



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

GANADERÍA

**COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y PATRÓN DE REBROTE
DE LA ASOCIACIÓN DE PASTO OVILLO (*Dactylis glomerata* L.),
BALLICO PERENNE (*Lolium perenne* L.) Y TRÉBOL BLANCO
(*Trifolium repens* L.)**

EVER DEL JESUS FLORES SANTIAGO

T E S I S

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

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO

2013

La presente tesis titulada: **Comportamiento productivo y patrón de rebrote de la asociación de pasto Ovillo (*Dactylis glomerata* L.), Ballico Perenne (*Lolium perenne* L.) y Trébol Blanco (*Trifolium repens* L.)** realizada por el alumno: Ever del Jesús Flores Santiago, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

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

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



Ph D. Juan de Dios Guerrero Rodríguez

ASESOR



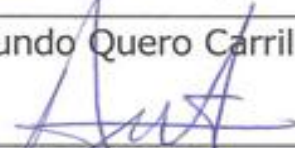
Ph D. Alfonso Hernández Garay

ASESOR



Ph D. Adrián Raymundo Quero Carrillo

ASESOR



Ph D. Pedro Arturo Martínez Hernández

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Mayo de 2013

**COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y PATRÓN DE REBROTE DE PASTO
OVILLO (*Dactylis glomerata* L.) Y BALLICO PERENNE (*Lolium perenne* L.)
SOLOS Y ASOCIADOS CON TRÉBOL BLANCO (*Trifolium repens* L)**

Ever del Jesús Flores Santiago, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2013

RESUMEN GENERAL

Con el objetivo de cuantificar las diferencias en el rendimiento anual y estacional de forraje y la velocidad de crecimiento de dos gramíneas y una leguminosa en función al manejo estacional de la frecuencia de pastoreo, se realizó el presente estudio en el campo experimental del Colegio de Postgraduados, en Montecillo, Texcoco, Estado de México, en una pradera asociada en su segundo año de establecimiento. Se evaluó el rendimiento de forraje, altura de planta (cm), radiación interceptada (RI, %) y composición botánica del forraje cosechado (% y kg MS), dinámica de rebrote, tasa de aparición, tasa de muerte y tasa de sobrevivencia de tallos (DPT, TAT, TMT, TST). Los tratamientos fueron las asociaciones 100:00:00, 00:100:00, 20:40:40, 00:50:50, 40:20:40, 50:00:50, 20:70:10, 70:20:10, y 40:40:20 % de pasto ovillo (O), ballico perenne y (BP) trébol blanco (TB). La asociación 00:50:50 de O: BP: TB obtuvo el mayor rendimiento anual (20, 309 kg MS ha⁻¹ año⁻¹) lo que pudo deberse a la menor competencia entre plantas y al mayor aporte del trébol blanco al rendimiento total (12, 735 kg MS ha⁻¹ año⁻¹) equivalente al 63% del rendimiento anual. La producción estacional a través del año se distribuyó de la manera siguiente: en otoño-invierno 40% y primavera-verano 60% (P ≤ 0.05). El Trébol blanco fue la especie forrajera con el mayor porcentaje en el forraje cosechado (44%)

seguida por pasto ovillo (39%) y ballico perenne (17%). Durante el periodo de evaluación, se registraron diferencias ($P < 0.05$) entre asociaciones en DPT, en O y BP; sin embargo, se observó un comportamiento muy variable, siendo en la época de verano ($736 \text{ tallos} \cdot \text{m}^{-2}$) e invierno ($422 \text{ tallos} \cdot \text{m}^{-2}$) cuando se registran las mayores densidades en O (50:00:50) y BP (00:50:50), respectivamente ($P < 0.05$). La asociación 20:40:40 de O: BP: TB con $7.3 \text{ tallos} \cdot 100 \text{ tallos d}^{-1}$, presentó en diciembre la mayor TAT; 40:20:40 obtuvo la mayor TMT mensual $5.4 \text{ tallos} \cdot 100 \text{ tallos d}^{-1}$, durante marzo ($P < 0.05$). En BP, la asociación 40:20:40 de O: BP: TB obtuvo la mayor TAT con $7.0 \text{ tallos} \cdot 100 \text{ tallos d}^{-1}$, misma que en marzo tuvo la mayor TMT en conjunto con 20:70:10, con $4 \text{ tallos} \cdot 100 \text{ tallos d}^{-1}$ en abril, respectivamente ($P < 0.05$). En general, pasto ovillo presentó la mayor dinámica de tallos siendo las asociaciones 20:40:40 y 40:20:40 de O: BP: TB las que presentaron la mayor TAT y TMT.

Palabras clave: Rendimiento de materia seca, asociaciones de especies forrajeras, densidad de tallos, tasa de aparición y muerte de tallos.

**YIELD PERFORMANCE AND REGROWTH PATTERN OF ORCHARD GRASS
(*Dactylis glomerata* L.) AND PERENNIAL RYEGRASS (*Lolium perenne* L.)
ALONE AND ASSOCIATED WITH WHITE CLOVER (*Trifolium repens* L.)**

Ever the Jesus Flores Santiago, M. SC.

Postgraduate College, 2013

GENERAL SUMMARY

In order to quantify differences in annual and seasonal forage yield and rate of regrowth of two grasses and a legume according to seasonal grazing frequency management, this study was conducted at the experimental station of the Postgraduate College, in Montecillo, Texcoco, State of Mexico, in a mixed meadow in its second year of establishment. The variables evaluated were forage yield, plant height (cm), intercepted radiation (RI, %) and botanical composition of the harvested fodder (% and kg DM); and from tillers, regrowth dynamics, emergence rate, death rate and survival rate (DPT, TAT, TMT, TST). The treatments were the species associations at 100:00:00, 00:100:00, 20:40:40, 00:50:50, 40:20:40, 50:00:50, 20:70:10, 70:20:10, and 40:40:20% for orchard grass (O), perennial ryegrass (BP) white clover (TB), respectively. The association 00:50:50 O: BP: TB had the highest annual yield (20, 309 kg DM ha⁻¹ yr⁻¹) which could be due to less competition among plants and the greatest contribution of white clover to the total yield (12, 735 kg DM ha⁻¹ yr⁻¹) equivalent to 63% annual yield. Seasonal production throughout the year was distributed as follows: in fall-winter 40% and spring-summer 60% ($P \leq 0.05$). White clover was the forage species with the highest percentage in forage harvested (44%) followed by orchardgrass (39%) and perennial ryegrass (17%). During the

evaluation period, some differences ($P < 0.05$) were recorded among associations with DPT, in O and BP; however, a variable performance was showed, being in summer (736 stems m^{-2}) and winter (422 stems m^{-2}) when the highest densities in O (50:00:50) and BP (00:50:50) were recorded, respectively ($P < 0.05$). The association 20:40:40 O:BP:TB with 7.3 tillers per 100 tillers d^{-1} , showed in December the highest TAT; 40:20:40 had the highest monthly TMT with 5.4 tillers per 100 tillers d^{-1} during March ($P < .05$). In BP, the association 40:20:40 of O: BP: TB scored the highest TAT with 7.0 tillers per 100 tillers d^{-1} , same as in March had the highest TMT along with 20:70:10 with 4 tillers per 100 tillers d^{-1} in April, respectively ($P < 0.05$). In general, orchard grass had the highest tiller dynamics being the associations 20:40:40 and 40:20:40 of O: BP:TB which had the highest TAT and TMT.

Keywords: Dry matter yield, forage species associations, tiller density, rate of emergence and death of tillers.

DEDICATORIA

A Dios

Por darme la vida y después el amor de esta, mi familia.

Que me ha apoyado en momentos difíciles y ha sonreído conmigo en los felices

A mis padres: con respeto, amor y admiración

Con la mayor gratitud por los esfuerzos realizados para que yo lograra terminar mi carrera Profesional y Postgrado, siendo para mí la mejor herencia.

