



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

**CAMPUS MONTECILLO**  
**RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD**  
**PROGRAMA DE GANADERIA**

**COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DEL PASTO OVILLO**  
**(*Dactylis glomerata* L.) EN RESPUESTA AL PASTOREO**

**FILOGONIO JESUS HERNANDEZ GUZMAN**

**T E S I S**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL**  
**PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. MÉXICO**

**2007**

## CONTENIDO

INDICE DE CUADROS.....	iii
INDICE DE FIGURAS.....	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	vi
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISION DE LITERATURA.....</b>	<b>2</b>
2.1. Características del pasto ovillo.....	2
2.2. Respuesta de los pastos a la defoliación.....	4
2.3. Balance de carbono.....	5
2.4. Persistencia.....	7
2.5. Rebrote.....	8
2.6. Reservas de carbohidratos.....	9
2.7. Frecuencia e intensidad de pastoreo .....	10
2.7.1. Frecuencia.....	10
2.7.2 Intensidad.....	12
2.8. Dinámica de crecimiento.....	13
2.9. Composición botánica.....	15
2.10. Población de tallos.....	17
2.11. Conclusiones de la revisión de la literatura.....	18
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>19</b>
3.1. Localización del sitio experimental.....	19
3.2. Manejo de la pradera.....	19
3.3. Tratamientos.....	19
3.4 Variables de estudio.....	20
3.4.1. Rendimiento de forraje.....	20
3.4.2. Tasa de crecimiento.....	20
3.4.3. Grado de defoliación.....	21
3.4.4. Composición botánica y morfológica.....	21
3.4.5. Relación hoja:tallo y hoja:no hoja.....	22
3.4.6. Dinámica de tallos.....	22
3.4.7. Densidad de tallos.....	22

3.4.8. Registros climatológicos.....	23
3.4.9. Análisis de datos.....	23
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSION.....</b>	<b>25</b>
4.1 Características climáticas.....	25
4.2. Acumulación estacional y total de forraje .....	26
4.3. Tasa de crecimiento.....	30
4.4. Grado de defoliación.....	33
4.5. Composición botánica.....	35
4.6. Composición morfológica.....	38
4.7. Relación hoja:tallo y hoja:no hoja.....	41
4.8. Densidad de tallos.....	42
4.9. Tasa de aparición y muerte de tallos.....	45
<b>5. CONCLUSIONES.....</b>	<b>52</b>
<b>6. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>53</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

TITULO	PÁGINA
Cuadro 1. Características climáticas .....	25
Cuadro 2. Rendimiento de materia seca estacional y total del pasto ovillo (kg MS ha <sup>-1</sup> ) en respuesta a dos intensidades y tres frecuencias de pastoreo.....	29
Cuadro 3. Tasa de crecimiento estacional y promedio del pasto ovillo (kg MS ha <sup>-1</sup> ) en respuesta a dos intensidades y tres frecuencias de pastoreo.....	31
Cuadro 4. Tasa de crecimiento mensual y promedio del pasto ovillo (kg MS ha <sup>-1</sup> ) en respuesta a dos intensidades y tres frecuencias de pastoreo.....	32
Cuadro 5. Grado de defoliación del pasto ovillo (%) en respuesta a dos intensidades y tres frecuencias de pastoreo.....	34
Cuadro 6. Composición morfológica del pasto ovillo (%) en respuesta a dos intensidades y tres frecuencias de pastoreo.....	40
Cuadro 7. Relación hoja:tallo y hoja:no hoja del pasto ovillo en respuesta a dos intensidades y tres frecuencias de pastoreo.....	44
Cuadro 8. Densidad de tallos del pasto ovillo (tallos m <sup>-2</sup> ) en respuesta a dos intensidades y tres frecuencias de pastoreo. ....	46
Cuadro 9. Tasa de aparición de tallos del pasto ovillo (tallo m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> ) en respuesta a dos intensidades y tres frecuencias de pastoreo.....	50
Cuadro 10. Tasa de muerte de tallos del pasto ovillo (tallo m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> ) en respuesta a dos intensidades y tres frecuencias de pastoreo.....	51

## ÍNDICE DE FIGURAS

TITULO	PÁGINA
Figura 1. Composición botánica de una pradera de pasto ovido (%) en respuesta a dos intensidades y tres frecuencias de pastoreo.....	37
Figura 2. Dinámica de tallos en pasto ovido (tallos m <sup>-2</sup> ) pastoreado a la frecuencia de 21, 28 y 35 días a la intensidad de 5-7 cm.....	47
Figura 3. Dinámica de tallos en pasto ovido (tallos m <sup>-2</sup> ) pastoreado a la frecuencia de 21, 28 y 35 días a la intensidad de 9-11 cm.....	48

## RESUMEN

El pasto ovilla es una de las gramíneas más usadas en la producción animal, en la zona templada de México. Sin embargo, la gran variación en los resultados encontrados en praderas de pasto ovilla hacen necesario generar información acerca del manejo más apropiado tanto de la frecuencia como intensidad de defoliación. El objetivo de este estudio fue determinar la frecuencia e intensidad de pastoreo que proporcione mayor rendimiento de forraje en una pradera de pasto ovilla (*Dactylis glomerata* L.). La investigación se llevó a cabo en el Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo, Edo de México de junio 2005 a junio 2006. Los tratamientos fueron la combinación de tres frecuencias (21, 28 y 35 días) y dos intensidades (5-7 y 9-11 cm) de pastoreo, que se distribuyeron en un diseño de bloques al azar con arreglo factorial, con 3 repeticiones en 18 parcelas de 7 x 9 m. Los resultados mostraron que el mayor rendimiento de forraje (11,801 kg MS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), se obtiene al cosechar entre 9-11 cm cada 35 días ( $P \leq 0.05$ ). El rendimiento de MS en verano (32%) y primavera (49%) concentraron el 81% del rendimiento de forraje. La TC máxima (75 kg MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) se registró en mayo y junio al pastorear cada 35 días a la intensidad entre 9-11 cm y la mínima (1 kg MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) en noviembre, para pastoreos cada 28 días a 5-7 cm. ( $P \leq 0.01$ ). En verano, otoño y primavera se obtuvieron mejores proporciones de pasto ovilla al pastorear a 9-11 cm cada 28 días. La mayor producción de forraje y densidad de tallos se obtuvieron al efectuar pastoreos cada 35 días a intensidades menos severas (9-11 cm).

**PALABRAS CLAVE:** *Dactylis glomerata* L., Frecuencia e intensidad de pastoreo, rendimiento de forraje, tasa de crecimiento, composición botánica, densidad de tallos.

## ABSTRACT

Cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) is one of the most utilized grass species more used in animal production, within the tempered areas of Mexico. However, the variability of the results on cocksfoot swards management make us to require research information generation about the precise frequency and intensity of use. The aim of this study was determine the effects of two intensities and three grazing frequencies on cocksfoot productivity in order to obtain the highest annual forage production. Two intensities (5-7 cm and 9-11 cm) and three grazing frequencies (21, 28 and 35 days) were evaluated, and allocated under a completely randomized block design, with three replicates distributed within 18 plots 9 x 7 m. The highest forage production (11, 801 kg DM ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>) was obtained when the sward was grazed at 9-11 cm every 35 days ( $P \leq .05$ ). 81% of the annual forage production was 32 and 49%, expressed as dry matter, for summer and spring. The greatest growth rate (75 kg DM ha<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>) was registered in May and June when the plots were grazed every 35 days to 9-11 cm, and the lowest (1 kg DM ha<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>) during November to 5-7 cm every 28 days, ( $P \leq 0.01$ ). During summer, autumn and spring the greater proportion of cocksfoot was obtained when the grazing was applied to 9-11 cm levels every 28 days. The major forage production and stem density, was obtained when the grazing occurred every 35 days to 9-11 cm.

KEY WORDS: *Dactylis glomerata* L., Grazing intensity and frequency, forage production, growth rate, botanical composition, stem density.

## I. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción animal, basados en el pastoreo intensivo, son una alternativa rentable por tener menores costos de manejo y alimentación de los animales, que los sistemas de alimentación en confinamiento, y permite mayores ganancias financieras aún con producciones moderadas por animal (Hodgson, 1990). El alto costo al estabular a los animales, ha llevado a buscar opciones más baratas mediante el pastoreo, pero sin reducir la respuesta animal. Para obtener el mayor rendimiento de una pradera, sin afectar su persistencia, es necesario proporcionarle un manejo adecuado, en base a prácticas en las que se establezcan intervalos e intensidades de pastoreo adecuadas, que permitan obtener un forraje de mayor calidad y altos rendimientos por hectárea (Hodgson, 1990).

La persistencia y rendimiento de una pradera depende del manejo, el cual influye en su dinámica de crecimiento, es decir, en los cambios de población y tamaño de los tallos (Chapman y Lemaire, 1993; Matthew *et al.*, 1996). Las estrategias de manejo de praderas, en cuanto a intensidad, frecuencia y oportunidad de uso, ya sea por corte o pastoreo, tienen influencia directa en la composición botánica, rendimiento y calidad de las especies forrajeras (Hernández-Garay *et al.*, 1997a).

La pradera es un ente dinámico, en que los procesos de formación y pérdida de tejido, ocurren simultáneamente, por lo que los efectos del manejo de la pradera en la acumulación neta de forraje, influyen en la tasa de crecimiento y de pérdida de tejido (Hodgson, 1990). El efecto de la defoliación depende de la cantidad y tipo de tejido removido, del estado fenológico en que se encuentra la planta y de las condiciones meteorológicas prevalecientes al momento de realizarse (Richards, 1993).

Debido a lo anterior, se han buscado alternativas que incrementen la productividad de las especies forrajeras, entre los que destacan los sistemas de producción en pastoreo, en pradera de ovilla (*Dactylis glomerata* L.), ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y asociaciones con alfalfa o tréboles (Espinoza *et al.*, 1997). El pasto ovilla ha demostrado tener un buen potencial de producción, cuando es asociado con alfalfa, para proporcionar un mejor balance energético en la dieta de los animales, ya que soporta cargas animal de 3.15 a 3.20 vacas ha<sup>-1</sup> de primavera a otoño (Aguirre y Ayala, 1989).

Recientes estudios en gramíneas y leguminosas, han demostrado que es importante conocer la velocidad de crecimiento entre defoliaciones sucesivas, para entender el efecto de la severidad y frecuencia de defoliación en el rendimiento de forraje, lo que permite un manejo más eficiente en términos de producción animal por hectárea (Zaragoza, 2004; Velasco *et al.*, 2001; Velasco *et al.*, 2004; Villegas *et al.*, 2004). Para una mejor comprensión, del manejo de la acumulación neta de forraje, intensidad y frecuencia de pastoreo de una pradera, es necesario generar información de los efectos del pastoreo, en el rendimiento, composición botánica y morfológica y dinámica de crecimiento de las especies forrajeras.

## **Objetivo**

El objetivo del presente estudio fue definir a que intensidad y frecuencia de pastoreo, el pasto ovilla tiene mejor respuesta en rendimiento, tasa de crecimiento, composición botánica y morfológica y densidad de tallos.

## **Hipótesis**

La frecuencia e intensidad de defoliación, afectan negativamente la velocidad de crecimiento del pasto ovilla, por lo que a mayor frecuencia e intensidad de pastoreo, se genera menor rendimiento.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

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

El pasto ovilla (*Dactylis glomerata* L.), es nativo del centro de Europa. El género *Dactylis* tiene una sola especie, *Dactylis glomerata* L. y su importancia en la alimentación de ganado es importante en Europa, Oceanía, Norteamérica y Sudamérica (Muslera y Ratera, 1984). Es una planta perenne, que puede alcanzar una altura de hasta 2 m. Tiene una inflorescencia con las espiguillas agrupadas en ramilletes apretados, ligeramente unilaterales, cada una comprimida lateralmente y con 2 a 5 flores. Las glumas son poco desiguales y aquilladas. Los limbos son planos, con sección en forma de V, anchos, largos y de ápice puntiagudo.

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

## **2.2. Respuesta de los pastos a la defoliación**

La historia evolutiva del pastoreo, no señala adecuadamente las interacciones planta-herbívoro, puesto que ocurren en gradientes, por presiones de selección, que varían de convergentes a divergentes, de acuerdo con el incremento de humedad ambiental y la tolerancia al pastoreo; sin embargo, en la relación planta-herbívoro resulta importante la rapidez de la respuesta. Esta característica es de gran relevancia para realizar un uso más eficiente de los recursos forrajeros de la pradera, en términos de producción total (Milchunas *et al.*, 1988).

Southwood (1985) señala que el pastoreo (interacción planta-animal, dada por la defoliación), consta de dos elementos: la resistencia de la planta al efecto del animal y la adaptación del mismo para alimentarse de la planta. La tolerancia al pastoreo, es un mecanismo clave de coexistencia (McIntrie y Hik, 2002). Este proceso afecta a los productores por dos medios: 1) biomecánico, cuando hay remoción del tejido vegetal y 2) bioquímico, cuando se introducen sustancias biológicamente activas.

El mecanismo biomecánico puede desencadenar algunos de los nueve mecanismos de compensación, señalados por McNaughton (1979), para mantener la productividad, como respuesta para reducir el efecto perjudicial del tejido dañado, ya sea vegetativo o reproductivo. Estos mecanismos de compensación en respuesta a la defoliación son: 1. Incremento en la tasa fotosintética del tejido remanente, 2. Asignación interna de sustratos, 3. Incremento en la penetración de luz por reducción del dosel. 4. Remoción del tejido menos funcional, que es fuente de demanda de recursos, 5. Reducción de la tasa de senescencia, 6. Redistribución de fitohormonas, 7. Conservación del agua, 8. Redistribución de materiales y 9. Introducción de sustancias promotoras del crecimiento.

