

Baja= Frecuencia alta; 28 días en primavera y verano; 42 días en otoño;

Severa= Intensidad de pastoreo severa; pastoreo a 3-5 cm de forraje residual;

Moderada= Intensidad de pastoreo moderada; pastoreo a 6-8 cm de forraje residual.

PROT= Proteína total

FDN= Fibra insoluble en detergente neutro.

FDA= Fibra insoluble en detergente ácido.

DIVMS= Digestibilidad *in vitro* de la materia seca

## 5. CONCLUSIONES

El rendimiento acumulado de forraje en pasto ovido depende de la frecuencia e intensidad de pastoreo. La tendencia es un mayor rendimiento de forraje al aumentar el intervalo entre pastoreos pero con mayor severidad de cosecha, esto es, cosechas poco frecuentes pero muy intensas dejando poco material residual.

El efecto de la frecuencia e intensidad de pastoreo presenta una influencia por la estación del año. Cuando las condiciones ambientales son un factor limitante para el crecimiento de pasto ovido, como en el otoño (baja temperatura, fotoperiodo y humedad), la tendencia es mayor rendimiento con una frecuencia más holgada y una menor intensidad.

La densidad de tallos está determinada por factores climáticos y la frecuencia e intensidad de pastoreo y tiende a incrementarse conforme éstas aumentan, por lo que, un manejo de pastoreo con frecuencia baja y media e intensidad severa origina un equilibrio entre la tasa de aparición y muerte de tallos. Similar respuesta tiene el pastoreo a frecuencia alta, pero con intensidad moderada.

Los componentes morfológicos varían con los factores climáticos, además de la frecuencia e intensidad de pastoreo. Las frecuencias de pastoreos utilizadas en la presente investigación potencializan el contenido de hoja y esto se refleja en la mejor calidad nutrimental del pasto.

La frecuencia e intensidad de pastoreo y los factores climáticos provocan variación en la calidad del forraje. Realizar pastoreos con baja frecuencia durante primavera y verano y media durante otoño a intensidad severa, dará como respuesta forraje de mayor calidad en el aspecto nutrimental.

Independientemente de la frecuencia e intensidad de pastoreo, la contribución de forraje se presentó con 40.1, 30.6 y 29.3 % en verano, primavera y otoño, respectivamente.

## 6. LITERATURA CITADA

- Acosta, G.**, Ayala, A. y Acosta, A. 2006. Comportamiento en pastoreo de ganado lechero sobre una pastura gramínea de *Dactylis glomerata* L. pastoreada en distintas edades de rebrote. *Revista Argentina de Producción Animal*. 26: 23-30.
- Améndola, M. R. D.**, Castillo, G. E. y Martínez, H. P. A. 2005. Pasturas y cultivos forrajeros. México. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Revisado en:  
[http://www.fao.org/aq/AGP/aqpc/doc/Counprof/spanishtrad/Mexico\\_sp/Mexico\\_sp.htm](http://www.fao.org/aq/AGP/aqpc/doc/Counprof/spanishtrad/Mexico_sp/Mexico_sp.htm)
- Anderson, B.** 1989. Establishing dryland forage grasses. NebGuide G81-534. Nebraska Coop. Ext., Univ. of Nebraska, Lincoln.
- A.O.A.C.** 1984. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. 14th ed. Washington, D.C.
- Arnold, G.W.** and Dudzinski, M. L. 1967. Comparison of Faecal Nitrogen Regressions and in Vitro Estimates of Diet Digestibility for Estimating Consumption of Herbage by Grazing Animals. *Journal of Agricultural Science*. 68:213-220
- Barlow, P. W.** 1989. Meristems, metamers and modules and the development of shoot and root systems. *Botanical Journal of the Linnean Society* 100: 255-279.
- Barlow, P. W.** 1994. From cell to system: repetitive units of growth in the development of roots and shoots. In: *Growth Patterns in Vascular Plants*. (ed. M. Iqbal). Dioscorides Press, Portland, pp. 19-58.
- Becerra, B. J.** y Avendaño, J.C. 1992. Efecto de la severidad de defoliación sobre la producción de forraje y los carbohidratos de reserva en especies tropicales. *Técnica Pecuaria México*; 30(2):125-132
- Beguet, H. A.** y Bavera, G. A. 2001. Fisiología de la planta pastoreada. Curso de Producción Bovina de Carne, FAV UNRC. Argentina. Consultado en: <http://www.produccion-animal.com.ar> o [www.produccionbovina.com](http://www.produccionbovina.com)
- Belesky, D.P.** and Fedders, J.M. 1994. Defoliation effects on seasonal production and growth rate of cool-season grasses. *Agronomy Journal*, 86: 38–45.
- Bidwell, R. G.** 1979. Fisiología Vegetal. 2a edición. Primera en español. Traductor Guadalupe G. Cano y Cano. México, D. F. AGT. editor. 784 p.