A mi madre Lorenza Santiago Reyes que es el ser más maravilloso del mundo; gracias por el apoyo moral, su cariño y comprensión que desde siempre me ha brindado, por guiar mi camino y estar junto a mí en los momentos más difíciles.

A mi padre Eugenio Flores Balcazar porque ha sido para mí un hombre grande y maravilloso que siempre he admirado; gracias por guiar mi vida con energía, esto es lo que ha hecho que sea lo que soy.

A mi novia

Susana Olvera Moreno por estar siempre conmigo y apoyarme incondicionalmente durante la realización de la investigación y durante la elaboración de la tesis gracias amor.

A mis hermanas y hermanos

Rosaura, Margela, Luz, Marco Antonio, Eugenio y Fernando por ser parte fundamental de mi vida y recibir de ustedes siempre el cariño, amor y apoyo en los momentos felices y difíciles de la vida.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por el apoyo económico, que hizo posible la realización de mis estudios de Maestría.

Al Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología (COMECyT), por el apoyo económico, que hizo posible la conclusión de esta Tesis.

Al Colegio de Postgraduados y en especial al Programa de Ganadería y a la Línea Prioritaria de investigación 11 “Sistemas de Producción Agrícola, Pecuaria, Forestal Acuícola y Pesquera” por contribuir en mi formación como profesionista.

Al Ph. D. Juan de D. Guerrero Rodríguez, Ph. D. Alfonso Hernández Garay, Ph. D. Adrián R. Quero Carrillo y Ph. D. Pedro A. Martínez Hernández por su invaluable asesoría, dirección de la investigación, paciencia en la revisión de mi tesis, pero sobre todo, por mostrarse siempre como amigo orientándose siempre a una enseñanza integral.

Al Dr. Jorge Pérez Pérez *q.e.p.d*, porque gracias a él ingrese al Colegio de Postgraduados a realizar mis estudios de Maestría en Ciencias.

Al Sr. Remedios Caballero Zamora, así como al personal administrativo del Colegio de Postgraduados, por su cooperación, disposición y amabilidad. Así como, a la familia Morales Espinosa con agradecimiento especial a la Sra. Estela J. Espinosa Domínguez.

CONTENIDO

	PÁGINA
ÍNDICE DE CUADROS -----	XII
ÍNDICE DE FIGURAS -----	XIV
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN -----	1
CAPÍTULO 2. REVISIÓN DE LITERATURA -----	3
2.1. Características de las especies evaluadas -----	3
2.1.1. Ballico perenne (<i>Lolium perenne</i>) -----	3
2.1.2. Pasto ovilla (<i>Dactylis glomerata</i> L.) -----	5
2.1.3. Trébol Blanco (<i>Trifolium repens</i> L.) -----	6
2.2. Factores que afectan la producción de forraje -----	9
2.2.1. Ambientales -----	9
2.3. Importancia de la defoliación en la producción de forraje -----	14
2.3.1. Efecto de la severidad y frecuencia de defoliación -----	17
2.4. Importancia del rebrote en el rendimiento de forraje -----	19
2.4.1. Factores de la planta que están relacionados con el rebrote -----	20
2.4.1.1. Reserva de carbohidratos -----	20
2.4.1.2. Índice de área foliar -----	22
2.4.1.3. Meristemas de crecimiento -----	23
2.4.1.4. Fotosíntesis -----	25
2.4.1.5. Hábito de crecimiento -----	26
2.5. Variables que intervienen en el rendimiento de forraje -----	27
2.5.1. Morfogénesis en especies forrajeras -----	27
2.5.2. Crecimiento foliar -----	29
2.5.3. Relación entre dinámica de tallos y rendimiento de forraje -----	30
2.5.3.1. Tasa de aparición y muerte de tallos -----	33
2.5.3.2. Densidad y peso de tallos -----	34

2.6. Asociaciones de gramíneas y leguminosas forrajeras -----	34
2.7. Composición botánica-----	35
2.8. Métodos para estimar el rendimiento de forraje -----	36
2.9. Conclusiones de revisión de literatura -----	38
LITERATURA CITADA-----	39
CAPITULO 3. COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE ASOCIACIONES DE PASTO OVILLO (<i>Dactylis glomerata</i> L.), BALLICO PERENNE (<i>Lolium perenne</i> L.) Y TRÉBOL BLANCO (<i>Trifolium repens</i> L.) -----	54
RESUMEN-----	55
ABSTRACT-----	57
INTRODUCCIÓN-----	59
MATERIALES Y MÉTODOS -----	61
Variables medidas en la pradera y calculadas -----	62
RESULTADOS Y DISCUSIÓN -----	64
Radiación interceptada-----	69
Altura de la pradera -----	71
Composición botánica -----	72
CONCLUSIONES-----	74
LITERATURA CITADA-----	74
CAPITULO 4. REBROTE Y ESTABILIDAD DE LA POBLACION DE TALLOS DE PASTO OVILLO (<i>Dactylis glomerata</i> L.), BALLICO PERENNE (<i>Lolium perenne</i> L.), SOLOS Y ASOCIADOS CON TRÉBOL BLANCO (<i>Trifolium repens</i> L.) ----	81
RESUMEN-----	82
ABSTRACT-----	84
INTRODUCCIÓN-----	86

MATERIALES Y MÉTODOS -----	88
Localización y duración del estudio -----	88
Variables estudiadas-----	90
RESULTADOS Y DISCUSIÓN -----	91
Cambios estacionales en la densidad de plantas de asociaciones de pasto Ovillo (O), Ballico perenne (BP) y Trébol blanco (TB) -----	91
Demografía de tallos -----	93
Cambios mensuales en densidad poblacional de tallos (DPT) de pasto Ovillo	97
Tasa de aparición (TAT) y tasa de muerte de tallos (TMT) de pasto Ovillo---	99
Cambios mensuales en densidad poblacional de tallos (DPT) de Ballico perenne -----	101
Tasa de aparición (TAT) y muerte de tallos (TMT) de Ballico Perenne -----	102
Tasa de sobrevivencia de tallos de pasto Ovillo y Ballico Perenne -----	105
CONCLUSIONES -----	107
LITERATURA CITADA-----	108
CAPITULO 5. CONCLUSIONES GENERALES Y SUGERENCIAS -----	113

ÍNDICE DE CUADROS

CAPITULO 3. COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE ASOCIACIONES DE PASTO OVILLO (*Dactylis glomerata* L.), BALLICO PERENNE (*Lolium perenne* L.) Y TRÉBOL BLANCO (*Trifolium repens* L.)

Cuadro 1. Rendimiento estacional y total (kg MS ha⁻¹) de diferente proporción de asociación gramínea-leguminosa ----- 64

Cuadro 2. Rendimiento estacional y total (kg MS ha⁻¹) de diferentes proporciones en la asociación de dos gramíneas con una leguminosa ----- 67

Cuadro 3. Radiación interceptada (%), como promedio estacional, del dosel de diferentes proporciones en la asociación de dos gramíneas con una leguminosa 70

Cuadro 4. Altura promedio (cm) estacional de las plantas para diferentes proporciones en la asociación de dos gramíneas con una leguminosa ----- 71

CAPITULO 4. REBROTE Y ESTABILIDAD DE LA POBLACION DE TALLOS DE PASTO OVILLO (*Dactylis glomerata* L.), BALLICO PERENNE (*Lolium perenne* L.), SOLOS Y ASOCIADOS CON TRÉBOL BLANCO (*Trifolium repens* L.)

Cuadro 1. Cambios estacionales en la densidad de plantas de siete asociaciones y dos praderas puras de dos gramíneas y una leguminosa ----- 93

Cuadro 2. Densidad de población tallos de pasto ovilla en asociaciones de gramíneas-leguminosa ----- 98

Cuadro 3. Tasa de aparición y muerte de tallos de pasto ovilla en asociaciones de gramíneas-leguminosa ----- 100

Cuadro 4. Densidad de población de tallos de ballico perenne en asociaciones de gramíneas-leguminosa ----- 102

Cuadro 5. Tasa de aparición y muerte de tallos de ballico perenne en asociaciones de gramíneas-leguminosa ----- 104

Cuadro 6. Tasa de sobrevivencia de tallos de pasto ovido y ballico perenne en asociaciones de gramíneas-leguminosa ----- 106

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 2. REVISIÓN DE LITERATURA

Figura 1. Relación medio ambiente – pastos o forrajes. ----- 32

CAPITULO 3. COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE ASOCIACIONES DE PASTO OVILLO (*Dactylis glomerata* L.), BALLICO PERENNE (*Lolium perenne* L.) Y TRÉBOL BLANCO (*Trifolium repens* L.)