Mashinski y Whitman (1989) mostraron los efectos de la defoliación a nivel de planta. Los benéficos son aumento en la producción de frutos y semillas, producción de materia seca y vástagos, producción de raíces y suministro de nutrimentos. Los perjudiciales son la limitación en la distribución vegetal, menos posibilidad de reproducirse y modificación en la habilidad competitiva entre plantas.

### **2.3. Balance de carbono**

La diferencia entre la cantidad de carbono, que ingresa como residuo vegetal al suelo y la que se genera por respiración microbiana, representa el balance de carbono, cuando éste, ingresa al agrosistema por la fotosíntesis y sale del mismo por la respiración radical y microbiana (Alvarez, 2006). Algunos factores del balance de carbono en *Agropirum desertorum*, fueron discutidos por Gold y Caldwell (1990), quienes encontraron que la productividad depende de factores externos y propios de la planta. Entre los externos, se cuenta a la intensidad de radiación, temperatura, humedad, etc. y entre los propios, a la especie y su arquitectura, tipo y edad de la hoja, estado fenológico, habilidad competitiva, patrón espacial de defoliación y a la capacidad de respuesta al pastoreo.

Sisson (1989) demostró que el balance de carbono de *Panicum coloratum*, responde diferencialmente a periodos de sequía y humedad en el desierto chihuahuense y se observó el papel que desempeña la impermeabilidad y elasticidad de las raíces y su influencia en la actividad respiratoria y, por lo tanto, en la ganancia neta de carbono. Plantea que la habilidad de *P. coloratum* para mantener un balance de carbono positivo, durante largos periodos de sequía, se debe a que la especie está adaptada a sequías frecuentes.

Gold y Caldwell (1989) encontraron que *A. desertorum*, defoliada en 60%, incrementa la tasa de intercambio de CO<sub>2</sub> por unidad de área foliar, inmediatamente después del corte. La respuesta es más rápida si las hojas que se eliminan son las más viejas y el valor de conductancia del vapor de agua, también aumenta con el patrón de defoliación, lo que resulta en una pérdida creciente de agua durante el día y una baja eficiencia en el uso de agua. Coughenour (1984), construyó un modelo de simulación para relacionar los efectos de la defoliación por mamíferos en el crecimiento, fotosíntesis, uso del agua e intercepción de luz, en la vegetación dominada por gramíneas en el este de África, en el cual se consideran los flujos de agua, el balance de energía y la respuesta al pastoreo. Las adaptaciones morfológicas evidenciaron, por el crecimiento compensatorio, que éste dependió del efecto de la defoliación y el contenido hídrico de la planta. Así mismo, la productividad aérea fue mayor con un pastoreo moderado, mientras que la productividad subterránea fue mayor a baja intensidad de defoliación.

Con pastoreo frecuente, la conservación del agua del suelo y la baja relación parte aérea:raíz, contrarrestaron el efecto “negativo” de la alta conductancia estomática, en el contenido de agua en la planta. En consecuencia, la fotosíntesis con frecuente pastoreo, fue máxima por una mayor conductancia estomática. La geometría de la planta se adapta a la máxima captación de luz y a otros procesos como transpiración, disponibilidad de agua y defoliación. Solo las gramíneas erectas incrementaron la fotosíntesis total, por reducción de los ángulos de las hojas (Coughenour, 1984).

## 2.4. Persistencia

Se entiende por persistencia de una planta a su longevidad, a la duración en producción (Gillet, 1984) y puede, naturalmente, estar limitada por un mal manejo, por lo que al agricultor le interesa la persistencia probable y potencial de la gramínea que se establece. Hodgson (1996) menciona que la persistencia de la pradera va a depender de la tasa de aparición y muerte de tallos, la cual varía con la estación del año.

Fue Branson (1953) el primero en proponer dos factores relacionados con la resistencia de los pastos al pastoreo: la altura de las yemas o puntos de crecimiento y la relación vástagos reproductivos/vástagos vegetativos. Este planteamiento fue valorado por Booysen *et al.* (1963) quienes agregaron que dos factores morfológicos adicionales son el tiempo requerido del ápice, para evolucionar de la fase vegetativa a la reproductiva y la capacidad de ahijamiento.

La morfología de las plantas define su organización arquitectónica, influye en su apetencia, accesibilidad a los defoliadores y afecta su habilidad de recuperación después de la defoliación (Briske, 1991). Trilica y Orodho (1989), demostraron que excluir por 50 años a plantas que continuamente fueron defoliadas, no necesariamente se traduce en un crecimiento significativo en altura o biomasa, al comparar con plantas *in situ*, previamente pastoreadas de manera severa, ni tampoco a diferencias en fibras celulares o lignina de hojas y tallos. Lo anterior, les permitió afirmar que, al menos en *Oryzopsis hymenoides*, las pequeñas variaciones en respuesta, obedecen a adaptaciones plásticas, que no conducen a selección genética para el desarrollo de mecanismos de defensa antiherbívoros y, por otro lado, tiene más biomasa cuando la planta es pastoreada.

## 2.5. Rebrote

El rebrote es el material que se acumula en el tiempo por crecimiento, 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 dos pasos: la reducción en la translocación de fotosintatos hacia las raíces y la corona, y el restablecimiento del tejido foliar (Skinner y Nelson, 1997).

Cuando la planta es cosechada, el rebrote depende de la remoción o no de los meristemas apicales, de los niveles de carbohidratos en el tejido remanente y del potencial de fotosíntesis de las hojas remanentes (Pearson e Ison, 1987). Así mismo, Culvenor *et al.* (1989) mencionan que 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.

Beguet y Bavera (2001) mencionan que uno de los aspectos más importantes de la producción de una especie forrajera, es la capacidad de la planta para generar el rebrote y la velocidad con que ocurre. En gramíneas en estado vegetativo, cuando los meristemas de crecimiento permanecen a nivel del suelo y fuera del alcance del animal, el rebrote no es afectado y se produce rápidamente a partir del meristemo que no ha dejado de formar hojas o nuevos macollos. Cuando éstos comienzan a pasar a la etapa reproductiva, la formación de la inflorescencia inhibe el crecimiento de nuevos macollos (dominancia apical). En estas condiciones, salvo en caso que se desee cosechar semilla o lograr un mayor número de plantas por resiembra natural, el

pastoreo de estos ápices diferenciados prolongará el estado vegetativo, al cortarse la dominancia apical.

Rechenthin (1956) planteó tres 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 (ahijamiento) y la capacidad para tolerar el pisoteo. Mueller y Richards (1986) realizaron un 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, y 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.

## **2.6. Reservas de carbohidratos**

El primero en definir las reservas de carbohidratos fue 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 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).

La temperatura del aire y luminosidad, tienen efecto en la formación de carbohidratos de reserva no estructurales y en el desarrollo radical. Así mismo, defoliaciones intensas o demasiado frecuentes, ocasionan una drástica caída en las reservas de la planta, que provocan un marcado descenso en la producción de forraje; esto es más notorio en especies de porte erecto, que en aquellas postradas, ya que los meristemos de crecimiento están más protegidas de la defoliación, por encontrarse por debajo de la superficie del suelo (Gardener *et al.*, 1993). La variación estacional de los carbohidratos (fructosanas, dextrinas y almidón) difiere entre especies de pastos. En muchas especies, el nivel es más bajo cuando emerge la segunda o la tercera hoja (cerca de un mes, después del inicio del crecimiento de la planta), pero en otras es cuando la semilla está madura. Sin embargo, la temperatura y la disponibilidad de agua y nutrientes, también son afectados por la variación estacional de las reservas de carbohidratos (Jameson, 1963).

White (1973) relaciona la defoliación con una reducción en las reservas de carbohidratos de hasta 75%, ya que conforme se inicia el crecimiento vegetativo, las reservas tienden a aumentar proporcionalmente y luego, disminuyen con la floración y madurez. Davidson y Milthorpe (1965), concluyeron en pasto ovillo, que la transferencia de reservas de carbohidratos desde las raíces, ocurre por la respiración, por lo que a más material residual, las reservas de carbohidratos se reducen.

## **2.7. Frecuencia e intensidad de pastoreo**

### **2.7.1. Frecuencia**

La frecuencia de defoliación es uno de los factores más importantes que determinan el rendimiento de forraje, el valor nutritivo y la persistencia de las especies (Hernández-Garay, 1996). Se define a la frecuencia como el intervalo en días, semanas o meses

entre dos cortes o pastoreos sucesivos o el número de cosechas que se realizan en una pradera, en un periodo determinado. Para determinarla se considera la especie forrajera, época del año y condiciones ambientales (Hernández-Garay, 1996).

Velasco *et al.* (2001) encontraron en praderas de pasto ovillo, que tanto la acumulación de forraje como la tasa de crecimiento (TC), aumentaron rápidamente después de la defoliación, hasta alcanzar un nivel máximo cuando la biomasa de hojas verdes fue mayor. En primavera se presentó la mayor TC a la tercera semana de rebrote (78 kg MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) y superó en 36, 51 y 70% a las de verano (4<sup>a</sup> semana), otoño (5<sup>a</sup> semana) e invierno (7<sup>a</sup> semana), respectivamente. Posteriormente, la TC comenzó a declinar, como consecuencia del aumento progresivo en material senescente y tallos. Los resultados sugieren que para obtener una máxima producción de forraje, la cosecha debe realizarse a las 3, 4, 5 y 7 semanas en primavera, verano, otoño e invierno, respectivamente.

De igual modo, Hernández-Garay *et al.* (1999), sugieren que se realicen cortes frecuentes en pasto ballico, cuando se deja un área foliar suficiente, para iniciar un nuevo rebrote y cortes más espaciados cuando es muy severo. Zaragoza (2000) obtuvo en pasto ovillo un rendimiento al cosechar cada 28 y 42 días de 1923 y 1920 kg de MS ha<sup>-1</sup>, respectivamente y fueron superiores a los obtenidos con cortes cada 14 días (1428 kg de MS ha<sup>-1</sup>) durante el periodo de estudio (septiembre-marzo). Además, la densidad de tallos (tallos m<sup>-2</sup>) al final del experimento, fue mayor para la frecuencia de corte cada 14 días en 31 y 94%, con respecto a las de 28 y 42 días.

### **2.7.2. Intensidad**

Se entiende por intensidad o severidad de defoliación, a la altura o proporción del forraje remanente después de la cosecha. La intensidad de defoliación depende de la especie en explotación, aunque dicha intensidad y homogeneidad, son producto del equipo disponible y de la topografía del terreno (Hernández-Garay, 1996).

Hill (1989) opina que la intensidad se refiere a la altura o cantidad de forraje remanente en la pradera o pastizal (o en plantas individuales) después del pastoreo o corte. Se establece una relación entre la cantidad de material vegetal removido (consumido), respecto del que permanece en la planta. Una de las formas de medirlo, es considerando la altura a la cual las plantas son defoliadas. La intensidad de defoliación, en cada especie en particular, debe proteger las yemas de rebrote y los órganos de almacenamiento de reservas energéticas.

La intensidad de defoliación es de gran importancia, ya que afecta la capacidad de crecimiento y persistencia de las especies forrajeras; además, las reservas de carbohidratos son indispensables para iniciar un nuevo rebrote después del corte o pastoreo. Conforme la defoliación es más severa, la tasa de rebrote disminuye, más aún si la frecuencia es tal, que el área foliar resulta insuficiente para producir grandes cantidades de reservas. En general, se indica que la severidad de defoliación, en gramíneas de clima templado, debe ser 5 cm sobre el nivel del suelo y que cortes más severos y frecuentes, afectan el rendimiento y persistencia de las especies. Sin embargo, cortes severos pero con periodos prolongados de recuperación, tienden a incrementar el rendimiento (Hernández-Garay *et al.*, 1999).

Hernández *et al.* (1992) investigaron el efecto de tres frecuencias y dos intensidades de corte en la alfalfa, para observar su rendimiento y notaron que a 4 cm el rendimiento fue mayor que a 8 cm (10, 357 vs 8, 361 kg MS ha<sup>-1</sup>) y el mejor rendimiento ocurrió cuando se cortó cada 6 semanas (11, 760 kg MS ha<sup>-1</sup>).

González (1999) estudió el efecto de la intensidad (3 y 6 cm) y frecuencia de defoliación (21, 28 y 35 días), en el crecimiento y rendimiento del pasto ovillo. Los resultados obtenidos indicaron la existencia de una interacción de la altura y la 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 (3853 kg MS ha<sup>-1</sup>).

## **2.8. Dinámica de crecimiento**

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

El fitómero, es la unidad elemental de construcción del sistema de vástagos (White 1979, 1984), está compuesto por la hoja, el nudo de inserción, la yema axilar, el entrenudo y en muchos casos, las raíces adventicias.

Resultados de estudios en ballico perenne, han mostrado que a partir del meristemo apical de cada tallo, se forman unidades de crecimiento denominados fitómeros, de cuyo desarrollo depende la creación de hojas, yemas axilares (que potencialmente dan inicio a nuevos tallos), alargamiento del tallo verdadero (tejido vascular debajo del meristemo apical asociado con el desarrollo de hojas) y las raíces, es decir, el mecanismo de autorregulación morfológica de un pasto es dinámico, debido a que conforme el meristemo genera nuevos fitómeros, los senescentes se eliminan en un proceso cíclico, por lo que el tallo de un pasto puede considerarse una cadena de fitómeros, en diferentes estados de desarrollo (Hodgson, 1990; Matthew y Hodgson, 1997).