- Black, J.N.** 1963. The inter-relationship of solar radiation and leaf area index in determining the rate of dry matter production of swards under continuous stocking management. *Grass and forage science*. 38: 323-331.
- Blaser, R.E.**, Hammes, R.C.Jr., Fontenot, J.P., Bryant, H.T, Polan, C.E., Wolf, D.D., McClaugherty, F.S., Kline, R.G. and Moore, J.S. 1986. Forage-animal management systems. *Agric. Exp. Stn. Bull.*, 86–87, Virginia Polytechnic Inst. and State Univ., Blacksburg.
- Blaser, R.E.** 1982. Integrated pasture and animal management. *Tropical Grassland*. 16(1): 9-23.
- Blümmel, M.**, Steinga, H. and Becker, K. 1997. The relationship between in vitro gas production, in vitro microbial biomass yield and 15N incorporation and its implications for the prediction of voluntary feed intake of roughages. *British Journal*.
- Bolaños, E. D.**, González-Hernández, V.A. y Pérez, J. 1995. Intensidad de pastoreo, rendimiento y tasa de crecimiento de ballico perenne. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 18:35-42.
- Briske, D.D.** 1991. Developmental Morphology and Physiology of Grasses. (85-108). In: R. K. Heitschmidt and J W. Stuth (Eds.). *Grazing management and ecological perspective*. Timber Press.
- Bryan, W.**, Prigge, E., Lasat, M., Pasha, T., Flahetty, D. J. and Lozier, J. 2000. Productivity of Kentucky Bluegrass pasture grazed at three heights and two intensities. *Agronomy Journal*, 92:30-35.
- Burns, J. C.** and Sollenberger, L. E. 2002. Grazing behavior of ruminants and daily performance from Warm-Season Grasses. *Crop. Science*. 42:873-881.
- Busso, C. A.**, Mueller, R.J., Richards, J.H. and Chatterton, N.J. 1990. Nonstructural carbohydrates and spring regrowth of two cool-season grasses: Interaction of drought and clipping. *J. Range. Management*. 43:336-343.
- Cab, E.**, Enríquez, Q.J.F., Pérez, P.J., Hernández, G.A., Herrera, H.J.G., Ortega, J.E. y Quero, C.A.R. 2008. Potencial productivo de tres especies de *Brachiaria* en monocultivo y asociadas con *Arachis pintoi* en Isla, Veracruz. *Técnica Pecuaria México*. 46(3):317-332.
- Carlassare M.** and Karsten H. D. 2003. Species population dynamics in a mixed pasture under two rotational sward grazing height regimes. *Agronomy Journal*. 5: 844-854.

- Carlen, C.**, Kölliker, K., Reidy, B., Lüscher, A. and Nösberger, J. 2002. Effect of season and cutting frequency on root and shoot competition between *Festuca pratensis* and *Dactylis glomerata*. *Grass and Forage Science*. 57:247–254.
- Chacon, E. A.** and Stobbs, T. H. 1976. Influence of progressive defoliation of a grass sward on the eating behaviour of cattle. *Australian Journal of Agricultural Science. Res.* 27: 709.
- Chapman, D.F.** and Lemaire G. 1993. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. Proc XVII International Grassland Congress. New Zealand and Australia. Págs. 95-104.
- Clark, P. W.** and Armentano, L. E. 2002. Influence of particle size on the effectiveness of the fiber in alfalfa silage. *Journal of dairy science*. 85(11):3000-7.
- Colvill, K. E.** and Marshall, C. 1984. Tiller dynamics and assimilate partitioning in *Lolium perenne* with particular reference to flowering. *Ann. Appl. Biol.* 104:543-557.
- Correll, D. S.** and Johnston, M. C. 1970. Manual of the Vascular Plants of Texas. Texas Research Foundation. Renner, Texas.
- Costa, N. de L.** and Paulino, T.V. 1999. Desempenho agrônômico de genótipos de *Brachiaria humidicola* em diferentes idades de corte. *Pasturas Tropicales*. 21(2):68-71.
- Crawley, M. J.** 1983. Herbivory: the dynamics of animal–plant interactions. University of California Press, Berkeley, California, USA.
- Culvenor, R. A.**, Davidson, I. A. and Simpson, R. J. 1989. Regrowth by swards of subterranean clover after defoliation. Carbon exchange in shoot, root and nodule. *Ann. Bot.* 64:557-567.
- Dale, B. E.** 1983. Biomass refining: protein and ethanol from alfalfa. *Ind Eng Chem Prod Res Dev.* 22: 466-472.
- Davies, E. W.** 1984. A plan of action for forage genetic resources. International Board for Plant Genetic Resources, Rome, Italy.
- Davies, A.** 1974. Leaf tissue remaining after cutting and regrowth in perennial ryegrass as affected by simulated leaf sheaths. *Journal of Agricultural Science*. 102:131–137.
- Del Pozo, M.** 1983. La alfalfa. Su cultivo y aprovechamiento. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. 380 p.