Figura 1. Características climáticas durante el periodo de estudio (Septiembre 2011 a junio 2012). Fuente: Estación meteorológica del Colegio de Posgraduados en Montecillo, Texcoco, Estado de México. Aplicación de riego ()----- 66

Figura 2. Porcentaje promedio de las especies deseables de diferentes proporciones en la asociación de dos gramíneas con una leguminosa. MM: Material muerto; OP: otros pastos; ML: maleza----- 73

CAPITULO 4. REBROTE Y ESTABILIDAD DE LA POBLACION DE TALLOS DE PASTO OVILLO (*Dactylis glomerata* L.), BALLICO PERENNE (*Lolium perenne* L.), SOLOS Y ASOCIADOS CON TRÉBOL BLANCO (*Trifolium repens* L.)

Figura 1. Características climáticas durante el periodo de estudio (Septiembre 2011 a junio 2012). Fuente: Estación meteorológica del Colegio de Posgraduados en Montecillo, Texcoco, Estado de México. Número de riegosm () ----- 89

Figura 2. Cambios mensuales en la densidad de tallos de Ovillo en siete asociaciones de gramíneas-leguminosa (Ovillo: Ballico perenne: Trébol blanco)95

Figura 3. Cambios mensuales en la densidad de tallos de Ballico perenne en siete asociaciones de gramíneas-leguminosa (Ovillo: Ballico perenne: Trébol blanco)96

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

En México, la ganadería es una de las principales actividades económicas del sector primario, debido a que más del 50 % de la superficie terrestre se dedica a esta actividad (FAO, 2009). Esta se realiza mayormente bajo condiciones de pastoreo en todos los estados de la república mexicana, utilizando cerca del 62.5 % del total de los 2, 000,000 de km² de tierra que existen en el país (CONAGRO, 2006). Por tanto, la principal fuente de alimento son los forrajes que constituyen una parte importante en la dieta de los rumiantes en las unidades ganaderas, y representan un bajo costo en la producción animal (Pérez et al., 2002).

En la zona central del país existen procesos de producción que tienen como componente importante el establecimiento de praderas puras o asociadas para la producción animal. Al respecto, SAGARPA (2006) menciona que en México las zonas templadas ocupan el 23.4 % de la superficie del país (46, 036,752 ha); mientras que INEGI (2007), señala que existen en el país 302,595 unidades de producción, con una superficie establecida con especies cultivados de 4, 989,300 ha, y una producción anual de 46, 023,315 toneladas de materia seca.

El establecimiento de praderas monófitas o asociadas de mayor valor nutritivo y rendimiento de materia seca, es una actividad que permite disminuir los costos de producción en comparación con el uso de dietas balanceadas y asegurar una alta producción animal (Camacho y García, 2002; González et al., 2004). En estas explotaciones, el objetivo del manejo de praderas, es mantener una alta y sostenida producción de forraje de buena calidad durante el año, por ello, uno de los puntos clave a conocer y manejar es el potencial de rebrote de las especies presentes en las

praderas y su adaptación a las condiciones ambientales. Todo esto está relacionado con el clima, el cual tiene influencia directa en el crecimiento, desarrollo y rendimiento de las plantas forrajeras. Al respecto, se ha señalado que la tasa de crecimiento de cualquier especie forrajera, es más sensible a la temperatura ambiental, en comparación con la tasa de fotosíntesis y respiración. Esto es debido a que la temperatura interviene directamente en la aparición y expansión de la lámina foliar, aparición y muerte de tallos y estolones, así como, en el crecimiento radical, por lo que las especies forrajeras logran la mayor producción de biomasa, cuando se encuentran en sus rangos óptimos de temperatura (McKenzie et al., 1999; Matthew et al., 2001; Lemaire, 2001; Daly et al., 1996).

Una de las formas de mejorar la calidad de la dieta del rumiante es mediante la inclusión de leguminosas solas o asociadas con gramíneas. Con ello, se mejora el rendimiento y la calidad nutricional del forraje, que a su vez, mejora las ganancias de peso, producción de leche y fertilidad del suelo por el aporte de nitrógeno atmosférico, así como una mejor intercepción de luz y distribución estacional de la producción de biomasa. Al respecto, Sanderson et al. (2005), señalan que el rendimiento es menor en praderas solas o con dos especies que aquellas con más de tres (4800 vs 7600 kg MS ha⁻¹).

Entre las asociaciones más comunes en la zona templada del país, el trébol blanco (*Trifolium repens* L.), ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y ovilla (*Dactylis glomerata* L.), son especies que se emplean bajo condiciones de pastoreo, debido a su fácil capacidad de establecimiento, cobertura del suelo, rápido crecimiento y elevada producción de tallos y estolones. Sin embargo, existen pocos estudios relacionados

con la proporción óptima de cada especie, que permita obtener mayor producción de forraje y mejor distribución estacional, sin deterioro de la pradera. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue determinar atributos productivos (rendimiento de materia seca, altura de planta, radiación interceptada, composición botánica, densidad, tasa de aparición, tasa de muerte de tallos y tasa de sobrevivencia) para identificar la mejor asociación de dos gramíneas y una leguminosa sembradas en diferente proporción.

CAPÍTULO 2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Características de las especies evaluadas

2.1.1. Ballico perenne (*Lolium perenne*)

De acuerdo a Muslera y Ratera (1991) el Ballico perenne o pasto inglés es una especie amacollada nativa de toda la zona templada de Asia y del norte de África, se adapta a regiones de clima frío, con inviernos no muy severos, a una altura entre los 1,500 y 3,000 msnm. Estos mismos autores mencionan que este pasto, requiere suelos arcillosos, de mediana a buena fertilidad, desarrolla un sistema radical superficial, ramificado y adventicio en los nudos basales del fitómetro y, tiene persistencia aceptable, debido a su capacidad de formar gran número de tallos nuevos y macollos densos.

Las características morfológicas de esta especie incluyen inflorescencia en racimos compuestos de 1 a 3 (raramente 6), espigas persistentes, compuestas de 40 a 100 espiguillas, el eje de cada espiga termina en una espiguilla y no presenta tricomas (a veces presenta pelillos diminutos); en la madurez, las espiguillas se desprenden por

arriba de las glumas; la arista central de las lemas está flanqueada por dos lóbulos membranosos (Muñoz et al., 2000). Es una planta perenne de 10-80 cm, con los tallos lisos, hojas con lígula membranosa de hasta 2 mm y aurículas, la vaina basal generalmente rojiza cuando joven. La inflorescencia tiene raquis rígido, espiguillas con una gluma que llega a 2/3 partes de la longitud de la espiguilla, presenta entre 2-11 flores, lemas sin aristas y anteras de 2-3 mm de longitud (Aizpuru et al., 1999; Duthil, 1989). Esta especie comienza a retoñar a principios de primavera y florece de mayo a agosto; es decir, a finales de primavera y durante el verano y fructifica durante el invierno.

Su llegada a América fue a finales del siglo XIX, entrando por Estados Unidos de Norte América (Hughes et al., 1981). En México, llegó en la década de los sesentas y a partir de ese momento su uso forrajero en la producción pecuaria se promovió con la campaña de praderas artificiales que puso en marcha la Subsecretaría de Ganadería para ranchos lecheros de la zona templada (Duran, 1996). Esto fue debido a que se adapta a regiones templadas con temperatura media anual de 10 a 18 °C y donde la temperatura del mes más caluroso no supera los 30 °C (Nuñez et al., 1995). Devesh (2005), menciona que el Ballico perenne es altamente utilizado para el pastoreo. Sin embargo, el uso es limitado debido a que su persistencia es menor en comparación con otras especies de pastos, y requiere un manejo intensivo para su máxima productividad.