Matthew *et al.* (2001) opinan que el desarrollo de la raíz, de tallos de pastos es presentada como una serie de eventos en el axis del tallo, hoja, yema del tallo, tallo verdadero y el desarrollo radicular como eventos sucesivos en el ciclo de vida de un fitómero y el tallo es 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 la raíz, 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 fotoasimilados. 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 dentro de un marco, en el cual el proceso de

defoliación se relacione con las características morfogénéticas, que determinan la capacidad de las plantas para rebrotar (Chapman y Lemaire, 1993).

## **2.9. Composición botánica**

El término composición botánica se refiere a la proporción relativa de las especies vegetales, que integran una pradera. Esta puede afectar marcadamente la productividad, calidad del forraje y aceptación por los animales (Jiménez y Martínez, 1985).

El pastoreo influye en la composición botánica de la pradera, directamente a través de la selección por el animal de las plantas o partes de ellas, e indirectamente, por el pisoteo y distribución heterogénea de heces y orina en el suelo (Holmes, 1989). En este sentido, se ha demostrado que cortes o pastoreos intensos y frecuentes, favorecen a las especies estoloníferas o rastreras, mientras que pastoreos poco severos y con baja frecuencia, benefician a las especies con hábito de crecimiento erecto o amacollado (Holmes, 1989).

González (1999) en pasto ovillo encontró que la cantidad de hojas fue mayor cuando las plantas se defoliaron cada 28 días. El porcentaje de hoja disminuyó con el periodo de recuperación de 21 a 35 días y al cortar el pasto a 3 cm cada 21 días, se incrementó 21.9% más, que cuando las defoliaciones se efectuaron a 6 cm cada 35 días. En el porcentaje y cantidad de tallos, la altura x frecuencia fue significativa, cuando se combinó a una altura de 3 cm con frecuencia cada 28 días y se produjo mayor porcentaje y cantidad de tallos. La mayor cantidad de material muerto se obtuvo al cosechar cada 35 días a 3 cm, con un incremento de 90%, comparado con defoliaciones efectuadas cada 21 días a 3 y 6 cm de altura.

Zaragoza (2000) observó en ovido (septiembre-marzo), que la frecuencia de corte cada 14 días tuvo el mejor comportamiento en el porcentaje de ovido (79%), y menor en otros pastos (8.5), material muerto (8.3%) y malezas (4.4%) comparado con los otros intervalos de corte (28 y 42 días).

Zaragoza (2004) estudió una asociación de alfalfa-ovido, en la cual el porcentaje de pasto varió de 22 a 5% en otoño y de 5 a 11% en invierno y tendió a disminuir al aumentar la severidad de pastoreo. Durante la primavera, las praderas pastoreadas más intensamente tuvieron más de 65% de alfalfa (5780 kg de MS ha<sup>-1</sup>) en la asociación alfalfa-ovido y cuando la cosecha fue ligera representó el 46% (3340 kg de MS ha<sup>-1</sup>) del forraje presente. El pasto ovido presentó un crecimiento estacional, mayor en primavera y verano (29 y 26%), que en otoño e invierno (14 y 7%). En verano y otoño la presencia de material senescente fue mínima en todos los tratamientos. En invierno y primavera se observó mayor cantidad de material muerto, principalmente cuando los pastoreos fueron menos frecuentes y ligeros.

Velasco *et al.* (2001) en pasto ovido opinan que cuando se defolia cada 2, 4 y 6 semanas, la biomasa de hojas es el componente que contribuye en mayor proporción al rendimiento, aunque no varía independientemente de la frecuencia de defoliación en ninguna de las estaciones del año. Por el contrario, el material muerto se incrementa, conforme aumenta el intervalo de corte de 2 a 6 semanas, en todas las estaciones del año.

## 2.10. Población de tallos

A las praderas se les considera como una población de tallos y cada tallo es una unidad de crecimiento independiente, por lo que la producción de forraje de una pradera, está en función del número de tallos y su producción individual (Carlassare y Karsten, 2003).

La tasa de recambio de tallos, va a ser estimulada por la defoliación y es poco probable que sea limitada por la falta de meristemas de crecimiento (Hodgson, 1996). Además, 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) señalan que la aparición de tallos, se debe a cambios en temperatura y radiación solar y es controlada por la tasa de aparición de hojas.

La influencia del número de tallos en el rendimiento de forraje, se ejemplifica con información de ryegrass (*Lolium perenne* cv. Grassland Nui); los resultados indican que el incremento en la producción 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 ocurre durante un tiempo corto.

El peso de los tallos se relaciona con la población de éstos 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 (Hernández-Garay *et al.*, 1997b; Hirata y Pakiding, 2004). 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'Huillier, 1987).

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

1. El pasto ovillo, al ser de porte erecto, sus meristemas apicales están menos protegidos a la defoliación, ya que se ubican por encima del suelo, por lo que el manejo del pastoreo es importante para su persistencia.
2. El rebrote de los pastos depende de la energía almacenada entre los intervalos de pastoreo, de la remoción o no los meristemas apicales en cada intensidad de pastoreo, así como del potencial fotosintético del tejido remanente después de una defoliación.
3. 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.
4. Manipulando la frecuencia e intensidad de pastoreo se puede incrementar el rendimiento, persistencia y mantener una buena composición botánica.

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Localización de sitio experimental**

El experimento se llevó a cabo de junio de 2005 a junio de 2006 en una pradera de pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) variedad Potomac, ubicada en el Campo Experimental del Colegio de Posgraduados, en Montecillo, Texcoco, Estado de México a 2240 msnm y a 19° 31' N y 98° 53' O. El suelo del área es franco arenoso, ligeramente alcalino (pH 7.8), con 2.4% de materia orgánica y clasificado como Typic ustipsamments (Ortiz, 1997). El clima es templado subhúmedo, con lluvias en verano, precipitación y temperatura media anual de 645 mm y 15° C, respectivamente. La temperatura promedio mensual mas baja (11.6°C) y alta (18.4°C) se registran en los meses de enero y mayo (García, 1981).

#### **3.2. Manejo de la pradera**

El estudio se realizó en una pradera de pasto ovillo con dos años de establecida, la cual se encontraba con una buena composición botánica (80% de pasto ovillo). Las praderas no se fertilizaron, y en la época seca se regaron a capacidad de campo por aspersión cada dos semanas. Al inicio del estudio se efectuó un pastoreo de uniformización (5-7 o 9-11 cm de altura de forraje residual).

#### **3.3. Tratamientos**

Se estudió la combinación de dos alturas de forraje residual (5-7 y 9-11 cm) y tres frecuencias de pastoreo (21, 28 y 35 días). Los tratamientos se distribuyeron aleatoriamente en un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. Se utilizaron 18 parcelas 9 x 7 m cosechadas por ovinos, sin importar peso ni estado fisiológico.

### **3.4. Variables de estudio**

**3.4.1. Rendimiento de forraje.** La acumulación total y estacional de forraje se determinó en dos cuadros fijos de 0.25 m<sup>2</sup> por repetición. Para ello, antes de cosechar el forraje presente, se midió la altura dentro del cuadro con un plato de 30x30 cm (deslizándose por un orificio central a lo largo de una varilla graduada), y posteriormente se cortó el forraje a 5 cm de altura. Con los datos de peso seco y la altura del forraje, se obtuvo la siguiente ecuación de regresión  $y = 80.002x + 66.3$ , la cual se empleó para estimar el rendimiento de forraje en base seca, durante todo el periodo de estudio. Adicionalmente en cada parcela, se tomaron 25 lecturas con el plato. El promedio de ellas se utilizó en la ecuación de regresión a fin de estimar el rendimiento de forraje en todos los tratamientos. Todo el material cosechado de ambos cuadros fijos se pesó en verde, se lavó, se depositó en bolsas etiquetadas y se secó en una estufa de circulación de aire forzado, a 55 °C por 48 h y se pesó. Posteriormente, la parcela se defolió con ovinos a la intensidad establecida (5-7 o 9-11 cm de altura de forraje residual).

La acumulación estacional y anual de forraje en cada tratamiento, se obtuvo al sumar el forraje cosechado en los pastoreos, correspondientes a los meses de cada estación y en todos los meses del año, respectivamente. Cuando la frecuencia de pastoreo no coincidió con el término de la estación del año, se tomó la parte proporcional del rendimiento obtenido en ese mes.

**3.4.2. Tasa de crecimiento.** Con los datos de peso seco, obtenidos un día después del pastoreo y un día antes del siguiente pastoreo, se estimó la tasa de crecimiento (TC) y se calculó a partir del promedio de las lecturas obtenidas con el plato en cada repetición, mediante la fórmula (Hunt, 1990):

$$TC = \frac{FP_{t_2} - FP_{t_1}}{T_2 - T_1}$$

Donde:

TC = Tasa de crecimiento (kg de MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>).

FP<sub>t<sub>2</sub></sub> = Forraje presente antes del pastoreo (kg de MS ha<sup>-1</sup>).

FP<sub>t<sub>1</sub></sub> = Forraje residual después del pastoreo anterior (kg de MS ha<sup>-1</sup>).

T<sub>2</sub>-T<sub>1</sub> = Días transcurridos entre un pastoreo (T<sub>2</sub>) y el anterior (T<sub>1</sub>).

Cuando la frecuencia no abarcó todo el mes, se tomó la parte proporcional del rendimiento correspondiente a ese mes.

**3.4.3. Grado de defoliación.** La intensidad de defoliación es la cantidad de forraje que consume el animal, expresado como porcentaje del forraje ofrecido, menos el forraje residual. El GD es un indicador de la eficiencia de los animales en pastoreo (Hodgson, 1979). Para su estimación se empleó la siguiente fórmula (Stuth *et al.*, 1981):

$$GD = ((FO - FR) / FO) \times 100$$

Donde:

GD = Grado de defoliación (%).

FO = Forraje ofrecido (kg MS ha<sup>-1</sup>).

FR = Forraje residual (kg MS ha<sup>-1</sup>).

**3.4.4. Composición botánica y morfológica.** Para determinar la composición botánica, se emplearon en su totalidad las muestras de 0.25 m<sup>2</sup> de los cuadros fijos establecidos en cada repetición, a mediados de cada estación del año, las cuales se

separaron en pasto ovillo, material muerto, malezas y otros pastos. Para la composición morfológica se tomó toda la muestra de pasto ovillo de la composición botánica, la cual se separó en hojas (laminas foliares), tallos (pseudotallos y tallos reproductivos), material muerto y espiguillas. Cada componente se depositó en bolsas previamente etiquetadas y se secaron en una estufa de circulación de aire forzado a 55 °C por 48 h, y se pesaron.

**3.4.5. Relación hoja:tallo y hoja:no hoja.** Para determinar a ambas, de las muestras utilizadas para la composición botánica, el pasto ovillo se separó en sus componentes morfológicos, los cuales se secaron y se pesaron. La relación hoja:tallo se calculó al dividir el peso seco de las hojas entre el peso seco de los tallos. Para la relación hoja:no hoja se dividió el peso de las hojas entre la suma del peso de los tallos y el material muerto.

**3.4.6. Dinámica de tallos.** Al inicio del estudio (16 junio 2005) se colocaron a nivel del suelo, dos cilindros de plástico de 10 cm de diámetro por repetición en macollos tomados al azar. Todos los tallos del pasto ovillo fueron marcados con anillos de plástico del mismo color (0.5 cm de diámetro) se usaron para marcar. Los tallos vivos y muertos se registraron a intervalos de 30 días y los tallos nuevos fueron marcados con un nuevo color en cada evaluación. Los datos individuales en cada círculo (10 cm de diámetro), fueron usados para calcular los cambios en la dinámica de tallos, tasa de aparición y tasa de muerte de tallos.

**3.4.7. Densidad de tallos (tallos m<sup>-2</sup>).** Al iniciar la investigación, se tomaron 100 muestras dentro de las 18 parcelas con el “sacabocado” (6.5 cm de diámetro) para tener el promedio de la población inicial de tallos y dado que la determinación en los

dos aros fijos de la densidad de tallos sobreestima en, aproximadamente, 50% a la que existe realmente en la pradera, se procedió a determinar ésta por medio de la toma de 25 muestras aleatorias por repetición a mediados de cada estación del año. Para determinar la densidad por unidad de superficie en cada repetición, se registró el número de tallos promedio de las 25 submuestras, el cual se convirtió a tallos m<sup>2</sup> utilizando la fórmula  $\Pi r^2$ .

#### **3.4.8. Registros climatológicos**

Los registros mensuales de temperatura a la interperie (máxima, promedio, mínima y mínima extrema), precipitación mensual, horas luz, radiación global, así como el número de heladas por mes durante el periodo de estudio, se obtuvieron de la estación climatológica del Colegio de Posgraduados, situada a 400 m del sitio experimental (Cuadro 1). La temperatura media anual en el año de estudio fue de 16.3 °C, en tanto que la precipitación anual fue de 668 mm. Se presentaron 28 heladas durante el otoño e invierno (13 y 15), respectivamente.

#### **3.4.9. Análisis de datos**

Los datos se organizaron por estación y mes y las variables fueron analizadas utilizando el procedimiento GLM de SAS (1999). Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2 x 3 con tres repeticiones por tratamiento. Los factores fueron altura de forraje residual (5-7 y 9-11 cm) e intervalo de pastoreo (21, 28 y 35 días). Se obtuvieron las medias de mínimos cuadrados y se compararon utilizando la prueba de Tukey ajustada con el procedimiento LSMEANS de SAS.