- Ducrocq, H.** and Duru, M. 1997. In vitro digestibility of green lamina of cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) in relation to water deficit. *Grass and Forage Science*. 52:432-438.
- Duthil, J.** 1989. Producción de forrajes. Ediciones Mundi-prensa. Madrid, España. 443p.
- Emmick, D.L.**, and Fox, D.G. 1993. Prescribed grazing management to improve pasture productivity in New York. USDA-SCS and Dep. of Anim. Sci., Cornell Univ., Ithaca, NY.
- Evans, L. T.**, Wardlons, I.F. and Williams, C.N. 1964. Control of growth. In: *Grasses and grasslands*. Bernard, C. Melbourne, New York: McMillan and Co. Ltd, 102–125.
- Fauconneau, G.** y Pion, R.. 1965. Proceedings of 9th Grassland Congress. 779 p.
- Fengrui, L.** 2000. The effects of frequency of cutting and cultivar on the period of leaf expansion in white clover grown in mixed swards. *Grass and Forage Science*. 55: 280-284.
- García, E.** 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Copen. 4ª ed D.F México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Garduño, V. S.**, Pérez, P.J., Hernández, G.A., Herrera, H.J.G, Martínez, H.P.A. y Joaquín, T.B.M. 2009. Rendimiento y dinámica de crecimiento estacional de ballico perenne, pastoreado con ovinos a diferentes frecuencias e intensidades. *Técnica pecuaria en México*. 47 (2): 189-202.
- Gastal, F.** y Matthew, C. 2005. Long term tiller population dynamics in swards of grasses with contrasting persistence strategy. XX International Grassland Congress. Dublin, Ireland. pp. 203.
- Gillet, M.**, Lemaire, G. and Gosse, G. 1984. Essai d'élaboration d'un schéma global de la croissance des graminées fourragères. *Agronomie*. 4:75-82.
- Gold, W.W.** y Caldwell, M.M. 1989. The effects of the spatial pattern of defoliation on regrowth of tussock grass. II. Canopy gas exchange. *Oecologia*. 81:437-442.
- González, O.V.** 1999. Frecuencia e intensidad de defoliación en el crecimiento y rendimiento del pasto ovillo. Tesis de Maestría en Ciencias. Especialidad de Ganadería. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 66 p.