La temperatura ambiental afecta y estimula el crecimiento de Ballico perenne, con un rango de temperatura óptima para su crecimiento entre 18 a 25 °C, adaptándose bien a climas fríos y húmedos; tolera el frío, pero es sensible al calor y a la sequía. Su

crecimiento se estabiliza a partir de 25 °C y se detiene a 35 °C. Ballico perenne es más sensible a temperaturas elevadas y estrés hídrico en comparación con Ballico anual. La producción se ve afectada cuando la temperatura supera 31 °C y, en la noche, exceden 25 °C (Muslera y Ratera, 1991).

Debido a su capacidad de amacollamiento y elevada producción de tallos, así como su aptitud destacada de asociación con Trébol Blanco y otras leguminosas de interés forrajero, Ballico perenne es la gramínea más empleada para el establecimiento de praderas perennes en áreas templadas (Daly et al., 1996). El rendimiento de materia seca en Europa y el Medio Oeste se estima, para el primer año de 10-12 t MS ha⁻¹. Las producciones de los años siguientes suelen ser inferiores, estabilizándose en las 8-10 t MS ha⁻¹, si las condiciones son favorables (Balfourier et al., 2000).

2.1.2. Pasto ovilla (*Dactylis glomerata* L.)

Se encuentra en gran parte de las regiones de clima templado del hemisferio norte: Europa (nativo del oeste y centro de Europa), Asia y Norte de África. En América del Norte se encuentra en Canadá y Estados Unidos. En el Hemisferio Sur destaca su presencia en Nueva Zelanda y América del Sur (Chile). El pasto Ovilla es una gramínea perenne de 30 a 150 cm, hojas con lígula larga, inflorescencia en panícula unilateral, de alargada a ovada; en ocasiones, con ramas basales separadas del resto y alargadas, espiguillas unidad de la inflorescencia, generalmente compuesta de dos glumas y una o más flores, cada una entre una lema y una palea, glumas y lemas lanceoladas agudas (Aizpuru et al., 1999). Tolera la sequía, el calor y la sombra. Se adapta a suelos calizos ricos en materia orgánica, pero vive bien en no

muy ácidos (pH 6), no soporta el encharcamiento, pero tolera cierto grado de salinidad (Duthil, 1989; Juncafresca, 1983).

Una característica agronómica de Ovillo es su fácil germinación y lento establecimiento en praderas, donde el rango de densidad de siembra es de 15-20 kg ha⁻¹. Como consecuencia de su escasa agresividad inicial, el pasto Ovillo permite el crecimiento de otras especies durante el primer año; aunque, con el paso del tiempo, tiende a dominar la composición botánica, debido a que presenta una buena persistencia en campo (Duthil, 1989).

Aizpuru et al. (1999), reportan que el pasto Ovillo supera la producción de forrajes y resistencia a sequía de Ballico perenne en zonas con sequía prolongada. Su valor nutritivo es bueno, aunque su digestibilidad disminuye rápidamente en la etapa de floración. En general, Ovillo es menos digestible y apetecible que Ballico y tiende a espigar antes. Tiene buena respuesta a la defoliación, es tolerante al pisoteo del ganado y se aconseja aprovecharlo con intensidad y frecuencia, para evitar la subutilización del forraje (Aizpuru et al., 1999). Devesh (2005), menciona que Ovillo es probablemente el forraje perenne más cultivado, es considerado muy persistente al pastoreo. Se adapta muy bien a suelos superficiales y ligeros, tiene buena tolerancia a la sequía, pero no crece bien bajo condiciones de inundación.

2.1.3. Trébol Blanco (*Trifolium repens* L.)

El Trébol Blanco es una especie de distribución cosmopolita nativa de Europa, norte de África y Asia occidental. Es muy importante como forraje y es una planta altamente cultivada en sistemas agrícolas de zonas templadas, como en Nueva

Zelanda (Ratray, 2005; L'Huiller, 1987). Pertenece al género *Trifolium*, que se caracteriza por la formación de hojas compuestas de tres folíolos y su habilidad de fijar nitrógeno en el suelo. Rzedowski (2001), menciona que es perenne, con altura de hasta 40 cm, pero generalmente más baja (alrededor de 20 cm); tallo rastrero, con raíces en los nudos, muy ramificado, glabro o casi glabro. Las hojas son estípulas ovado-lanceoladas, de 8-15 mm de largo, glabras, con pecíolo de 5-25 cm de largo y tres folíolos casi sésiles, anchamente elíptico-ovados o casi orbiculares, de 1-3 cm de largo, frecuentemente con una marca blanca; ápice redondeado y base cuneada. La inflorescencia es una umbela globosa, densa, de 1-2 cm de diámetro, con pedúnculos más largos que las hojas; pedicelos de 1-6 mm de largo, flores de 6-10 mm de largo, cáliz casi glabro, dientes angostos, acuminados, algo más cortos o tan largos como el tubo; corola blanca o rosada, dos a tres magnitudes más larga que el cáliz.

Los frutos son una legumbre oblonga-lineal, de 4-5 mm de largo con tres a cuatro semillas en forma de riñón o riñón asimétrico, de 0.7 a 1.4 mm de largo y 0.7 a 1.2 mm de ancho, superficie casi lisa, color amarillento, café amarillento o café (Muslera y Ratera, 1991). Se le encuentra en ambientes diferentes, tolera muy bien cosechas a ras de suelo. Crece en distintos tipos de pH y suelo, prefiere los ligeramente arcillosos (Duthil, 1989; Richard et al., 1997). Es un excelente forraje, se asocia bien con gramíneas, alto en proteína, en humanos es indigestible crudo, pero cocido (5-10 min) se hace digestible (Allen, 1977).

Trébol Blanco se adapta a una diversidad de climas, suelos y altitudes. Su óptimo de crecimiento se encuentra en climas templado-húmedos con escasa sequía estival.

No tolera el sombreado, para ser productivo requiere humedad y buenos niveles de fósforo y potasio en el suelo. Se establece en praderas asociadas con Ballico perenne y es cultivado en temporal en áreas templadas y en regadío en áreas más secas (Juncafresca, 1983; Ratray, 2005).

Muslera y Ratera (1991), mencionan que se establece sin dificultad, aunque la siembra de semilla debe ser superficial, debido a su tamaño pequeño. Su persistencia es de periodo largo, siempre y cuando no se den factores que limiten su desarrollo (fuertes sequías estivales, exceso de abonado nitrogenado, sombreados prolongados, intervalos amplios entre cortes, entre otros.). La dosis de siembra varía de 1.5 a 3 kg ha⁻¹ en praderas mixtas (en las mezclas, se recomienda que la proporción de Trébol Blanco establecido no supere el 40% (White y Hodgson, 1999a).

En praderas asociadas con Ballico perenne, la producción media anual oscila entre 12 y 14 t MS ha⁻¹. El alimento que proporciona es de gran calidad, rico en proteína y con digestibilidad elevada y sostenida a lo largo de su ciclo de crecimiento (Brock et al., 1989). La ingesta única de Trébol blanco puede provocar meteorismo. La mejor forma de aprovechamiento es mediante pastoreo. Resiste el pisoteo y, dado que las defoliaciones sólo afectan a las hojas y a los pedúnculos florales, el rebrote es rápido porque no quedan dañados los puntos de crecimiento. Ocasionalmente se corta y henifica (Duthil, 1989).

Las dos principales funciones del Trébol blanco en un sistema de pastoreo es de aportar nitrógeno al suelo vía fijación de nitrógeno y de proveer alimento de alta calidad al ganado (Brock y Tilbrook, 2000). La fijación de nitrógeno se realiza a

través de simbiosis con bacterias del género *Rhizobium* y la transferencia a los pastos es a través del material muerto y desecación de raíces, donde el crecimiento del pasto es estimulado por el nitrógeno del suelo, ocasionando eventualmente una reducción en la producción de la leguminosa, a través de la competencia por luz, agua y nutrientes (Buxton, 1994).