Para el análisis de la variable dinámica de tallos, se incluyó como covariable en el modelo la densidad inicial de tallos ( $X_i$ ), por considerarse que influye en el comportamiento de la misma.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Características climáticas

Los datos de temperatura y precipitación durante el periodo experimental se muestran en la Cuadro 1. Las menores temperaturas en promedio por estación fueron de 8, -1, -2 y 5 °C para verano, otoño, invierno y primavera, respectivamente. En otoño se registró la menor cantidad de horas luz (7.9) y radiación global (422 calorías cm<sup>2</sup> d<sup>-1</sup>).

Cuadro 1. Características climáticas durante el periodo de estudio (junio 2005 a junio 2006) en el Campo Experimental Montecillo del Colegio de Postgraduados.

Año	Mes	Precipitación pluvial (mm)	Temperatura (°C)				Horas luz	Radiación global (calorías cm <sup>2</sup> d <sup>-1</sup> )	# heladas
			Máxima	Media	Mínima	Mínima extrema			
2005	Jun	33	25.3	21.5	9.1	2.5	6.3	457	0
	Jul	156	24.2	19.8	9	4	8.4	512	0
	Ago	114	24.8	19.3	8.6	4	7.5	428	0
	Sep	52	22	17.2	5.6	-3	8.0	483	0
	Oct	54	23.2	16.4	3.4	-8	7.1	430	0
	Nov	30	20.5	13.8	-1.4	-9	7.5	411	3
	Dic	10	22.1	12	-3.5	-10	9.0	425	10
2006	Ene	0	19.3	12.3	-3.9	-12	7.0	398	11
	Feb	1	25.7	14	-0.3	-9	9.0	464	1
	Mar	23	26.7	15.4	-0.3	-7.5	9.4	495	3
	Abr	32	27.9	18.3	2.7	-5	9.1	544	0
	May	83	29.8	18.5	6.2	0	8.6	536	0
	Jun	80	26.1	18.4	5.7	-2	9.0	515	0
Verano		355	24	19	8	2	8.0	474	0
Otoño		94	22	14	-1	-9	7.9	422	13
Invierno		24	24	14	-2	-10	8.5	452	15
Primavera		195	28	18	5	-2	8.9	531	0
		668	24.4	16.7	3.1	-4.2	8.1	469.0	28
		total	Promedio						total

## 4.2. Rendimiento estacional y total de forraje

No se observó efecto de interacción frecuencia por intensidad de pastoreo en el rendimiento estacional y total durante el periodo de estudio (Cuadro 2). Independientemente de la frecuencia e intensidad de pastoreo, el rendimiento estacional se distribuyó de la siguiente forma: 49.5, 31.6, 14.1, y 4.8% para primavera, verano, invierno y otoño, respectivamente. Solamente se registró efecto de frecuencia de pastoreo en primavera, otoño y en el rendimiento total ( $P \leq 0.05$ ). El mayor rendimiento total con 11,700 kg MS ha<sup>-1</sup> ocurrió al cosechar cada 35 días y superó ( $P \leq 0.05$ ) en 30 y 14 % a las frecuencias de 28 y 21 días, respectivamente. Durante el otoño, el pastoreo cada 35 días superó ( $P \leq 0.05$ ) en 122 y 27 % a las de 28 y 21 días, mientras que en primavera la frecuencia de 28 días tuvo 61 y 24 % menos ( $P \leq 0.05$ ) rendimiento que la de 35 y 21 días.

El mayor rendimiento de forraje observada en verano y primavera, pudo deberse a la mayor precipitación, adecuadas temperaturas, radiación solar y horas luz, que permitieron un rápido crecimiento de las plantas (Zaragoza, 2004). Mientras que el menor rendimiento observado en otoño (481 kg MS ha<sup>-1</sup>), pudo deberse a la presencia de menor radiación global (422 calorías cm<sup>2</sup> d<sup>-1</sup>), horas luz (7.9 h), además de que la temperatura mínima descendió a valores negativos (Cuadro 1). De igual forma, la baja acumulación de forraje durante otoño e invierno se relaciona con la poca tolerancia de esta especie a las bajas temperaturas (Velasco *et al.*, 2001), ya que se registraron un total de 28 heladas (13 en otoño y 15 en invierno), las que también pudieron haber repercutido negativamente en el rendimiento.

En relación al bajo rendimiento de forraje, al cosechar cada 28 días Binnie *et al*, (1980) observó que cortos y prolongados intervalos entre defoliaciones, promueven mayor producción de materia seca que con defoliaciones intermedias. Un intervalo mayor de defoliación (por ejemplo, cada 35 días) da como resultado una mayor capacidad del dosel vegetal, para interceptar la radiación solar, lo que ocasiona un aumento en la fotosíntesis neta y, como consecuencia, en el rendimiento de materia seca (Matthew y Hodgson, 1997).

Investigaciones realizadas en ballico perenne por Matthew y Hodgson (1997), mostraron que la mayor acumulación de materia seca se obtiene al someterlo a una intensidad de pastoreo menos severa, e intervalos prolongados de pastoreo, debido a que permite reponer las reservas de carbohidratos ubicadas en raíces y pseudotallos. En la presente investigación no se presentó este efecto al pastorear cada 35 días.

Un intervalo de defoliación de 35 días o mayor da como resultado 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 (Zaragoza, 2000). Este mismo autor al estudiar el pasto ovillo encontró en el periodo de septiembre a marzo mejores rendimientos al pastorear cada 28 días (1, 923 kg MS ha<sup>-1</sup>) en comparación cuando se realiza el apacentamiento cada 14 o 42 días (1, 428; 1, 903 kg MS ha<sup>-1</sup>). Resultados similares reportó González (1999) con el mismo pasto durante 7 meses (julio-octubre) al comparar 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; en el cual se obtuvieron mayores rendimientos al cortar a 3 cm cada 5 semanas (3853 kg MS ha<sup>-1</sup>). Zaragoza (2004) por su parte encontró mayores rendimientos de alfalfa-ovillo 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>). Así mismo, Tablada (1998) estudió la producción de biomasa en una asociación de ovillo-alfalfa encontró mayor cantidad de forraje presente al cosechar cada 35 días (8,330 kg MS ha<sup>-1</sup>), en comparación al pastorear cada 21 y 28 días (3,732 y 3,310 kg MS ha<sup>-1</sup>), para dos periodos de pastoreo durante el verano.

En la medida en que se realizan las defoliaciones más intensamente y el intervalo entre ellas es menor se reducen las reservas de hidratos de carbono, el desarrollo de las yemas apicales, los puntos del crecimiento y disminuye el número de tallos (Scoutt y Hines, 1991; Lozano *et al.*, 2002) y por consecuencia decrece la producción de biomasa. Por lo tanto, es importante conocer el momento adecuado de realizar los cortes o pastoreos y además que estos sean acordes a la producción que se presenta en las diferentes épocas del año.

**Cuadro 2. Rendimiento de materia seca estacional y total del pasto ovillo (kg MS ha<sup>-1</sup>) en respuesta a dos intensidades y tres frecuencias de pastoreo.**

		2005		2006		2006	
Intensidad de pastoreo (cm)	Frecuencia de pastoreo (días)	VERANO	OTOÑO	INVIERNO	PRIMAVERA	TOTAL	
5-7	21	3242	407	1200	4672	9521	
	28	2995	297	1825	3727	8844	
	35	3738	666	1333	5860	11598	
$\bar{x}$ 5-7		3325	457	1453	4753	9987	
9-11	21	3791	608	1606	4947	10951	
	28	2118	285	1225	4006	7634	
	35	3203	624	1297	6677	11801	
$\bar{x}$ 9-11		3037	506	1376	5210	10129	
	$\bar{x}$ 21	3517	507	1403	4809	10236	
	$\bar{x}$ 28	2557	291	1525	3866	8239	
	$\bar{x}$ 35	3470	645	1315	6269	11699	
	EEM	411	93	371	662	1140	
	Intensidad	NS	NS	NS	NS	NS	
	Frecuencia	NS	*	NS	*	*	
	Interacción	NS	NS	NS	NS	NS	

EEM= Error estándar de la media

NS= No significativo

\*P<0.05

### 4.3. Tasa de crecimiento (TC)

La tasa de crecimiento estacional se presenta en el Cuadro 3 y la TC mensual en el Cuadro 4. No se observó efecto de interacción en la tasa de crecimiento estacional y mensual entre intensidad y frecuencia de pastoreo, durante todo el periodo de estudio ( $P > 0.05$ ). Tampoco se registró efecto de intensidad de pastoreo. Aunque no se realizó análisis estadístico entre estaciones, la tasa de crecimiento presentó el siguiente orden descendiente: primavera > verano > invierno > otoño. Sólo se observaron efectos de frecuencia en otoño, primavera y en el promedio anual (Cuadro 3), siendo las frecuencias de 35 días las que presentaron los mayores valores con 7, 70 y 32 kg MS  $\text{ha}^{-1} \text{d}^{-1}$ , respectivamente. Al respecto, Zaragoza (2004) observó las menores producciones de materia seca en otoño e invierno y coincidió con las menores TC (42 y 44 kg MS  $\text{ha}^{-1} \text{d}^{-1}$ ) y con las temperaturas más bajas (de hasta  $-1.8^\circ \text{C}$ ).

La tasa de crecimiento mensual (Cuadro 4) solo presentó efectos de frecuencia, de octubre a diciembre, y durante mayo y junio. La mayor tasa de crecimiento (TC) se registró en mayo y junio (71 kg MS  $\text{ha}^{-1} \text{d}^{-1}$ ) al cosechar cada 35 días ( $P \leq 0.05$ ). Las menores TC ocurrieron en noviembre, en el intervalo de pastoreo de 28 días, con 1.5 kg MS  $\text{ha}^{-1} \text{d}^{-1}$ , aunque se registraron valores muy bajos de octubre 2005 a febrero 2006 y pudieron estar asociadas a las bajas temperaturas (Cuadro 1) como lo consigna Hodgson (1990).

Velasco *et al.* (2001) encontró también TC cercanas a cero durante el invierno, 3 kg MS  $\text{ha}^{-1} \text{d}^{-1}$ ) mientras que la TC más alta se encontró entre la 3ª y 4ª semana de primavera (98 kg de MS  $\text{ha}^{-1} \text{d}^{-1}$ ). En verano registró una TC máxima de 53 kg MS  $\text{ha}^{-1} \text{d}^{-1}$ . Durante estas estaciones, los valores de la TC se atribuyen a condiciones climáticas

favorables tales como temperatura, horas luz y radiación solar. Un estudio con resultados similares fue realizado por Hernández-Garay *et al.* (1997a) quienes señalaron que la TC en ballico perenne, alcanza los valores más altos en primavera con el aumento de la temperatura, con fertilidad adecuada en el suelo y la disponibilidad de agua en el mismo, pero disminuye en otoño e invierno a consecuencia de las bajas temperaturas. Este fenómeno permite entender la estacionalidad de la producción de forrajes a través del año y crear nuevos planes de manejo de las praderas, en beneficio de los productores de rumiantes.

**Cuadro 3. Tasa de crecimiento estacional y promedio del pasto ovilla (kg MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) en respuesta a dos intensidades y tres frecuencias de pastoreo.**

Intensidad de pastoreo (cm)	Frecuencia de pastoreo (días)	2005	2005	2006	2006	PROMEDIO
		VERANO	OTOÑO	INVIERNO	PRIMAVERA	
5-7	21	37	4	15	54	28
	28	33	3	20	41	24
	35	42	7	15	65	32
$\bar{x}$ 5-7		37	5	17	53	28
9-11	21	42	7	18	55	30
	28	23	3	13	45	21
	35	36	7	14	74	33
$\bar{x}$ 9-11		33	6	15	58	28
	$\bar{x}$ 21	39	6	16	54	29
	$\bar{x}$ 28	28	3	17	43	23
	$\bar{x}$ 35	39	7	15	70	32
	EEM	4.5	1.1	4	7.4	3
	Intensidad	NS	NS	NS	NS	NS
	Frecuencia	NS	*	NS	*	*
	Interacción	NS	NS	NS	NS	NS

EEM= Error estándar de la media

NS= No significativo

\* P≤0.05

**Cuadro 4. Tasa de crecimiento mensual y promedio del pasto ovillo (kg MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) en respuesta a dos intensidades y tres frecuencias de pastoreo.**

Intensidad de pastoreo (cm)	Frecuencia de pastoreo (días)	2005												2006												$\bar{x}$	
		JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN		
5-7	21	49	44	17	1.9	4.0	7.3	10	17	18	54	53	55	28	49	43	19	6.4	3.1	5.3	9	15	26	49	57	55	28
	28	44	35	19	6.2	1.3	2.2	11	17	32	32	50	43	24	51	54	19	6.9	5.6	7.4	14	16	24	61	53	50	30
	35	52	50	21	11.2	4.2	6.3	6	11	27	61	67	68	32	28	27	15	5.5	1.7	2.1	10	9	22	48	47	38	21
$\bar{x}$ 5-7		49	43	19	6.4	3.1	5.3	9	15	26	49	57	55	28	40	42	23	9.0	3.5	7.7	7	12	24	72	75	33	
9-11	21	40	41	19	7.1	3.6	5.7	10	12	23	60	58	55	28	40	41	19	7.1	3.6	5.7	10	12	23	60	58	55	28
	28	50	49	18	4.4	4.8	7.3	12	16	21	57	53	53	29	51	54	19	6.9	5.6	7.4	14	16	24	61	53	50	30
	35	36	31	17	5.9	1.5	2.1	10	13	27	40	49	40	23	28	27	15	5.5	1.7	2.1	10	9	22	48	47	38	21
$\bar{x}$ 9-11		46	46	22	10.1	3.8	7.0	6	12	25	66	71	71	32	40	42	23	9.0	3.5	7.7	7	12	24	72	75	33	
EEM	5.7	7.6	2.4	1.7	0.96	1.4	3.2	3.2	3.7	7.4	9.6	7.7	7.4	3	5.7	7.6	2.4	1.7	0.96	1.4	3.2	3.7	7.4	9.6	7.7	7.4	3
Intensidad	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Frecuencia	NS	NS	NS	*	*	**	NS	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	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

EEM= Error estándar de la media

NS= No significativo

\*P<0.05; \*\*P<0.01

#### **4.4. Grado de defoliación (GD)**

No se presentó efecto de interacción entre altura y frecuencia en ninguna de las estaciones del año (Cuadro 5). Con excepción de julio donde se observó un mayor grado de defoliación (GD) al pastorear más severamente ( $P \leq 0.01$ ), no se registró efecto de intensidad durante todo el periodo de estudio. De julio a diciembre del 2005 hubo efecto de frecuencia (excepto agosto), siendo el intervalo de 35 días el que mayor grado de defoliación tuvo ( $P \leq 0.05$ ). De enero a mayo no se observaron diferencias estadísticas ( $P > 0.05$ ) entre frecuencias de pastoreo. En junio 2006, el pastoreo de cada 35 días (70%) presentó los mayores valores, superando en 25 y 26% al intervalo 21 y 28 días. En primavera se dieron los valores más altos de GD, probablemente como resultado de una mayor cantidad de forraje ofrecido, ocasionado por mejores condiciones ambientales.