- Griffith, W.K.**, and Teel, M.R.. 1965. Effect of nitrogen and potassium fertilization, stubble height, and clipping frequency on yield and persistence of orchardgrass. *Agronomy Journal*. 57:147–149.
- Hall, M.H.** 1993. Alfalfa growth release from drought stress. *Agronomy Journal*. 85:991-4.
- Hannaway, D.**, Fransen, S., Cropper, J., Teel, M., Chaney, M., Griggs, T., Halse, R., Hart, J., Cheeke, P., Hansen, D., Klinger, R., y Lane, W. 1999. Orchard Grass. Oregon State University. Oregon. U.S.A. PNW. 502.
- Hanson, A. A.**, D. K. Barnes and A. Hill. 1988. Alfalfa and alfalfa improvement. American Society of Agronomy. Madison, USA. 1084 p.
- Hernandez-Garay A.**, Mathew, C. and Hodgson, J.. 2000. The influence of defoliation height on dry-matter partitioning and CO<sub>2</sub> exchange of perennial ryegrass miniature swards. *Grass and Forage Science*. 55:372-376.
- Hernández-Garay A.**, Matthew, C. and Hodgson. J. 1999. Tiller size/density compensation in perennial ryegrass miniature swards subject to differing defoliation heights and a proposed productivity index. *Grass and Forage Science*. 54:347-356.
- Hernández-Garay, A.**, Hodgson, J. and Matthew, C. 1997a. Sward structure changes and production increases following spring grazing management. XVIII International Grassland Congress. Winnipeg-Manitoba. Session 22. Forage and Grassland Management. pp. 7-8.
- Hernández-Garay, A.**, Hodgson, J. and Matthew, C. 1997b. Effect of spring grazing management on perennial ryegrass and ryegrass-white clover pastures. 2. Tiller and growing point densities and population dynamics. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 40: 37- 50.
- Hernández-Garay, A.** y Martínez, P.A. 1997. “Utilización de pasturas tropicales”. En: Torres H.G. y P. Díaz R. (Eds.) Producción de ovinos en zonas tropicales. Fundación PRODUCE-INIFAP. P.8-24.
- Hernández-Garay, A.** 1996. Métodos usados para estimar la producción de forraje. Seminario Internacional teórico-práctico: Tópicos selectos en sistemas sustentables de producción animal bajo pastoreo. CEIEPAG. UNAM. 118 p.
- Hernández-Garay, A.** 1995. Defoliation management, tiller density and productivity in perennial ryegrass swards. Ph. D. Thesis. Massey University, New Zealand. 228 p.

- Hernández-Garay, A.**, Pérez, J., Hernández, V.A. 1992. Crecimiento y rendimiento de alfalfa en respuesta a diferentes regímenes de cosecha. *Agrociencia*. 2: 131-144.
- Hernández, G. F. J.** 2007. Comportamiento productivo del pasto ovilla (*Dactylis glomerata* L.) en respuesta al pastoreo. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo México. 64 p.
- Hirata, M.** and Pakiding, W. 2004. Tiller dynamics in bahia grass (*Paspalum notatum*): an analysis of responses to nitrogen fertiliser rate, defoliation intensity and season. *Tropical Grasslands*. 38: 100 – 111.
- Hikosaka, K.** 2005. Leaf canopy as a dynamic system: ecophysiology and optimality in leaf turnover. *Analysis of Botany*. 95: 521-533.
- Hodgson, J.** 1996. “El concepto de sustentabilidad en la producción animal bajo pastoreo”. Memoria. Seminario Internacional Teórico-Práctico: Tópicos selectos en sistemas sustentables de producción animal bajo pastoreo. Universidad Autónoma de México. México. 117 p.
- Hodgson, J.** 1990. *Grazing management. Science into practice*. Longman. Scientific & Technical. Ed. Harlow, England. 203 p.
- Hodgson, J.** 1981. Swards studies: Objectives and priorities. In: Hodgson J., R. D. Braker, A. Davies, A. S. Laidlaw, and J. D. Leaver (eds). *Swards Measurement Handbook*. The British Grasslands Society. Berkshire England, pp. 1-14.
- Hodgson, J.** 1979. Nomenclature and definition in grazing studies. *Grass and Forage Science*. 34: 11 – 18.
- Hodgson, J.**, and Brookes, I. M. 1999. “Nutrition of grazing animals”. In: White. J. and Hodgson, J. (ed). *New Zealand Pasture and Crop science*. Auckland, New Zealand Oxford University Press. 323 p.
- Hopkins, W. G.** 2004. *Introduction to plant physiology*. Hüner. John Wiley, New York. 3rd Ed.
- Hughes H. D.**, Heath, M. D. y Metcalfe, D. S. 1980. *Forrajes*. CECSA. México.
- Hunt, R.** 1990. *Basic growth analysis. Plant growth analysis for beginners*. London, Academic Division of Unwin Ltd. 248 p.
- Hyder, D.N.** 1972. “Defoliation in relation to vegetative growth”. In: V.B. Youngner and C.M. McKell (eds.), *The biology and utilization of grasses*. Academic Press, New York .U.S.A. p. 302-317.