Trébol blanco se extiende por estolones rastreros con raíces y nudos que forman nuevas plantas, las cuales reemplazan a las plantas originadas en el establecimiento a los pocos años. La persistencia en praderas es buena, cuando se tienen altas densidades de estolones, debido a que las plantas florecen y producen semilla, particularmente con pastoreos ligeros. Ésta es una forma de resiembra natural proveniente de semilla producida en la misma pradera y puede ser muy importante bajo condiciones de sequía (Rattray, 2005; Brock et al., 1989).

La temperatura tiene marcado efecto en el crecimiento de Trébol blanco, más aún cuando está asociado con gramíneas. Brock y Tilbrook (2000), reportan que la temperatura óptima para el crecimiento es mayor a 24°C, la cual tiene importantes efectos en su crecimiento, particularmente en el proceso que influye en el número y desarrollo de hojas y estolones (Clark et al., 1995).

2.2. Factores que afectan la producción de forraje

2.2.1. Ambientales

El crecimiento de las plantas depende del ambiente en que se desarrollan y de las variaciones que éste presente a consecuencia de cambios constantes. Da Silva y Hernández-Garay (2010), mencionan que el ambiente está caracterizado por el suelo

(características físicas y químicas, topografía, nutrientes y agua disponible) y clima (temperatura, total de horas luz, radiación, humedad relativa y precipitación), aunado a la variabilidad intraespecífica (potencial genético de especie) y manejo (fertilización, tipo y frecuencia de defoliación), los cuales tienen gran influencia debido a sus efectos e interacciones; influyen en la ocurrencia y velocidad de procesos bioquímicos dentro de las plantas, que se reflejan en la tasa de crecimiento, desarrollo, calidad nutricional y, por tanto, en su rendimiento.

Entre las variaciones climáticas, la luz y la temperatura son las más importantes, seguidas por el suministro de agua. Estos factores influyen en la tasa de crecimiento de las plantas, ya que determinan la tasa de producción, elongación de las hojas, aparición y muerte de tallos y estolones, crecimiento radical, mediante las cuales los cultivos interceptan la radiación solar y generan biomasa, aunado a un estado de confort cuando se encuentran en un rango óptimo de temperatura (McKenzie et al., 1999; Duru y Ducroq, 2000). La producción de biomasa se da mediante la transformación de la radiación en energía química (NADPH y ATP) que se utiliza para reducir el dióxido de carbono a sacarosa en el proceso enzimático del ciclo de Calvin (Salisbury y Ross, 1992). Este proceso ocurre en cada ciclo de crecimiento en una pradera, siempre regulado por las condiciones atmosféricas, originando cambios en la magnitud de la tasa de crecimiento según la cantidad de radiación solar que incide sobre la parcela y la temperatura ambiental a la cual crecen las plantas (McKenzie et al., 1999). La fotosíntesis es fuertemente influenciada por la humedad disponible, el nivel de fertilidad y propiedades físicas del suelo en la pradera (Simpson y Vulnevor, 1987; Perreta et al., 1997;; Matthew et al., 2001; Lemaire,

2001; Moliterno, 2002).

La temperatura ambiental tiene una función importante debido a que regula la velocidad con que ocurren las reacciones enzimáticas del ciclo de Calvin, siempre que no afecte la integridad de la membrana celular (Simpson y Vulnevor, 1987). La máxima actividad enzimática ocurre en la zona térmica correspondiente a la temperatura óptima. En gramíneas y leguminosas templadas, las temperaturas superiores a la óptima causan que la enzima de la reacción de carboxilación tenga mayor afinidad por el oxígeno originándose así el fenómeno de fotorrespiración, reduciéndose la tasa de fotosíntesis (Salisbury y Ross, 1992) y, consecuentemente, la tasa de crecimiento de la pradera (Jiménez y Martínez, 1984; Durand et al., 1999). Lo anterior, debido a que el peso seco acumulado por día es en realidad la cantidad de fibra formada a partir de sacarosa y otras hexosas formadas en ciclo de Calvin, razón por la cual se señala que el crecimiento de las gramíneas forrajeras es muy sensible a la temperatura (McKenzie et al., 1999; Buxton, 1994).

Estudios específicos demostraron que la exposición a elevadas concentraciones de CO₂ y temperatura, incrementan la tasa de fotosíntesis y la producción de forraje de las especies (Clark et al., 1995). Estos autores evaluaron el recambio de tejido, morfología de hoja y dinámica de población de tallos en Ballico perenne y Trébol blanco, bajo dos concentraciones de CO₂ (350 y 700 $\mu\text{mol mol}^{-1}$) y tres temperaturas alternas diurna/nocturna (10/4, 16/10 y 22/16 °C), bajo condiciones controladas. Observaron que la elongación, peso por unidad de longitud de la lámina foliar y senescencia de Ballico perenne no se vio afectada por concentración de CO₂ y tampoco la tasa de aparición de hoja del Trébol blanco. Sin embargo, el peso por

área de la lámina foliar y del peciolo por unidad de longitud del Trébol blanco mostró respuesta positiva, especialmente con altas temperaturas; los valores de crecimiento para Trébol blanco fueron incrementados en 4, 23 y 13%.

En comunidades de plantas dominadas por Ballico perenne y Trébol blanco, la exposición a elevadas concentraciones de CO₂ puede alterar la composición de las especies a favor del Trébol blanco. La respuesta en la producción de materia seca por elevadas concentraciones de CO₂, puede ser debida a un balance entre una respuesta positiva mostrada por el Trébol blanco y negativa de Ballico perenne (Clark et al., 1995).

La temperatura puede tener mayor influencia en la magnitud de la respuesta productiva de ambas especies, en Trébol blanco, el CO₂ afectó los puntos de crecimiento y en Ballico perenne, la producción de tallos depende de la temperatura (Clark et al., 1995). La temperatura tiene un marcado efecto en el crecimiento del Trébol blanco, más aún cuando está en praderas asociadas. Brock et al. (1989), reportan que la temperatura afecta el proceso que influye en el número y desarrollo de hojas y estolones (Clark et al., 1995).

Otro factor ya mencionado, que tiene una función importante en la producción de forraje a través del año, es la disponibilidad de agua, la cual puede ser una limitante del rendimiento (Jensen et al., 2003). La disponibilidad de agua en las raíces de un cultivo dependen del balance entre la precipitación y la evaporación, además de las características físicas del suelo, resultado de las condiciones microclimáticas del medio en que se establece (Juárez, 1997). La tasa de evaporación está en función de la temperatura ambiental por lo que su interacción con cantidad y distribución

durante el año, determinan los cambios de humedad del suelo, afectándose el crecimiento de planta (Monteith, 1997; Navarro y Vázquez, 1997).

La interacción de la cantidad y distribución de la precipitación con la fluctuación de la temperatura en el tiempo, es un factor que afecta el crecimiento de los pastos, cuando las plantas son afectadas por estrés hídrico, se puede provocar la inhibición de la fotosíntesis y la suspensión del crecimiento de los tallos (Ludlow, 1980; Enríquez y Romero, 1999). Además, se puede afectar el valor nutricional del forraje.

En respuesta a condiciones de estrés hídrico, los pastos pueden presentar cambios morfológicos y fisiológicos para contrarrestar los efectos negativos (Passioura, 1982), esto lo hacen con mayor profundidad de raíces, enrollamiento y movimientos paraheliotrópicos de las hojas, para reducir la incidencia de radiación solar, caída de hojas, disminución de producción y expansión de hojas, así como, el cierre de estomas (Ludlow, 1980). Generalmente, se limita o suspende el rendimiento biológico, como consecuencia de la reducción de IAF, los periodos de asimilación y duración del crecimiento (Mata, 1989).