Al respecto, Zaragoza (2004) en una pradera asociada de pasto ovillo-alfalfa encontró que el GD fue mayor conforme aumentó la severidad de pastoreo, con promedio anual de 89, 79 y 65% en pastoreo severo, intermedio y ligero, como resultado del mayor tiempo de pastoreo. Este autor concluye que en una pradera, un alto nivel de utilización de forraje, es deseable para mantener una dieta de material altamente digestible y reducir desperdicio, pero el consumo animal y el rebrote de la pradera puede ser menor.

Scarnecchia (1998) menciona que el GD de la pradera no solo se atribuye al forraje consumido, sino también al que desaparece por senescencia, descomposición, pisoteo, muestreo destructivo y deposición de heces y orina. En este sentido, Parsons y Penning (1988) señalan que los animales dejan más material donde los tallos son grandes, después de un largo periodo de recuperación.

**Cuadro 5. Grado de defoliación (%) del pasto ovillo en respuesta a dos intensidades y tres frecuencias de pastoreo.**

Intensidad de pastoreo (cm)	Frecuencia de pastoreo (días)	2005												2006													
		JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN		
5-7	21	44	46	33	30	39	32	37	48	47	61	61	61	45	44	46	33	30	39	32	37	48	47	61	61	61	45
	28	55	49	34	28	40	51	44	61	47	41	61	61	48	55	49	34	28	40	51	44	61	47	41	61	61	48
	35	62	49	45	45	46	52	47	41	55	57	58	70	52	62	49	45	45	46	52	47	41	55	57	58	70	52
$\bar{x}$ 5-7		54	48	38	34	42	45	43	50	50	53	59	64	48	54	48	38	34	42	45	43	50	50	53	59	64	48
9-11	21	38	51	38	28	38	32	38	55	49	67	53	51	45	38	51	38	28	38	32	38	55	49	67	53	51	45
	28	34	43	34	22	39	31	36	43	42	54	56	54	41	34	43	34	22	39	31	36	43	42	54	56	54	41
	35	44	54	52	52	51	47	35	38	48	49	50	70	49	44	54	52	52	51	47	35	38	48	49	50	70	49
$\bar{x}$ 9-11		39	49	41	34	43	37	36	45	46	57	53	59	45	39	49	41	34	43	37	36	45	46	57	53	59	45
$\bar{x}$ 21		41	49	35	29	38	32	37	51	48	64	56	56	45	41	49	35	29	38	32	37	51	48	64	56	56	45
$\bar{x}$ 28		44	46	34	25	40	41	40	52	44	48	59	57	44	44	46	34	25	40	41	40	52	44	48	59	57	44
$\bar{x}$ 35		53	51	49	49	48	49	41	39	52	53	54	70	51	53	51	49	49	48	49	41	39	52	53	54	70	51
EEM		3.4	3.9	3.4	3.8	3.2	4.9	5.1	6.7	6.7	9	4.5	2.8	1.64	3.4	3.9	3.4	3.8	3.2	4.9	5.1	6.7	6.7	9	4.5	2.8	1.64
Intensidad		**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*
Frecuencia		*	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	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

EEM= Error estándar de la media

NS= No significativo

\*P<0.05; \*\*P<0.01

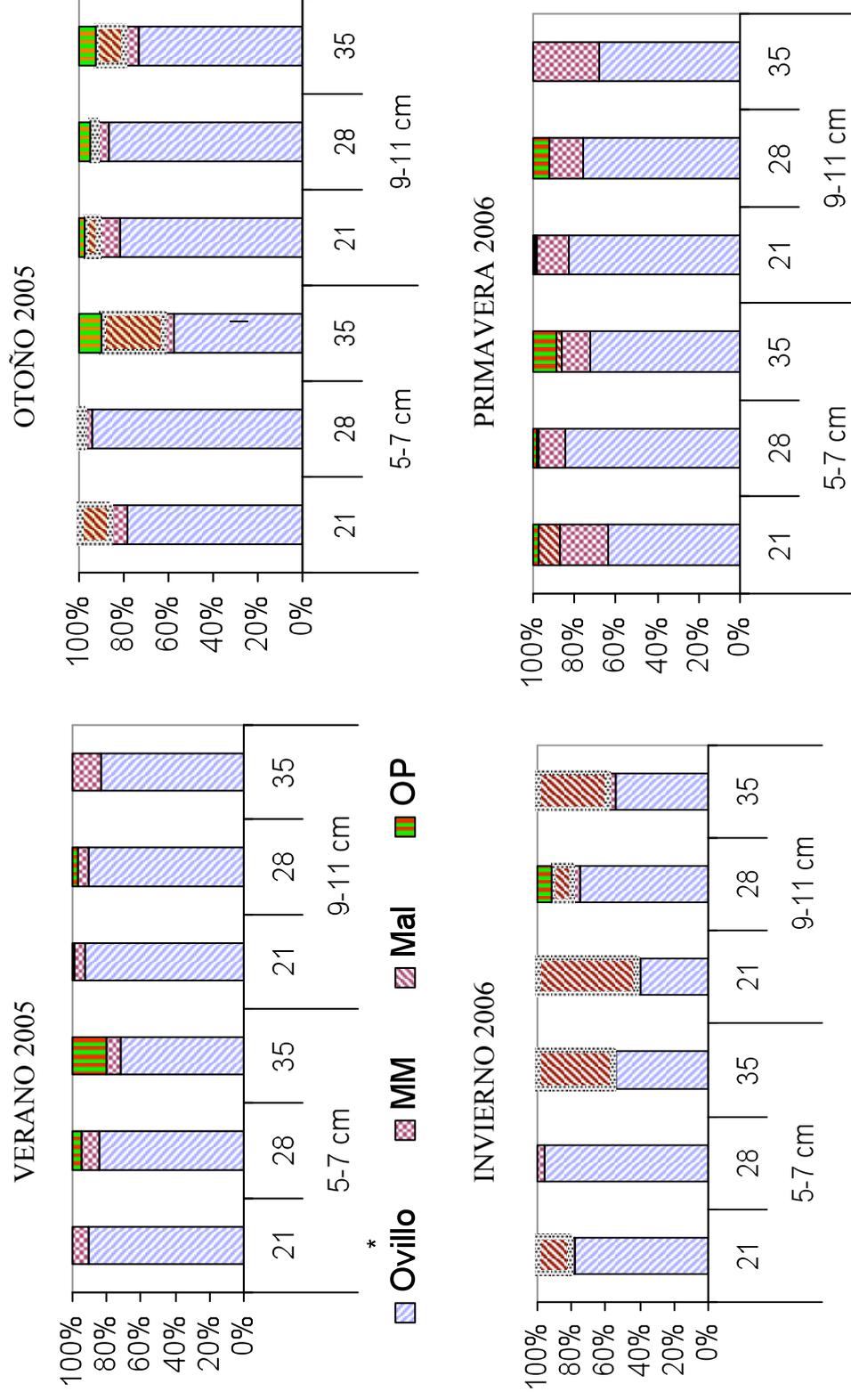
#### 4.5. Composición botánica

Los cambios estacionales en los componentes de la pradera se presentan en la Figura 1. No se presentó efecto de interacción frecuencia por intensidad de pastoreo en las cuatro estaciones del año. Durante el verano del 2005 la proporción de pasto ovillo fue superior al 70% en todos los tratamientos, y no mostró efecto de frecuencia ni de intensidad ( $P>0.05$ ) de pastoreo, y tendió a disminuir conforme aumentó el intervalo entre pastoreos ( $P>0.05$ ). En verano las malezas y el material muerto (MM) representaron menos del 15%. Durante el otoño se observó una disminución en el porcentaje de pasto ovillo al aumentar el intervalo de pastoreo de 21 a 35 días ( $P\leq 0.05$ ), particularmente en el tratamiento cosechado intensamente (5-7 cm). La presencia de otros pastos fue menos del 10% y la mayor proporción se presentó al pastorear cada 35 días, al igual que la mayor cantidad de MM. La proporción de pasto ovillo durante el invierno fue mayor en las frecuencias de pastoreo de 28 días y menor en las de 35 días ( $P\leq 0.05$ ). Al comparar las intensidades, se observó en invierno la menor cantidad de ovillo al pastorear entre 9-11 cm cada 21 días (Figura 1). Durante ésta estación (invierno), el porcentaje de malezas en el pastoreo menos severo superó en más de 200% al mas severo ( $P\leq 0.05$ ) y se presentaron en mayor cantidad al defoliar cada 21 días. Durante la primavera no se registraron diferencias estadísticas entre frecuencias de pastoreo ( $P>0.05$ ), todos los tratamientos presentaron un porcentaje superior al 60% de pasto ovillo y se registró un porcentaje superior al 20% de otros pastos al cosechar cada 35 días a 9-11 cm.

La intensidad de pastoreo entre 9-11 cm, en verano, otoño y primavera, presentó mayor porcentaje de ovillo, debido a que la pradera tuvo mas área foliar remanente, que fue usada para un crecimiento más rápido, inmediatamente después del

pastoreo (Hernández-Garay *et al.*, 1997a; Velasco *et al.*, 2001; Matthew y Hodgson, 1997). Por el contrario, en invierno la proporción de ovilla en la intensidad 9-11 cm se redujo, ya que las malezas tuvieron más oportunidad de prosperar, y se incrementó el porcentaje de MM debido a las bajas temperaturas y heladas (Cuadro 1).

Figura 1. Composición botánica de una pradera de pasto ovillo (%) en respuesta a dos intensidades y tres frecuencias de pastoreo.



\*Ovillo = Pasto ovillo; MM = material muerto; Mal = Malezas; OP = Otros pastos;

La principal maleza invasora durante el invierno fue la malva (*Malva sylvestris* L.), la cual, al parecer, no es afectada por las bajas temperaturas, presentándose más notoriamente al no pastorear severamente o al incrementar el intervalo entre pastoreos. En esos tratamientos, invadió los espacios del pasto ovillo reduciendo su proporción, obteniendo en algunos casos 57% de la materia seca obtenida en la pradera (al defoliar cada 21 días a 9-11 cm). Al respecto, Velasco (2001) observó en pasto ballico durante el invierno, una incidencia del 28% de diente de león (*Taraxacum officinalis*), mientras que en las otras 3 estaciones, menos del 10%. Por su parte Zaragoza (2004), en una asociación alfalfa-pasto ovillo concluye que la escasa presencia de malezas (menor de 10% en las 4 estaciones del año) y otros pastos, es debida a que era el primer año de producción de la pradera, y a pesar de la severidad de pastoreo, existió una excelente composición botánica, lo que impidió su establecimiento.

Anteriormente, Velasco (2001) observó en ovillo mayor presencia de otros pastos (OP) en primavera con 8.5%. En verano e invierno tendió a aumentar conforme se incrementó el intervalo de corte de 2 a 6 semanas, mientras que en otoño se registró la mayor proporción de OP al cortar a 2 semanas. Además, la pradera tuvo mayor proporción de malezas en primavera y verano con 21 y 15%, respectivamente.

#### **4.6. Composición morfológica**

No se presentó efecto de interacción en ninguno de los componentes morfológicos del pasto ovillo (Cuadro 6). Solo se registró efecto de intensidad de pastoreo en el invierno en el porcentaje de hojas, donde el pastoreo más severo tuvo los mayores valores (44 vs 40 %). Durante el verano no se registraron efectos significativos tanto

de intensidad como de frecuencia de pastoreo en ninguno de los componentes morfológicos. En otoño, la menor y mayor proporción de hojas y material muerto se presentó al pastorear cada 21 días ( $P \leq 0.05$ ). El porcentaje de hojas durante el invierno tendió a disminuir conforme se aumentó el intervalo entre pastoreos de 21 a 35 días ( $P \leq 0.05$ ). En contraste, conforme el intervalo entre defoliaciones disminuyó, se redujo el aporte de tallos al rendimiento. Solo se presentó efecto de frecuencia en la aportación de hojas al rendimiento durante la primavera, siendo el pastoreo cada 35 días el que registró los menores valores con 36% ( $P \leq 0.05$ ). Las espiguillas tuvieron un comportamiento similar durante verano y primavera ( $P > 0.05$ ) y fueron más evidentes en intervalos largos entre pastoreos.