- Jankiewicz, L. S.** 2003. Reguladores del Crecimiento, Desarrollo y Resistencia en Plantas: propiedades y acción. México. Universidad Autónoma Chapingo. V. 1 pp. 487.
- Jiménez, M., A y Martínez H. P. A.** 1985. Utilización de praderas. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 60 p.
- King, J., Lamb, W.I. and McGregor, M.T.** 1979. Regrowth of ryegrass swards subject to different cutting regimes and stocking densities. Grass and Forage Science. 34: 107-18.
- Korte, C. J. and Harris, W.** 1987. Stolon development in grazed Grassland Nui' perennial ryegrass. New Zealand Journal of Agricultural Research. 30:139-148.
- Laredo, M.A. and Minson, D.J.** 1973. The voluntary intake, digestibility and retention time by sheep of leaf and stem fraction of five grasses. Australian Journal of Agricultural Reserch. 24: 875-888.
- Lascano, C., Borel, R., Quiroz, R., Zorrilla, J., Chaves, C. y Wernli, C.** 1990. Recomendaciones sobre metodología para la medición de consumo y digestibilidad in vivo. M. E. Ruiz y A. Ruiz (Eds.). Nutrición de Rumiantes: Guía metodológica de investigación. IICA-ALPA-RISPAL. San José, Costa Rica. 159 - 168 p.
- Lawrence, T. and Ashford, R.** 1969. Effect of stage and height of cutting on the dry matter yield and persistence of intermediate wheatgrass, bromegrass and reed canarygrass. Canadian Journal of Plants Science. 49: 321-332.
- Le Du, Y., Combellas, L.P., Hodgson, J. and Baker, R.D.** 1979. Herbage intake and milk production by grazing dairy cows: II. The effects of level of winter feeding and daily herbage allowance. Grass and Forage Science. 34:249-260.
- Lemaire, G.** 2001. Ecophysiology of grasslands: Dynamic aspects of forage plant populations in grazed swards. Proc. XIX Int. Grassland Congress. São Pedro, São Paulo, Brazil. pp. 29-37.
- L'Huillier, P. J.** 1987. Tiller appearance and death of Lolium perenne in mixed swards grazed by dairy cattle at two stocking rates. New Zealand Journal of Agricultural Research. 30:15-22.

- Lozano, R.**, Rodríguez, S.A., Díaz, H., Fuentes, J.M., Fernández, J.M., Narváez, J.M.F. y Zamora, V.M. 2002. Producción de forraje y calidad nutritiva en mezclas de triticale (X Triticosecale Wittmack) y ballico anual (*Lolium multiflorum*) en Navidad, N.L. Técnica Pecuaria México. 40(1): 17-35 p.
- Matthew, C.**, Van Loo, E.N., Thom, E.R., Dawson, L.A., and Care, D.A. 2001. Understanding shoot and root development. Proceedings. XIX International Grassland Congress. Sao Paulo, Brazil. pp. 19-27.
- Matthew, C.** and Hodgson, J. 1997. Form and function of grass. CD-R. Grassview. Institute of Natural Resources. Massey University. New Zeland.
- Mazzanti, A.** y Arosteguy, J.C. 1985 Comparación del rendimiento estacional de forraje de cultivares de *Festuca arundinacea* Scrb. Rev. Arg. Prod. Anim., (5): 157-165.
- McClure, K. E.**, Keuren, R. W. V., y Althouse. 1994. Performance and carcass characteristics of weaned lambs either grazed on orchardgrass, ryegrass, or alfalfa or fed-all-concentrate diets in drylot. Journal Animal Science, 72: 3230-3237.
- McKenzie, B. A.**, Kemp, P.D., Moot,D.J., Matthew, C., Lucas, R.J. 1999a. Environmental effects on plant growth and development. In: White, J. and Hodgson, J. (ed) New Zealand Pasture and Crop. Science Auckland. N. Z. Oxford University Press. 323 p.
- McKenzie, B.A.**, Valentine, I., Matthew, C. and Harrington, K.C. 1999b. Plant interactions in pastures and crops. In J. White and J. Hodgson (ed.) New Zealand pasture and crop science. Oxford Univ. Press, Auckland, New Zealand. p. 45–58.
- Mayne, C.S.**, Newberry, R.D., Woodcock, S.C.F. and Wilkins, R.J. 1987. Effect of grazing severity on grass utilization and milk production of rotationally grazed dairy cows. Grass and Forage Science. 42:59–72.
- Meissner, H. H.**, y Paulsmeiert, D. V. 1995. Plant compositional constituents affecting between-plant and animal species prediction of forage intake. Journal Animal Science 73: 2447-2457.
- Mena, M. A.** 1998. Comportamiento productivo de una pradera de insurgentes (*Brachiaria brizantha*) cosechada a diferentes asociaciones de forraje. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo México. 77 p.
- Michael, T.A.**, and Douglas, A.F. 2003. Defoliation effects on reproductive biomass: Importance of scale and timing. J Range Management. 56:501-516.