Jensen et al. (2003), evaluaron cultivares de pasto Ovillo y Ballico perenne establecidos con cinco niveles de agua y tres fechas de cosecha sobre la concentración de proteína cruda (PC), digestibilidad de fibra detergente neutro (DFDN), digestibilidad total in vitro (DTIV). Reportaron que en pasto Ovillo maduro, se tienen pocos efectos en las características nutricionales del forraje, por la cantidad de humedad recibida, las variedades tetraploides de Ballico promedian altas concentraciones de PC, DTIV y bajos valores de FDN, comparados con las variedades diploides. En general, sí el estrés hídrico aumenta, el valor nutricional del

forraje (PC y DFDN) también.

En general, la elongación celular es más afectada por el déficit hídrico que la división celular (Turner y Begg, 1978). Esto se traduce en la reducción de la tasa de crecimiento foliar, que determina menor tamaño de hojas en cultivos con déficit hídrico, en comparación con los cultivos desarrollados en condiciones hídricas no limitantes. En condiciones de deficiencia hídrica, se ha reportado reducción de la tasa de aparición de tallos, número de hojas vivas por tallo e incremento paralelo de los procesos de senescencia de hojas y macollos (Turner y Begg, 1978). Debido a esto, la vida media foliar tiende a ser más corta y las pasturas menos densas en las condiciones señaladas.

Karsten y MacAdam (2001), mencionan que el ballico perenne y el trébol blanco, en condiciones de estrés hídrico reducen su producción y crecimiento, consumen más reservas de carbohidratos durante el rebrote. Ellos observaron, en praderas mixtas de regiones semiáridas, que el ballico perenne dominó al trébol blanco, pero el trébol blanco dominó al ballico cuando se aplicó un pastoreo rotacional, representando el 55 % de la producción total de la mezcla.

2.3. Importancia de la defoliación en la producción de forraje

La defoliación consiste en la remoción total o parcial de la parte aérea de las plantas, con la consecuente remoción de tallos, yemas centrales y axilares y la modificación de la morfología de la planta individual y la pradera en general (Gillet, 1984). El efecto inmediato de la defoliación, que depende principalmente de la intensidad de cosecha, está muy relacionado con una medida directa del grado de reducción de la

fotosíntesis (Richard, 1993), el desarrollo y crecimiento de tallos, hojas y raíces. Altera también el microambiente con respecto a la intensidad de luz, temperatura y humedad del suelo (Watkin y Clements, 1978). La recuperación de la pradera dependerá de la cantidad y tipo de tejido removido y del estado fenológico al momento de la defoliación (Richard, 1993). Al modificarse el microclima y estructura de la pradera, el suelo queda expuesto a la radiación directa, que puede incrementar la temperatura si es intensa, reduciendo el crecimiento de las plantas forrajeras, aumentando la respiración y afectando negativamente el balance de carbono (Gillet, 1984).

En una pradera, las plantas sufren defoliaciones intermitentes, cuya intensidad y frecuencia (o su inverso, el intervalo de defoliación) dependen de los animales en pastoreo, densidad de carga y método de pastoreo (Wade y Carvalho, 2000), y en su caso, del régimen de corte empleado. Cada evento de defoliación representa una perturbación para el crecimiento de las plantas, lo que afecta su habilidad de competencia. En praderas en pastoreo, las defoliaciones no afectan solamente a una planta, sino también a las plantas vecinas, por lo que pueden considerarse como un evento que elimina la competencia por luz. Por ello, la respuesta general de una planta a la defoliación parece ser un mecanismo complejo que depende no sólo de la intensidad y frecuencia de defoliación sufrida por la planta en sí, sino también, del patrón de defoliación de las plantas vecinas (Lemaire, 2001).

El estudio de las relaciones planta-herbívoros, ha permitido comprender que las praderas tienen la capacidad de adaptar su estructura (tamaño, número y orientación espacial de órganos aéreos) al manejo de la defoliación (Davies, 1988). Esta

adaptación consiste principalmente en una compensación entre tamaño y densidad de tallos, de manera que, praderas defoliadas frecuentemente (condiciones de pastoreo continuo) tienen mayor densidad de tallos pequeños y, contrariamente, praderas defoliadas infrecuentemente (condiciones de corte o pastoreo intermitente) tienen menor densidad de tallos grandes (Davies, 1988).

Generalmente, el intervalo de defoliación varía desde periodos cortos, de 7 a 15 días, como sucede en condiciones de pastoreo rotacional intensivo y una carga animal alta. Los periodos intermedios son de 20 a 30 días, como ocurre en casos de pastoreo rotacional, durante una estación de crecimiento; hasta periodos largos, de 30 a 60 días, en sistemas de corte y acarreo (Mazzantini y Lemaire, 1994). El intervalo de defoliación puede ser mayor en sistemas extensivos. La intensidad de defoliación es generalmente mayor cuando se utilizan intervalos de defoliación largos, con 70 a 80 % de remoción del área foliar, como en condiciones de pastoreo rotacional o bajo corte. Contrariamente, una intensidad de defoliación ligera es observada cuando se utilizan intervalos de defoliación cortos (Gastal et al., 2005).

Carrere et al. (1997), mencionan que el porcentaje y aportación de las especies al rendimiento en praderas no pastoreadas, se debe a la competencia por luz, agua y nutrientes, los cuales son modificados por el pastoreo, debido a que el animal es un factor que determina la estabilidad de la composición botánica de la pradera, que mejora con la defoliación selectiva. El balance entre especies depende de cómo las especies protegen sus hojas, o de cómo son removidas por los herbívoros. Al respecto, Velasco (2001), al estudiar el rendimiento de Ballico perenne y Ovillo, observó que conforme disminuye el intervalo entre cortes de seis a dos semanas, se

reduce significativamente la producción de forraje. Lo anterior puede deberse a la intensidad y frecuencias severas de defoliación que reducen el peso por tallo, debido a una reducción en las reservas de carbohidratos de las plantas.

2.3.1. Efecto de la severidad y frecuencia de defoliación

Hodgson (1979), menciona que para el manejo y maximización de la productividad de especies forrajeras, se requiere conocer el comportamiento de la especie ante la cosecha periódica por corte o pastoreo. La frecuencia y severidad de cosecha de forrajeras, determinan el rendimiento por unidad de superficie y la contribución de cada especie en la pradera. Se entiende por frecuencia de cosecha al intervalo en tiempo entre un corte y el siguiente, o bien, el número de cortes realizados en una pradera en un período determinado, generalmente, dentro de una misma estación o durante todo el año. En este periodo, la planta intenta recuperar el tejido fotosintético removido y, dependiendo de las condiciones ambientales y el intervalo entre cosechas, podría lograr tal recuperación (Speeding, 1971; Jiménez y Martínez, 1984).

Hernández-Garay et al. (1997), mencionan que las estrategias de manejo de praderas en cuanto a intensidad, frecuencia y oportunidad de uso, ya sea por corte o pastoreo, tienen influencia directa sobre la composición botánica, rendimiento y calidad de las especies forrajeras. El aprovechamiento del forraje de una pradera debe considerar la mayor permanencia del estado vegetativo, mayor número de rebrotes y mayor cantidad de hoja (Perreta y Vegetti, 1997), por lo que existe marcado efecto de la severidad o altura de defoliación, sobre la formación de nuevo

tejido y utilización de reservas de carbohidratos, así como del área foliar remanente, lo que es característico para cada especie. Lo anterior, hace importante conocer la altura adecuada de cosecha, para disminuir los efectos que alteren la capacidad de rebrote y de producción de la especie forrajera.

Osmam y Abu Diek (1982), evaluaron durante dos años, tres leguminosas y tres gramíneas cosechadas a 0, 7 y 14 cm y encontraron, en ambos años, que el rendimiento fue máximo cuando la cosecha se realizó a 7 cm, superando en 41 y 45% a la altura de 0 y 14 cm, respectivamente; las cosechas a ras de suelo registraron los menores rendimientos, 44 y 38% menos que la altura de 7 y 14 cm, respectivamente.