Durante el verano, otoño e invierno se registraron menores proporciones de hoja a mayor intervalo entre pastoreos; debido al incremento en la proporción de tallos y senescencia de hojas (Champan y Lemaire, 1993; Velasco *et al.*, 2001). Además, durante otoño e invierno las bajas temperaturas no permitieron que las hojas crecieran, por lo que el tallo fue el que predominó. 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 como lo consiga Champan y Lemaire (1993).

En un estudio realizado por González (1999) se observó que a medida en que el periodo de recuperación aumenta de 21 a 35 días, disminuye el porcentaje de hoja, y al cortar a 3 cm cada 21 días, se incrementó 22% la proporción de hoja, que cuando las defoliaciones se efectuaron a 6 cm cada 35 días.

**Cuadro 6. Composición morfológica del pasto ovillo (%) en respuesta a dos intensidades y tres frecuencias de pastoreo.**

Intensidad de pastoreo (cm)	Frecuencia de pastoreo (días)	Verano 2005			Otoño 2005			Invierno 2005			Primavera 2005				
		Hojas	Tallos	MM†	ES	Hojas	Tallos	MM	Hojas	Tallos	MM	Hojas	Tallos	MM	ES
5-7	21	45	44	10	1	45	45	10	50	46	4	37	36	27	1
	28	45	41	11	4	52	43	5	49	46	4	43	42	13	2
	35	42	45	10	4	48	43	9	44	52	4	39	44	15	2
$\bar{x}$ 5-7		44	43	10	3	49	43	8	48	48	4	40	40	18	2
	21	48	44	6	2	45	44	11	48	45	6	43	40	15	1
	28	48	42	6	3	50	43	6	47	47	6	42	39	17	2
$\bar{x}$ 9-11	35	42	37	16	5	49	44	8	40	52	7	32	38	28	2
		46	41	10	3	48	44	8	45	48	7	39	39	20	2
		46	44	8	1	45	44	10	49	46	5	40	38	21	1
	$\bar{x}$ 28	46	42	9	4	51	43	5	48	47	5	43	40	15	2
	$\bar{x}$ 35	42	41	13	4	49	43	8	42	52	6	36	41	22	2
	EEM	2	2	2	1	2	1	1	1	1	2	3	3	6	1
	Intensidad	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	Frecuencia	NS	NS	NS	NS	*	NS	*	*	**	NS	*	NS	NS	NS
	Interacción	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

† MM = Material Muerto, ES= Espiguillas, MM = Material Muerto

EEM= Error estándar de la media

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

Con el intervalo de pastoreo más amplio (cada 35 días), los tallos se presentaron en mayor proporción en primavera. Resultados similares fueron observados por Hernández-Garay y Martínez (1997). Además, las bajas temperaturas no permitieron que las hojas crecieran; por lo que la mayor cantidad de fotosintatos se quedó en los tallos, y quizás por esta razón fue el componente que contribuyó al rendimiento en mayor proporción.

#### **4.7. Relación hoja:tallo y hoja:no hoja**

Sin duda alguna uno de los componentes de mayor importancia en una pradera lo conforma la cantidad de hoja presente en relación al tallo al momento de efectuar el pastoreo. En la investigación realizada, la relación hoja:tallo y hoja:no hoja, no presentó efecto de interacción frecuencia por intensidad de pastoreo durante las cuatro estaciones del año (Cuadro 7). La intensidad de pastoreo no afectó la relación hoja:tallo, durante el periodo de estudio, oscilando entre 0.95 y 1.12. Durante el verano y otoño la relación hoja:tallo no fue afectada por la frecuencia de pastoreo ( $P > 0.05$ ). Sin embargo, en invierno y primavera tendió a disminuir, al aumentar el intervalo de cosecha de 21 a 35 días ( $P \leq 0.01$ ). Esta disminución fue acentuada durante el invierno (de 1.09 a 0.82).

En la relación hoja:no hoja, solo se observó efecto de la intensidad de pastoreo en invierno, y disminuyó al cosechar menos severamente (0.92 vs 0.84). A excepción de verano, cuando no se registraron diferencias estadísticas entre frecuencias de pastoreo ( $P > 0.05$ ), la relación hoja:no hoja fue estadísticamente diferente entre frecuencias. En otoño la mayor (0.98) y menor (0.81) relación hoja:no hoja ( $P \leq 0.05$ ) se presentó al pastorear cada 28 y 21 días. En primavera se registraron los menores valores, siendo

el pastoreo cada 35 días con 0.57, el que presentó el menor valor. Conforme avanza la edad de rebrote hay un aumento en la tasa de senescencia de hojas (Champan y Lemaire, 1993), la cual, pudo ocasionar una disminución en la relación hoja:tallo.

Similares resultados fueron observados por Velasco *et al.* (2001) en una pradera de pasto ovido, en la cual se observó un aumento progresivo en tallo y material muerto y una disminución en hojas verdes durante la primavera partir de la semana 4 de rebrote. Este mismo comportamiento fue reportado por Velasco *et al.* (2004) en praderas de ballico perenne.

#### **4.8. Densidad de tallos**

Los cambios mensuales en la densidad de tallos se muestran en las Figuras 2 y 3. En general se observaron incrementos pequeños en la densidad total de tallos de junio a octubre, en tanto todos los tratamientos, inclusive aquellos que fueron pastoreados cada 21 días, tendieron a disminuir. De noviembre a febrero se observó un incremento acelerado en todos los tratamientos. Las figuras 2 y 3 también mostraron una disminución en la densidad de tallos conforme avanza la edad de cada una de las generaciones de tallos y al final del estudio las generaciones que nacieron entre noviembre y febrero son las que mas contribuyen al rendimiento de forraje.

De acuerdo con Chapman y Lemaire (1993), la mayor cantidad de tallos obtenidos al pastorear a 9-11 cm cada 35 días, podría explicarse por la mayor cantidad de reservas de carbohidratos, que acumula la planta para la aparición y mantenimiento de los tallos.

**Cuadro 7. Relación hoja:tallo y hoja:no hoja del pasto ovillo en respuesta a dos intensidades y tres frecuencias de pastoreo.**

Intensidad de pastoreo (cm)	Frecuencia de pastoreo (días)	Hoja :Tallo						Hoja :no hoja					
		2005		2006		2005		2006		2005		2006	
		Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Primavera
5-7	21	1.03	1.02	1.12	1.02	0.84	0.84	1.03	0.64				
	28	1.12	1.23	1.08	1.05	0.93	1.13	0.97	0.80				
	35	1.04	1.11	0.85	0.89	0.82	0.91	0.77	0.66				
$\bar{x}$ 5-7		1.06	1.12	1.02	0.99	0.86	0.96	0.92	0.70				
9-11	21	1.09	1.01	1.07	1.08	0.95	0.81	0.93	0.79				
	28	1.13	1.14	1.00	1.07	0.99	0.98	0.89	0.75				
	35	1.15	1.11	0.79	0.84	0.80	0.94	0.71	0.49				
$\bar{x}$ 9-11		1.12	1.08	0.95	1.00	0.91	0.91	0.84	0.68				
$\bar{x}$ 21		1.06	1.01	1.09	1.05	0.89	0.83	0.98	0.72				
	$\bar{x}$ 28	1.13	1.19	1.04	1.06	0.96	1.05	0.93	0.77				
	$\bar{x}$ 35	1.10	1.11	0.82	0.87	0.81	0.93	0.74	0.57				
EEM	0.09	0.06	0.039	0.024	0.07	0.07	0.04	0.07	0.07				
Intensidad	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS				
Frecuencia	NS	NS	**	**	NS	NS	*	**	*				
Interacción	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS				

EEM= Error estándar de la media

NS= No significativo

\*P<0.05; \*\*P<0.01

Los dos picos de producción de tallos de pasto ovillo, es debida a que este pasto tiene dos etapas reproductivas (durante invierno y verano), mismas que fueron reportadas por Velasco (2001) y González (1999) en la misma zona. Así mismo, Zaragoza (2000) encontró mayor producción de tallos en enero.

Con el fin de observar los cambios estacionales en la densidad de tallos, se tomaron mediciones periódicas durante el experimento (Cuadro 8). Al inicio del estudio (junio) la densidad promedio fue de 5420 tallos m<sup>2</sup>, aumentando conforme transcurrió el periodo de evaluación hasta alcanzar una densidad promedio de 8000 tallos m<sup>2</sup> en diciembre, declinando ligeramente en febrero y manteniéndose hacia finales de mayo. No se registró interacción entre intensidad y frecuencia, ni efectos de intensidad o frecuencia ( $P>0.05$ ) durante el periodo de evaluación.

El incremento de la densidad de tallos a partir de octubre se debe a que en esta época el pasto ovillo inicia su etapa reproductiva (Velasco *et al.*, 2001; González, 1999), mientras que en mayo, se mantuvo en un valor intermedio debido a que los tallos mas jóvenes compitieron por luz principalmente, no llegando muchos a la fase madura (Hernández-Garay y Martínez, 1997).

Al comparar ambas técnicas para estimar la densidad de tallos, podemos apreciar que el utilizar aros fijos, tienden a incrementar considerablemente la población de tallos, debido a que hay una manipulación de los tallos al momento de marcarlos, lo cual fue consignado por Hernández-Garay *et al.* (1997b)

#### **4.9. Tasa de aparición y muerte de tallos**

En los Cuadros 9 y 10, se presentan los datos de aparición y mortalidad de tallos durante el periodo experimental. No se encontró interacción entre frecuencia e intensidad de pastoreo ( $P>0.05$ ) durante todo el periodo de estudio.

La tasa de aparición no tuvo efectos de frecuencia ni de intensidad de pastoreo durante el periodo de estudio ( $P>0.05$ ), sin embargo, de octubre 2005 a febrero 2006, se observó mayor aparición de tallos al pastorear a intensidades severas (5-7 cm) y a intervalos cortos entre pastoreos (21 días), pero no se refleja en el rendimiento de forraje (Cuadros 2 y 3), donde al pastorear cada 21 días, fue la segunda mejor frecuencia después de la frecuencia de pastoreo de 35 días (10, 236 vs 11, 700 kg MS ha<sup>-1</sup>) y la intensidad 5-7 cm produjo menos forraje total que intensidades menos severas (9, 985 vs 10, 129 kg MS ha<sup>-1</sup>). Los meses en los que hubo menor aparición de tallos fue en marzo y abril pastoreando cada 28 días a 9-11 cm (23 y 37 tallos m<sup>2</sup> d<sup>-1</sup>).

La tasa de mortalidad mostró que la intensidad 5-7 cm fue significativa en marzo ( $P\leq 0.05$ ), donde el pasto ovillo tuvo menos tallos muertos a intensidades menos severas (8 vs 3 tallos m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>). En agosto 2005 y febrero 2006 hubo efecto de frecuencia ( $P\leq 0.05$ ), donde se observa mayor cantidad de tallos muertos cuando se pastorea cada 35 días.

**Cuadro 8. Densidad de tallos del pasto ovillo (tallos m<sup>-2</sup>) en respuesta a dos intensidades y tres frecuencias de pastoreo.**

Intensidad de pastoreo (cm)	Frecuencia de pastoreo (días)	2005			2006			$\bar{x}$
		JUNIO	OCTUBRE	DICIEMBRE	FEBRERO	MAYO		
5-7	21	5421	5553	7878	7207	7402	6692	
	28	5421	6101	7109	6586	6590	6361	
	35	5421	5833	7772	6973	6424	6485	
$\bar{x}$ 5-7			5829	7586	6922	6806	6513	
9-11	21	5421	5468	8214	6730	6926	6552	
	28	5421	5906	7810	7326	7670	6827	
	35	5421	7062	9315	8036	6420	7251	
$\bar{x}$ 9-11			6145	8447	7364	7005	6876	
$\bar{x}$ 21			5510	8046	6969	7164	6622	
$\bar{x}$ 28			6003	7460	6956	7130	6594	
$\bar{x}$ 35			6448	8544	7504	6422	6868	
EEM	-		654	583	516	511	520	
Intensidad	NS		NS	NS	NS	NS	NS	
Frecuencia	NS		NS	NS	NS	NS	NS	
Interacción	NS		NS	NS	NS	NS	NS	