- Milthorpe, F. L.** and Davidson, J. L. 1966. "Physiological aspects of regrowth in grasses". In: F. L. Milthorpe and J. D. Ivins (eds). *The Growth of cereal and grasses*. Butterworths, London, pp. 241 – 254.
- Mislevy, P.**, Washko, J.B. and Harrington, J.D. 1977. Influence of plant stage at initial harvest and height of regrowth at cutting on forage yield and quality of timothy and orchardgrass. *Agronomy Journal*. 69:353–356.
- Muslera, P. E.** y Ratera, G. C. 1991. *Praderas y forrajes, producción y aprovechamiento*. 2ª ed: Ed. Mundi Prensa. Madrid, España. 674 p.
- Muslera, P. E.** y Ratera, G. C. 1984. *Praderas y forrajes, producción y aprovechamiento*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 702 p.
- Mueller, R. J.** and Richards J.H. 1986. Morphological analysis or tillering in *Agropyrum soicatum* and *Agropirum desertorum*. *Ann Bot.* 58:911-921.
- Myers, W. M.** 1980. "El dactilo". In: H. D. Hughes, M. E. Heath and D. S. Metcalf. (eds.). *Forrajes*. Editorial CECSA. Traducción al español de J. L. de la Loma. México. pp: 293-304.
- National Research Council.** 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. National Academy Press. Washington, D. C. 409 p.
- Nelson, C. J.** 2000. "Shott morphological plasticity of grasses. Leaf growth vs. tillering". In: G. Lemaire, J. Hodgson, A. de Moraes, P. C. de F. Carvalho and C. Nabinger. *Grassland ecophysiology ans grazing ecology*. CAB. Publishing, pp. 101-126.
- Norton, B. W.** and Poppi, D.P. 1995. Composition and Nutritional Attributes of Pasture Legumes. In: J.P.F. D'Mello and C. Devendra (Eds): *Tropical Legumes in Animal Nutrition*. CAB International, Wallingford, U.K.: pp. 23-46.
- Ortiz, S. C.** 1997. Colección de monolitos. Montecillo, Texcoco Edo. de México. Depto. génesis de suelos. Edafología, IRENAT. Colegio de Posgraduados. 1997.
- Pérez, B.M.T.**, Hernández G.A., Pérez,P.J., Herrera-Haro, J.G. y Barcena, G. R. 2002. Respuesta productiva y dinámica de rebrote del pasto ballico perenne a diferentes alturas de corte. *Técnica Pecuaria México*. 40: 251-263.
- Pérez, P.J.**, González, M., and Abarca B. 1997. Rendimiento y digestibilidad de la materia seca de variedades de L. perenne L. con tres presiones de pastoreo. *Agrociencia*.31(1):37-43.
- Poopi, D.P.** y Mclenan, S.R. 1995. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. *Journal Animal Science*. 73:278-290.