Zaragoza (2004), evaluó el efecto de la frecuencia de pastoreo de 28 y 35 días durante primavera, verano y en otoño e invierno, de 35 a 42 días, con tres alturas de forraje residual; pastoreo severo (3-6 cm), intermedio (7-10 cm) y ligero (11-14 cm), en una asociación alfalfa – ovido, reportando que los pastoreos severos favorecieron el rendimiento de alfalfa ($P < 0.05$) y redujeron el de pasto ovido, así como la presencia de maleza. En contraste, las defoliaciones ligeras promovieron mayor rendimiento de ovido y mayor acumulación de material muerto (Zaragoza, 2004). El pastoreo ligero y poco frecuente, incrementó la altura de la pradera, peso, densidad de tallos y área foliar de ovido, mientras que los pastoreos severos y frecuentes favorecieron a la alfalfa.

Carllassare y Karsten (2002), evaluaron dos intensidades de pastoreo (ligero y severo) en praderas dominadas por pasto ovido y pasto azul (*Poa pratensis*). El pastoreo ligero fue de 27 hasta 7 cm, y el pastoreo severo fue de 20 a 5 cm. Al final

del experimento, el pastoreo ligero produjo 50% más forraje mientras que, por corte, fue de aproximadamente 23% en 2.3 años de duración. La alta producción fue mantenida por ovilla (51% más forraje cosechado en defoliaciones ligeras versus severas) durante la sequía y en periodos de temperatura elevada e independientes de la estación.

2.4. Importancia del rebrote en el rendimiento de forraje

Hunt (1990), definió al rebrote como el material que se acumula en el tiempo, sobre el nivel del suelo, después de una cosecha total o parcial. El rebrote de gramíneas perennes proviene de la reproducción vegetativa y aparición de nuevos tallos, proceso influenciado por gran número de factores. Entre estos destacan, desde climáticos, reservas de carbohidratos existentes en raíz, hormonales (auxinas y citoquininas), disponibilidad de nutrientes (principalmente nitrógeno), área foliar remanente a partir de la cual se llevará a cabo la fotosíntesis y la competencia entre plantas y entre tallos de la misma planta (Tomlinson y O'Connor, 2004). En gramíneas, el rebrote o crecimiento posterior a la defoliación, depende de adecuado suministro de fotoasimilados, que cubran las demandas de respiración y crecimiento. Este suministro puede ser derivado de la fotosíntesis de tejidos foliares remanentes o de los carbohidratos no estructurales, almacenados en raíces o bases foliares (Kigel, 1980).

Luego de una defoliación moderada a severa, la planta inmediatamente inicia una fase transitoria con variación en sus patrones de disponibilidad y distribución de carbono y nutrientes (Briske et al., 1996), para restablecer el balance previo existente

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

El manejo de la defoliación es importante para tener control de la producción de forraje. Cuando se incrementa la presión de pastoreo, la biomasa disminuye, y el pasto tiende a incrementar las características estructurales como densidad y tamaño de los macollos en respuesta a variaciones en el ambiente lumínico, provocando un cambio en la plasticidad fenotípica (Bircham, 1981; Deregibus et al., 1983); esto es, respuestas fisiológicas y morfológicas.

2.4.1. Factores de la planta que están relacionados con el rebrote

2.4.1.1. Reserva de carbohidratos

Los carbohidratos de las plantas se dividen en dos grupos: estructurales y no estructurales. Los primeros forman parte de la pared celular y entre éstos se encuentran la celulosa, la hemicelulosa y pectina. Los segundos como glucosa y fructosa, disacáridos como sucrosa y maltosa y polisacáridos como almidones y fructosanos se almacenan en órganos vegetativos como raíces, rizomas, estolones, coronas y parte inferiores del tallo, también llamados carbohidratos de reserva (Smith, 1972).

Los carbohidratos proporcionan la energía para el rebrote de las especies forrajeras perennes o anuales, que pueden ser cosechadas varias veces en una misma temporada. Además, ayudan a sobrevivir a las plantas forrajeras durante períodos de sequía, de inundación, de altas o de bajas temperaturas y proporcionan energía para el crecimiento cuando las condiciones ambientales son favorables.

Las plantas en la pradera, deben cortarse cuando el nivel de reservas es suficiente; generalmente, éste se alcanza en la fase rápida de crecimiento y cuya acumulación le permite resistir y rebrotar de manera satisfactoria (Duthil, 1989). Después de defoliación intensa, la respiración sobrepasa a la fotosíntesis y las plantas hacen uso de sus carbohidratos de reserva, para su crecimiento (Duthil, 1989; Hanson et al., 1988).

En una pradera con suficientes reservas de carbohidratos y cantidad adecuada de hojas, la tasa de crecimiento de hojas puede mantenerse alta después de la defoliación (Briske, 1986; Hodgson, 1990). La disponibilidad de recursos o sustancias de reservas modifica la prioridad de asignación de la planta, pues se pueden alterar la relación raíz-vástago y la magnitud de recursos entre estos órganos (Briske et al., 1996).

La reducción instantánea de la fotosíntesis produce detención en la asimilación de carbono y translocación de reservas de carbohidratos previamente almacenadas (Richard, 1993). Estos efectos se propagan rápidamente por la planta, reduciendo el crecimiento radical, la respiración y absorción de nutrientes, en las 24 horas siguientes a la defoliación. Los niveles de carbohidratos solubles en agua decrecen rápidamente durante los tres días posteriores a la cosecha y luego comienzan a

incrementarse gradualmente, hasta alcanzar los niveles iniciales (Kigel, 1980).

Las reservas de carbohidratos en gramíneas forrajeras son principalmente fructosanas, glúcidos no demasiado voluminosos y, en su mayoría solubles, que pueden ser inmediatamente transportados hacia las zonas de crecimiento donde aseguran un rebrote rápido (Gillet, 1984). El tejido foliar remanente y las reservas de carbohidratos no estructurales están en relación directa con el hábito de crecimiento de las plantas. Especies con hábito rastrero retienen más área foliar remanente que las de hábito erecto. Además, especies rizomatosas presentan mayor cantidad de carbohidratos de reserva (Kigel, 1980).

2.4.1.2. Índice de área foliar

El índice de área foliar (IAF) se refiere a la superficie de las hojas presentes por unidad de área de suelo (Hodgson, 1990). La intercepción de la luz está en función de la cantidad de hojas verdes que existan en cualquier especie, así como el arreglo de hojas y radiación solar incidente en el lugar. A medida que el IAF aumenta, la cantidad de luz que llegue al suelo disminuirá y será mayor la tasa de crecimiento de los pastos.

El área foliar remanente es importante en el rebrote de gramíneas y leguminosas para realizar la fotosíntesis después de la defoliación. También, el área foliar residual promueve el reemplazo de biomasa, la cual surge a partir del crecimiento de hojas parcialmente cosechadas, de la generación de nuevas hojas desde la yema terminal del eje principal si no ha sido cortado o desde la generación de nuevos tallos

axilares, con sus correspondientes hojas nuevas (Hyder, 1972; Briske, 1991). La cantidad de tejido foliar remanente también va a estar en relación directa con la forma de crecimiento de las plantas. Especies con hábito prostrado, retienen más área foliar remanente que las de hábito erecto (Kigel, 1980).

La tasa fotosintética del follaje en plantas defoliadas son, generalmente, más altas que en aquéllas no defoliadas, lo cual refleja un rejuvenecimiento de hojas o declinación en la capacidad fotosintética de hojas viejas y senescentes. La fotosíntesis compensatoria puede persistir por unas semanas a un mes y es menos importante que la tasa de formación de hojas, para incrementar la capacidad fotosintética de toda la planta, después de la defoliación (Richard y Caldwell, 1985).

2.4.1.3. Meristemos de crecimiento

Se les llama meristemos a regiones celulares de las plantas vasculares, formados por células que, perpetuamente, son embrionarias (es decir, están en división), por cuya multiplicación y diferenciación se forma el resto de los tejidos (Salisbury y Ross, 1992).