EEM= Error estándar de la media

NS= No significativo

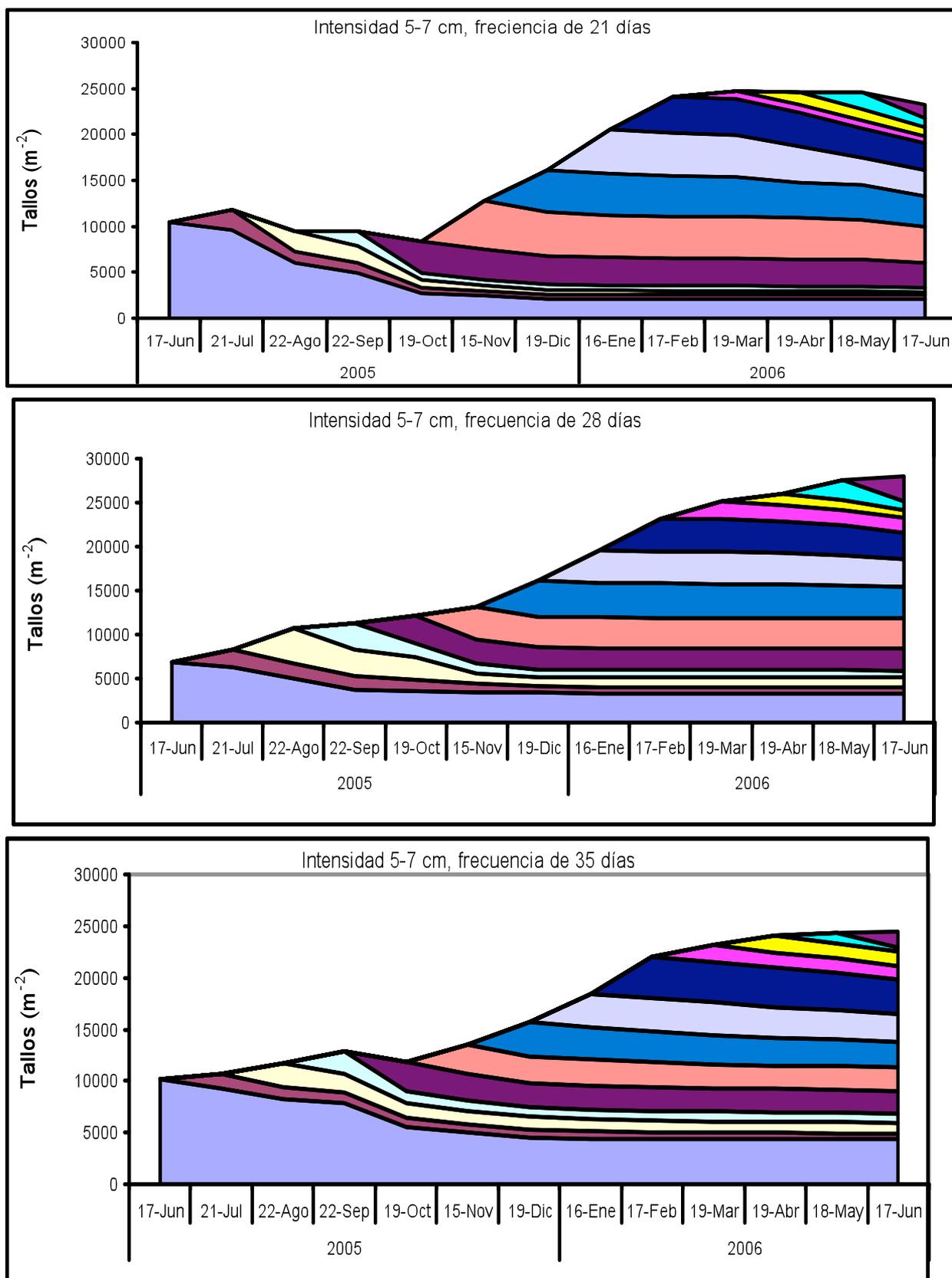


Figura 2. Dinámica de tallos en pasto ovillo (tallos m<sup>-2</sup>) pastoreado a la frecuencia de 21, 28 y 35 días a la intensidad de 5-7 cm.

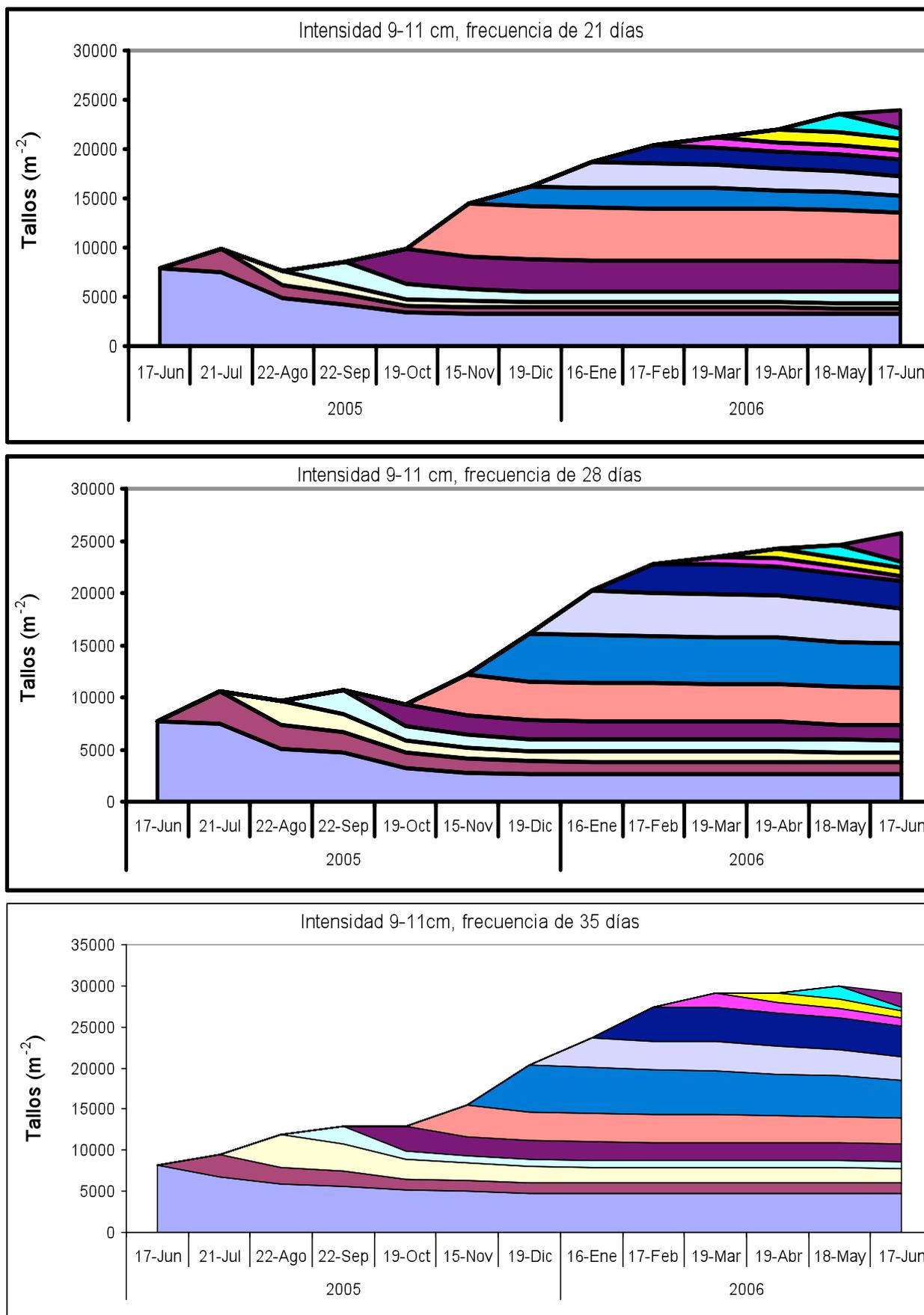


Figura 3. Dinámica de tallos en pasto ovillo (tallos m<sup>-2</sup>) pastoreado a la frecuencia de 21, 28 y 35 días a la intensidad de 9-11 cm.

El mayor registro de muerte fue significativa en marzo ( $P \leq 0.05$ ). Se observa una mayor mortalidad al pastorear entre 5-7 cm cada 21 días en agosto y octubre ( $167 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ). Velasco *et al.* (2001) mencionan que éstos tallos que mueren no alcanzando la madurez, es debido tanto a causas propias de la planta (reservas de carbohidratos) como de factores externas (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, perecerán muchos de ellos (Matthew *et al.*, 2001). Grant *et al.* (1988) observaron que los cambios en la estructura del dosel, en el tamaño, número de tallos, en la 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.

**Cuadro 9. Tasa de aparición de tallos del pasto ovillo (tallo m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>) en respuesta a dos intensidades y tres frecuencias de pastoreo.**

Intensidad de pastoreo (cm)	Frecuencia de pastoreo (días)	2005						2006					
		21-Jul	22-Ago	22-Sep	19-Oct	15-Nov	19-Dic	16-Ene	17-Feb	19-Mar	19-Abr	18-May	17-Jun
5-7	21	64	81	51	127	182	134	141	110	26	51	65	41
	28	57	146	96	119	126	121	107	104	61	45	76	76
	35	41	86	71	106	100	100	97	110	48	64	34	42
$\bar{x}$ 5-7		54	104	72	117	136	118	115	108	45	54	58	53
9-11	21	70	53	76	132	189	61	75	50	30	51	66	46
	28	91	89	73	78	135	135	127	79	23	37	42	71
	35	78	145	68	112	130	167	107	118	50	44	56	45
$\bar{x}$ 9-11		80	96	72	107	151	121	103	82	34	44	55	54
$\bar{x}$ 21		67	67	63	130	185	97	108	80	28	51	65	44
$\bar{x}$ 28		74	117	85	98	131	128	117	91	42	41	59	73
$\bar{x}$ 35		59	116	69	109	115	134	102	114	49	54	45	44
EEM		14	38	16	39	49	50	33	21	10	14	18	26
Intensidad		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Frecuencia		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

EEM= Error estándar de la media

NS= No significativo

**Cuadro 10. Tasa de muerte de tallos del pasto ovillo (tallo m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>) en respuesta a dos intensidades y tres frecuencias de pastoreo.**

Intensidad de pastoreo (cm)	Frecuencia de pastoreo (días)	2005						2006					
		21-Jul	22-Ago	22-Sep	19-Oct	15-Nov	19-Dic	16-Ene	17-Feb	19-Mar	19-Abr	18-May	17-Jun
5-7	21	24	167	53	167	31	36	9	10	10	56	64	76
	28	16	56	76	86	93	32	7	4	1	14	20	64
	35	27	46	33	142	43	36	16	13	12	27	27	37
$\bar{x}$ 5-7		22	89	54	132	56	35	11	9	8	32	37	59
	21	13	138	44	85	29	9	4	2	5	20	12	37
	28	7	121	41	130	37	21	2	8	3	7	31	40
$\bar{x}$ 9-11	35	42	53	37	108	44	24	7	13	1	42	25	69
	21	104	41	108	36	18	5	8	3	23	23	49	
	$\bar{x}$ 21	18	152	49	126	30	22	7	6	7	38	38	57
	$\bar{x}$ 28	12	88	59	108	65	27	5	6	2	11	26	52
	$\bar{x}$ 35	35	50	35	125	44	30	12	13	7	35	26	53
EEM	12	36	17	53	34	12	5	5	3	2.3	12	30	15
Intensidad	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS
Frecuencia	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS
Interacción	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

EEM= Error estándar de la media

NS= No significativo

\*P<0.05

## 5. CONCLUSIONES

- Independientemente de la intensidad y frecuencia de pastoreo se observó una marcada estacionalidad en la producción de forraje siendo las estaciones de verano (32%) y primavera (49%) las que concentraron el 81% del rendimiento anual.
- El mayor rendimiento y densidad de tallos, se obtuvieron al pastorear cada 35 días a intensidades menos severas (9-11 cm).
- La mayor TC ocurrió en mayo y junio al pastorear cada 35 días a una intensidad de 9-11 cm, y la menor TC en noviembre al defoliar cada 28 días a 5-7 cm.
- En verano, otoño y primavera se obtuvieron mejores proporciones de pasto ovillo al pastorear a 9-11 cm cada 28 días.

## 5. LITERATURA CITADA

1. **Aguirre, A. H. y E.L. Ayala. 1989.** Producción de leche bajo pastoreo en una pradera asociada de pasto (*Dactylis glomerata* var. Potomac) y leguminosa (*Medicago sativa* var. Valenciana) en Chapingo, Edo. de México. Primera fase 120 h.
2. **Alvarez, R. 2006.** Balance de carbono en los suelos. Información técnica de trigo, campaña 2006. Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires, Ar.
3. **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.
4. **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. global), pp.19-58. Dioscorides Press, Portland.
5. **Beguet, H. A. y G. A. Bavera. 2001.** Curso de Producción Bovina de Carne, capítulo II. FAV UNRC.
6. **Binnie, R.C., Chestnutt D.M.B. and Murdoch J.C. 1980.** The effect of time of initial defoliation and height of defoliation on the productivity of perennial rye grass swards. *Grass and Forage Science*. Vol. 35, 267-273. UK.
7. **Booyesen, P., N.M. Tainton, and J.D. Scout. 1963.** Shoot apex development in grassland and its importance in grassland management. *Herb Abstr.* 33:209-213.

8. **Branson, F.A. 1953.** Two factors affecting resistance of grasses to grazing. *J. Range Manage.* 6: 165-171.
9. **Briske, E.D. 1991.** Developmental morphology and physiology of grasses. In: Heitchmidt, R.K., y J.W. Stuth (eds.) 1991. *Grazing management: An ecological perspective.* Timber press. Portland Oregon. Pp. 85-108.
10. **Carlassare, M. and H.D. Karsten. 2003.** Species population dynamics in a mixed pasture under two rotacional sward grazing height regimes. *Agronomy Journal.* 95:844-854.
11. **Chapman, D.F. and Lemaire. G. 1993.** Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. *Proceedings of the XVII Internacional Congress* 96-104.
12. **Coughenour, M.B. 1984.** A mechanistic simulation analysis of water use, leaf angles and grazing in east african graminoids. *Ecological Modelling* 26: 203-230.
13. **Culvenor, R. A., I. A. Davison and R. J. Simpson. 1989.** Regrowth by swards of subterranean clover after defoliation. Carbon exchange in shoot, root and nodule. *Annals of Botany.* 64: 557-567.
14. **Davidson, J.L. and F. L. Milthorpe. 1965.** Carbohydrate reserves in the regrowth of cocksfoot (*Dactylis glomerata*). *J. British Grassland Soc.* 20:15-18.