- Poppi, D. P.**, Hughes, T. P. y Chuiller, P. J. 1987. "Intake of pasture by grazing ruminants". . A.M. Nicol (Ed), In: Livestock Feeding of Pasture. Publication No. 10, pp 55-63, New Zealand Society of Animal Production. Hamilton, New Zealand.
- Rawley, R. P.**, Donaghy, D. J., Fulkenson, W. J. and Lane, P.A. 2002. Changes in the physiology and feed quality of cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) during regrowth. Blackwell Science Ltd. Grass and Forage Science. 57: 203–211.
- Rechentín, C. A.** 1956. Elementary morphology of grass growth and how it affects utilization. Ninth Annual Meeting. American Society of Range Management. Denver, Colorado. pp. 167-170.
- Reeves, B. J.** 1987. Lignin and fiber compositional changes in forages over a growing season and their effects on in vitro digestibility. Journal of Dairy Science. 70:1583-1594.
- Richards, J. H.** 1993. Physiology of plants recovering from defoliation. Proc XVII International Grassland Congress. New Zealand and Australia: 85-94.
- Robson, M. J.**, Ryle, G.J. and Woledge, J. 1988. "The grass plant its form and function". In: Jones, M.B and Lazenby, A. (eds.). The grass crop. Chapman and Hall Ltd. USA. pp. 25-83.
- Salisbury, F. B.** y Ross, C. W. 1994. Plant Physiology. 4a edición. Traductor Virgilio González Velásquez. 1994. Editorial Iberoamericana. México, D. F. 759 pp.
- SAS. SAS/STAT.** 2009. User's Guide (Release 6.11). Cary NC, USA: SAS Inst. Inc.
- Scott, W.R.** and Hines, S.E. 1991. Effects of grazing on grain yield of winter barley and triticale: the position of the apical dome relative to the soil surface. New Zealand Journal of Agricultural Research. 1991:34:177-184.
- Sheath, G.W.** and Bircham, J.S. 1983. Grazing management in hill country: pasture production. Proceed Raukura Farmer's Conf. 35: 41-45.
- Skinner, R. H.** and Nelson, C. J. 1995. Elongation of the grass leaf and its relationship to the phyllochron. Crop Sci. 35: 4-10.
- Skinner, R. H.** and Nelson, C. J. 1992. Estimation of potential tiller production and site usage during tall canopy development. Ann. Bot. 70:493-499.

- Sosa, M. A.**, Fariña-Núñez, J. R. y Mazza, S. 1998. Comparison of vertical cloth and whole plant bag sampling methods for estimating predator populations on cotton. In Proceedings of the World Cotton Research Conference-2. Athens, Greece, September 6-12, 1998. pp. 891-893.
- Sosa, R.E.**, Díaz, H.S., Pérez, L. y Morones, R. 1994. Producción estacional de gramíneas y leguminosas en asociación. XIV Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias. Asociación Panamericana de Ciencias Veterinarias. 9-15 de Octubre, Acapulco, Gro. México.
- Spandl, E.** y Hesterman, O. B. 1997. Forage quality and alfalfa characteristics in binary mixtures of alfalfa and brome grass or timothy. *Crop Science*. 37: 1581-1585.
- Speeding, C. R. W.** 1971. *Grassland Ecology*. Clarendon press. Oxford, Great Britain. 221 p.
- Stobbs, T. H.** 1975. The effect of plant structure on the intake of tropical pastures. 3. Influence of fertilizer nitrogen on the size of bite harvested by Jersey cows grazing *Setaria anceps* cv. Kazungula swards. *Aust. Agronomy Journal Research*. 26:997.
- Tergas, L. E.** 1983. Efecto del manejo de pastoreo en el manejo en la utilización de la pradera tropical. En: Paladines O. y C. Lascano (eds). Germoplasma forrajero bajo pastoreo en pequeñas parcelas. CIAT. Cali, Colombia. pp. 65 – 80.
- Tiller J. M. A.** and Terry R. A. 1963. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *J. Brit Grassland Soc.* 18: 104-11.
- Troughton, A.** 1957. The underground organs of herbage grasses. Bulletin no: 44. Commonwealth Bureau of Pastures and Field Crops. Hurley, UK.
- Tuna, M.**, Khadka, D. K., Shrestha, M. K., Arumuganathan, K. y Golan-Goldhirsh, A. 2004. Characterization of natural orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) populations of the Thrace Region of Turkey based on ploidy and DNA polymorphisms. *Euphytica*. 135: 39-46.
- Turner, L. R.**, Donaghy, D.J., Lane, P.A. and Rawley, R. P. 2006. Effect of defoliation management, based on leaf stage, on perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.), prairie grass (*Bromus willdenowii* Kunth.) and cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) under dryland conditions. 1. Regrowth, tillering and water-soluble carbohydrate concentration. Blackwell Publishing Ltd. *Grass and Forage Science*, 61, 164–174.