15. **Espinoza, O, A., Arriaga, C. y Castelán O. 1997.** Análisis económico de la producción campesina de leche en el valle de Toluca en Memoria del seminario-taller Nacional en Sistemas de Producción de Leche en pequeña escala.
16. **García, E. 1981.** Modificaciones al sistema de clasificación climática de Copen. 4ª ed D.F México: Universidad Nacional Autónoma de México.
17. **Gardener, C. J., M.R. McCastill and J.G. McIvor. 1993.** Herbage and animal production from natives pastures and pastures aversown with *Stylosantes hamata*.  
1. Fertilizer and stocking rate effects. Australian Journal of exp. Agricultural 33:567
18. **Gillet, M. 1984.** Las gramíneas forrajeras. Editorial Acribia. Zaragoza. España.
19. **Gold, W.G. and Caldwell M.M.1989.** The effects of the spatial pattern of defoliation on regrowth of a tussock grass. II. Canopy gas exchange. Oecología 81: 437-442.
20. **Gold, W.G. and Caldwell M.M.1990.** The effects of the spatial pattern of defoliation on regrowth of a tussock grass. III. Photosynthesis canopy structure and light interception. Oecología 82: 12-17.
21. **González, O. V. 1999.** Frecuencia e intensidad de defoliación en el crecimiento y rendimiento del pasto ovillo (*Dactylis glomerata*). Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Estado de México.

22. **Graber, L. F., N.T. Nelson, W.A. Luekel, and W.B. Albert. 1927.** Organic food reserves in perennial herbaceous plants. Wisconsin Agr. Exp. Sta. Res. Bull. 80. 128 p.
23. **Grant, A.S., Barthram G.T., Torvell L., King J. and Elston D.A.1988.** Comparison of herbage production under continuous stocking and intermittent grazing. Grass and Forage Science. Vol. 43, 29-39. UK.
24. **Hernández-Garay, A. 1996.** Métodos usados para estimar la producción de forraje. En: Martínez G., A.N. (Ed.) "Seminario internacional teórico-práctico": Tópicos selectos en sistemas sustentables de producción animal bajo pastoreo. EMVZ. UNAM-CEIEPAG. 118p.
25. **Hernández-Garay, A. y P. A. Martínez H. 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.
26. **Hernández-Garay, A., Matthew C., Hodgson J. 1997a.** Effect of spring grazing management on perennial ryegrass and ryegrass-white clover pastures. 1. Tissue turnover and herbage accumulation. New Zealand Journal of Agricultural Research. Vol. 40: 25-35.
27. **Hernández-Garay, A., Matthew C., Hodgson J. 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. Vol. 40: 37-50.

28. **Hernández-Garay, A., Matthew C., Hodgson J. 1999.** Tiller size/density compensation in perennial rye grass miniature swards subject to differing defoliation heights and a proposed productivity index. *Grass and Forage Science* 54: 347-356.
29. **Hernández, G. A., J. Pérez P y V.A. González. H. 1992.** Crecimiento y rendimiento de alfalfa en respuesta a diferentes regimenes de cosecha. *Agrociencia* 2:131-144
30. **Hill, M. J. 1989.** The effect of differences in intensity and frequency of defoliation on the grown of siloran *Pharalis acuatica* and *Dactylis glomerata*. *Australian Journal of Agricultural Research*. 40: 333-343.
31. **Hirata, M. and W. Pakiding. 2004.** Tiller dynamics in bahia grass (*Paspalum notatum*): an analysis of responses to nitrogen fertilizer rate, defoliation intensity and season. *Tropical Grassland*. 38:100-111.
32. **Hodgson, J. 1979.** Nomenclature and definitions in grazing studies. *Grass and Forage Science*. 34:11-18.
33. **Hodgson, J. 1990.** *Grazing Management: Science into Practice*. John Wiley & Sons, Inc., New York, NY.
34. **Hodgson, J. 1996.** Control del consumo de hierba en el seminario Internacional teórico práctico: Tópicos selectos en sistemas sustentables de Producción animal

- bajo pastoreo. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM. México. pp 41-54.
35. **Hodgson, J., J. D. Bircham., S. A. Grant and J. King. 1981.** The influence of cutting and grazing management on herbage growth and utilization. In: Wright. C.E. Plant physiology and herbage production. Ed. The British Grassland Society Occasional Symposium No 13:51-62.
36. **Holmes, W. 1989.** Grazing managements. In: Grass its production and utilization W. Holmes (ed.) 2<sup>nd</sup>. Ed. Blakwell Scientific Publications. Oxford p. 130-172.
37. **Hunt, R. 1990.** Basic Growth analysis. Plant growth analysis for beginners. Academic Division Unwin Hyman. Ltd. London, England. 111p.
38. **Jameson, D. 1963.** Responses of individual plants to harvesting. Bot. Rev. 29:532-594.
39. **Jiménez, M., A y Martínez P. A., 1985.** Utilización de praderas. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 60 p.
40. **Lemaire G. 2001.** Ecophysiology of grasslands. Aspect of forage plant populations in grazed swards. Proceedings. XIX Internacional Grassland congress. Brazilian Society of Animal Husbandry-Sociedade Brasileira de Zootecnia. Sao Pedro. Brasil.

41. **L´Huiller, P.J. 1987.** Effect of dairy cattle stocking rate and degree of defoliation on herbage accumulation and quality in rye grass-white clover pasture. New Zealand Journal of Agricultural Research. 30:149-157.
42. **Lozano, R.A.J., Rodríguez, H.S.A., Díaz, S.H., Fuentes, R.J.M., Fernández, B.J.M., Narváez, M.J.M.F. y Zamora, V.V.M. 2002.** Producción de forraje y calidad nutritiva en mezclas de *triticale* (X Triticosecale Wittmarck) y ballico anual (*Lolium multiflorum* L.) en Navidad, N.L. Téc. Pecu. Mex. 40(1):17-35.
43. **Mashinski, J. and Whitman T.G. 1989.** The continuum of plant responses to herbivory: the influence plant association, nutrient availability and timing. Am. Nat. 134:1-19.
44. **Matthew, C., A. Hernández-Garay and J. Hodgson. 1996.** Making sense of the link between tiller density and pasture production. In: Proceedings of the New Zealand Grassland Association. 57:83-87.
45. **Matthew, C. and J. Hodgson, 1997.** Form and function of grass. CD ROM. Grassview. Institute of Natural Resources, Massey University. New Zealand.
46. **Matthew, C., A. Van Loo, E.R. Thom, L.A. Dawson and D.A. Care. 2001.** Understanding shoot and root development. Theme 01. Proceedings of the XIX International Grassland Congress. Brazilian Society of Animal Husbandry. Sociedade Brasileira de Zootecnia. Sao Pedro, Paulo-Brasil.

47. **McIntrie, E.J. and Hik D.S. 2002.** Grazing history versus current grazing: leaf demography and compensatory growth of three alpine plants in response to a native herbivore (*Ochontona collaris*). *J. Ecol.* 90: 348-359.
48. **McNaughton, S.J. 1979.** Grazing as an optimization process: grass-ungulate relationship in the serengeti. *American Naturalist* 113 (5): 691-703.
49. **Milchunas, D.G., Sala O.E. and Lauenroth W.K. 1988.** A generalized model of the effects of grazing by large herbivores on grassland community structure. *Am. Nat.* 132 (1):87-106.
50. **Mueller, R. J. and Richards J.H. 1986.** Morphological analysis or tillering in *Agropyrum soicatum* and *Agropirum desertorum*. *Ann Bot* 58:911-921.
51. **Muslera, P. E. y Ratera, G. C. 1984.** Pradera y forrajes, producción y aprovechamiento. Mundi-prensa. España. 702 p.
52. **Nelson, C. J. 2000.** Shoot morphological plasticity of grasses: leaf growth vs tillering pp. 101-126. In Lemaire G., Hodgson J., DeMoraes A. (eds.) *Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology*. CAB Internacional. UK.
53. **Olson, B.E. and Richards J.H. 1988.** Tussock regrowth after grazing: intercalary meristem and axillary bud activity of tillers of *Agropyrum desertorum*. *OIKOS* 51:374-382.

54. **Ortiz, S, C. 1997.** Colección de monolitos. Montecillo, Texcoco Edo. de México. Depto. génesis de suelos. Edafología, IRENAT. Colegio de Posgraduados. 1997.
55. **Parsons, A.J. y Penning P.D.1988.** The effect of the duration of regrowth on photosynthesis leaf death and the average rate of growth in a rationally grazed sward. Grass and Forage Science. Vol. 43, 15-27. UK.
56. **Pearson, J. C. and L. R. Ison. 1987.** Agronomy of grassland system. Cambridge University Press. England. 169 p.
57. **Rechenthin, C.A. 1956.** Elementary morphology of grass growth and its effects on utilization. J. Range Manage. 9: 167-170.
58. **Richards, J. H. 1993.** Physiology of plants recovering from defoliation. Proc XVII International Grassland Congress. New Zealand and Australia. 1993:85-94.
59. **SAS, 1999.** User's guide. Statistics, version 8. Sixth edition. SAS inc. Cary, North Carolina, USA.
60. **Scarnecchia, D. L. 1988.** Grazing, stocking and production efficiencies in grazing research. Journal Range Management 4:279-283.
61. **Scott, W.R. and Hines, S.E. 1991.** Effects of gg on grain yield of winter barley and triticale: the position of the apical dome relative to the soil surface. New Zealand J.Agric. Res. 1991:34:177-184.

62. **Sisson, W. B. 1989.** Carbon balance of *Panicum coloratum* during drought and non drought in the northern Chihuahua Desert. *J. Ecology* 77: 799-810.
63. **Skinner, R. H. and Nelson C.J. 1997.** Estimation of potential tiller production and site usage during tall fescue canopy development. *Annals of Botany.* 70:493-499.
64. **Southwood, T.R.E. 1985.** Interactions of plants and animals: patterns and processes. *OIKOS* 44: 5-11.
65. **Steel R.G. y Torrie J.H. 1988.** Bioestadística: Principios y procedimientos. 2ª ed. McGraw-Hill. México. 622 p.
66. **Stuth, J., D.R. Kirby and R.E. Chemiesksia. 1981.** Effect of herbage allowance on the efficiency of defoliation by the grazing animals. *Grass and Forage Science.* 36 (1):9-15.
67. **Tablada, A. Y. 1998.** Comportamiento de una pradera alfalfa-ovillo a diferentes frecuencias de pastoreo con borregos. Tesis de maestría. Colegio de posgraduados. Montecillo, Edo. De México.
68. **Trilica, M.J. and Orodho A.B. 1989.** Effects of protection from grazing on morphological and chemical characteristics of Indian rice grass, *Oryzopsis hymenoides*. *OIKOS* 56: 299-308.

69. **Troughton, A. 1957.** Chemical composition, p 49-68. *In* Arthur Troughton. The underground organs of herbage grasses. Commonwealth Bur. Pastures Field Crops Bull 44.
70. **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.
71. **Velasco, Z.M.E. Hernández-Garay., V.A. González H., J. Pérez., H. Vaquera H. y A. Galvis S. 2001.** Dinámica de crecimiento, rendimiento y calidad de praderas de *Lolium perenne* y *Dactylis glomerata* en respuesta a la defoliación. Téc. Pec. Méx. 43 (2)247-258.
72. **Velasco, Z.M.E. A. Hernández-Garay. y V.A. González H. 2004.** Rendimiento y valor nutritivo del ballico perenne (*Lolium perenne* L) en respuesta a la frecuencia de corte. Téc. Pec. Méx. 43 (2)247-258.
73. **Villegas, A. Y., Hernández G. A., Pérez P. J., López C. C., Herrera H. J.G. Enríquez Q.J.F. y Gómez V. A. 2004.** Variaciones estacionales de crecimiento de dos variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.).Téc. Pec. Méx. 42 (2): 145-158.
74. **Weinmann, H. 1947.** Determination of total available carbohydrates in plants. Plant Physiology. 22:279-290.
75. **Weinmann, H. 1948.** Underground development and reserves of grasses. A review. J. Brit. Grasland Soc. 3:115-140.

76. **White, L.M. 1973.** Reservas de carbohidratos en los zacates: Una revisión bibliográfica. *Selecciones del J. Range Manage.* 2 (1) 19-28.
77. **White, J. 1979.** The plant as a metapopulation. *Annual Review of Ecology and Systematics* 10: 109-145.
78. **White, J. 1984.** Plant metamerism. In: *Perspectives on plant population ecology* (eds. Dirzo, R. & J. Sarukán.), pp. 15-47. Sinauer Associates, Massachusetts.
79. **Xia, J. X., J. Hodgson, C. Matthew and A.C. Chu. 1990.** Tiller population and tissue turnover in perennial rye grass pasture under hard and lax spring and summer grazing. In: *Proceedings of the New Zealand Grassland Association.* 51:119-122.
80. **Zaragoza, E.J.A. 2000.** Crecimiento y acumulación de forraje de los pastos ballico y ovilla a diferentes frecuencias de corte. Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Edo de México.
81. **Zaragoza, E.J.A. 2004.** Dinámica de crecimiento y productividad de alfalfa (*Medicago sativa* L.) y pasto ovilla (*Dactylis glomerata* L.) con diferente manejo de la defoliación. Tesis de Doctorado. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Texcoco Edo. de México.