- Van Soest, P. J.** 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant. Cornell University Press, Ithaca, NY. 2a. ed.
- Van Soest, P. J.** 1984. Use of detergents in the analysis fibrous feeds. J Asoc Official Analytical Chemist 46: 828.
- Van Soest, P. J.** 1982. Nutritional ecology of the ruminants. O. & B. Books, Inc., Corvallis. Oregon. USA. 374p.
- Velasco Z. M. E.** 2001. Dinámica de crecimiento, rendimiento y calidad de praderas de *Lolium perenne* y *Dactylis glomerata* en respuesta a la defoliación. Tesis de Doctorado. Colegio de posgraduados. Montecillo, Edo. De México. 169 p.
- Velasco-Zebadúa, M. E.,** Hernández-Garay, A. y González-Hernández, V.A. 2005. Rendimiento y calidad del ballico perenne (*Lolium perenne* L.) en respuesta a la frecuencia de corte. Técnica Pecuaria México. 43:247-258.
- Velasco-Zebadúa, M. E.,** Hernández-Garay A., González-Hernández V. A., Pérez-Pérez, J., Vaquera-Huerta, H. y Galvís, S. A. 2002. Curvas estacionales de crecimiento del ballico perenne. Revista Fitotecnia México. 25: 97-107.
- Velasco-Zebadúa, M. E.,** Hernández-Garay A., González-Hernández V. A., Pérez-Pérez, J., Vaquera-Huerta, H. y Galvís, S. A. 2001. Curva de crecimiento y acumulación estacional del pasto ovido (*Dactylis glomerata* L.). Técnica Pecuaria México. 39: 1-14.
- Vibrans, H.** 2006. Malezas de México. Comisión Nacional para el Conocimiento u Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Revisado en:  

<a href="http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/poaceae/dactylisglomerata/fichas/ficha.htm">http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/poaceae/dactylisglomerata/fichas/ficha.htm</a>
---
- Voisin,A.** 1963. Productividad de la hierba. Ed. Tecnos, S.A. Madrid. España.
- Volenec, J.J.** 1986. Nonstructural carbohydrate in stem base components of tall fescue during regrowth. Crop Science. 26: 122-127.
- Volenec J. J.** and Nelson C. J. 1983 Responses of tall fescue leaf meristem to N fertilization and harvest frequency. Crop Science. 23:720-724.
- Watson, L.** 1972. Smuts on grasses: Some general implications of the incidence of Ustilaginales on the genera Gramineae. Quart. Rev. Bot. 47: 46-62.
- Watson, V. H.** 1974. A chronological review of the selection, research, and distribution of a bermudagrass called Callie. Miss. Agric. Exp. Stn. Rep. (Unnumbered).

- Weinmann, H.** 1948. Determination of total available carbohydrates in plants. *Plant physiology*. 22, 279- 290.
- White, L.M.** 1973. Reservas de carbohidratos en los zacates: Una revisión bibliográfica. *Selecciones del Journal Range Manage.* 2 (1) 19-28.
- White, J.** and Hodgson, J. 1999. *New Zealand Pasture and crop science.* University Press. Oxford, UK. 323 p.
- Wilman, W.** 1977. The effect of grazing compared with cutting different frequencies on a lucerne-cockfoot. *Journal of Agricultural Science.* 88(3): 483-492.
- Wilson-García, C.Y.,** Zavaleta-Mancera, H.A., López-Delgado, H. y Hernández-Garay, A. 2008. La citocinina BAP retrasa senescencia aumentando antioxidantes, proteína y crecimiento en pasto ovillo. *Agrociencia.* Vol. 42 Número 7. Colegio de Postgraduados, México.
- Xia, J. X.,** Hodgson, J., Matthew, C. and Chu, A.C. 1990. Tiller population and tissue turnover in perennial ryegrass pasture under hard and lax spring and summer grazing. In: *Proceedings of the New Zealand Grassland Association.* 51: 119-122.
- Yang, W. Z.,** Beauchemin, K.A. and Rode, L.M. 2001. Effects of grain processing, forage to concentrate ratio, and forage particle size on rumen pH and digestion by dairy cows. *Journal Dairy Science.* 84:2203-2216.
- Zaragoza, E. J. A.** 2000. Crecimiento acumulado de forrajes de los pastos ballico perenne y ovillo a diferentes frecuencias de corte. Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Texcoco Edo. de México. 89 pp.
- Zaragoza, E. J. A.** 2004. Dinámica de crecimiento y productividad de alfalfa (*Medicago sativa* L.) y pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) con diferente manejo de la defoliación. Tesis de Doctorado. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Texcoco Edo. de México. 120 p.
- Zaragoza E. J. A.,** Hernández, G. A., Pérez, P. J., Herrera, H. J. G. Osnaya, G. F., Martínez, H. P. A., González, M. S. S. y Quero, C. A. R. 2009. Análisis de crecimiento estacional de una pradera asociada alfalfa-pasto ovillo. *Técnica pecuaria en México.* 47(2): 173-188.