Se pueden distinguir entre meristemos primarios, de los que depende el crecimiento en longitud y meristemos secundarios, que producen el engrosamiento de los tallos y las raíces (Salisbury y Ross, 1992). La región del crecimiento del tallo se encuentra en el ápice, el cual está formado por una zona apical de división celular, en la cual, las hojas y entrenudos embrionarios producidos en el ápice crecen hasta alcanzar su tamaño de maduración.

La activación de las zonas meristemáticas está influenciada por el balance entre auxinas y citoquininas y, dependiendo de este balance, se va inducir la formación de hojas jóvenes, capaces de producir auxinas, necesarias para promover el desarrollo de nuevo tejido foliar y radical (Bidwell, 1979; Azcon y Talon, 1993). Una vez activados los meristemas de crecimiento, pueden dar origen a nuevo tejido o a un individuo completo.

La zona donde se realiza la división celular se encuentra en el ápice de un brote, el montículo central o cono de tejido meristemático, localizado en el extremo final del tallo, se llama meristemo apical. El ápice del tallo es el sitio de iniciación de hojas y yemas de macollos, es un componente vital durante el crecimiento vegetativo de los pastos. Pese a ello, no es mucho lo que se conoce acerca de diferencias en la morfología del ápice entre especies de gramíneas, su relación con la época del año y edad de la planta (Briske et al., 1996).

El meristemo apical, una vez que ha desarrollado células, da origen a nuevas hojas embrionarias llamadas primordios foliares, cuya formación ocurre a intervalos y en patrones regulares alrededor del meristemo apical (Hendricson et al., 2005). La formación celular en el meristemo apical también añade continuamente células al tallo que se encuentra en formación. Los primordios foliares y el tallo joven tienen un desarrollo característico que implica crecimiento y desarrollo por división celular extensa. Los primordios foliares se alargan en forma notable, de tal modo que pronto sobrepasan al meristemo apical y después se extienden lateralmente para formar la lámina de la hoja. El tallo se engruesa y se alarga con lentitud (Bircham y Hodgson, 1983; Matthew et al., 2000; Hendricson et al., 2005).

Los ápices en etapa vegetativa están cerca de la superficie del suelo por lo que, en ocasiones, la defoliación los elimina, afectando a hojas adultas y en crecimiento. Las hojas basales generalmente no son cosechadas pero están en avanzado desarrollo y se tornan senescentes.

Cuando las gramíneas se encuentran en etapa reproductiva, los meristemas de crecimiento se encuentran en la parte aérea de la planta, inhibiéndose la formación de nuevos tallos. A este efecto se le conoce como dominancia apical y para evitar este efecto, se requiere la defoliación del forraje a nivel del suelo, lo cual activa nuevamente las zonas de crecimiento. La pérdida de este tipo de tejido, tiene mayor efecto que la pérdida de biomasa, área foliar o fuentes nutrimentales (Briske, 1991; Chapman y Lemaire, 1993).

2.4.1.4. Fotosíntesis

El crecimiento de las plantas es función de la conversión de la energía solar en carbohidratos debido al proceso de fotosíntesis efectuado en los cloroplastos, donde se captura la energía solar en forma tal que la planta puede combinar el dióxido de carbono del aire con el agua para así, formar carbohidratos simples (Estrada, 2002). El efecto de la defoliación está muy relacionado con una reducción en la tasa de fotosíntesis de la planta (Richard, 1993). Así, el área foliar remanente va a ser importante en el rebrote, para realizar la fotosíntesis después de la defoliación y poder promover la formación de nueva biomasa (Briske, 1991).

La tasa de fotosíntesis en plantas defoliadas es generalmente más alta que en

aquellas de la misma especie que no han sido defoliadas (McNaughton, 1983). Esta respuesta es conocida como fotosíntesis compensatoria, donde se refleja un rejuvenecimiento de hojas o inhibición de declinación en la capacidad fotosintética de hojas viejas y senescentes. Hay que tener en cuenta que la fotosíntesis compensatoria puede resultar sólo en cambios en el ambiente lumínico o por cambios en factores endógenos que son afectados por la defoliación o por una combinación de ambos (McNaughton, 1983).

El crecimiento de una planta depende de la energía en forma de azúcares simples, producidos en el proceso de la fotosíntesis, cuando la clorofila de la hoja verde es expuesta a la luz solar. A medida que el IAF aumenta, será mayor la cantidad de luz interceptada y la tasa de crecimiento (Hodgson, 1990; Horrocks y Vallentine, 1999).

En gramíneas, el crecimiento posterior a la defoliación depende del suministro adecuado de fotoasimilados que cubran las demandas por respiración y crecimiento. Este suministro puede ser derivado de la fotosíntesis, de tejidos foliares remanentes o de carbohidratos no estructurales almacenados en raíces y base de los tallos (Kigel, 1980; Waller et al., 1995).

2.4.1.5. Hábito de crecimiento

La morfología y hábito de crecimiento de las especies forrajeras determinan la capacidad de recuperación de la defoliación (Castro et al., 2012). Cabe destacar que al intensificar la intensidad de pastoreo, los pastos pueden modificar su hábito de crecimiento (Schultka, 1984). Conforme se incrementa la intensidad de pastoreo, se

disminuye la proporción de forraje accesible y se incrementa el porcentaje de utilización, produciéndose un descenso en el vigor de las plantas, cuanto más baja y postrada es la especie forrajera, es más resistente al pastoreo. Las especies amacolladas son menos resistentes al pastoreo que las especies rizomatosas o estoloníferas, ya que los ápices de crecimiento están muy cerca de la superficie del suelo o subterráneos y, en consecuencia, lejos del alcance del animal (Rechentin, 1956).

Las propiedades mecánicas de las plantas son otro de los factores que dan resistencia a la defoliación, debido al esfuerzo que el animal debe realizar para cosecharlas, consumirlas y digerirlas. En la hoja, las propiedades mecánicas dependen de forma y tamaño y del porcentaje de esclerénquima que desarrollen. En especies de hábito de crecimiento erecto, la acumulación neta de forraje disminuye conforme se incrementa la frecuencia de defoliación; sin embargo, ocurre lo contrario con las especies de crecimiento postrado (Davidson, 1968; Wright e Illius, 1995).

2.5. Variables que intervienen en el rendimiento de forraje

2.5.1. Morfogénesis en especies forrajeras

El término morfogénesis abarca a los cambios estructurales que se producen a través del crecimiento y desarrollo de un organismo y puede ser definido a partir de procesos de formación, expansión y muerte de órganos (Chapman y Lemaire, 1993).

El crecimiento vegetativo de una pradera depende de tres características principales: aparición, elongación y vida media de hoja (Chapman y Lemaire, 1993; Lemaire, 2001); su combinación, determina a su vez tres características estructurales de la

pradera: tamaño de hoja, densidad de tallos y número de hojas vivas por tallo (Chapman y Lemaire, 1993; Lemaire, 2001). Así mismo, la combinación de estas características, determinan el IAF de la pradera, que es el factor principal para la intercepción de luz y, por tanto, de la dinámica de rebrote de la misma (Dale, 1983).

La tasa de elongación foliar se refiere al incremento en longitud de lámina verde en un intervalo de tiempo. La producción de tejido foliar es un proceso continuo, donde crece, se desarrolla y muere, regulado por variables ambientales y por las características propias de la pradera (Lemaire y Agnuscdei, 2000). De este modo, la vida media foliar es el intervalo transcurrido entre la aparición de una hoja y el comienzo de la senescencia de la hoja madura. Las hojas tienen una vida limitada, siendo ésta una característica relativamente estable para cada genotipo. Luego de crecer, cada hoja comienza a senescer y muere. Las gramíneas forrajeras tienen un máximo número de hojas vivas y conforme una muere aparece una hoja nueva, tendiendo a morir la hoja más vieja (Davies, 1988).

La tasa de aparición y elongación de hoja y su vida media, son las variables que determinan los cambios de estructura que experimentan los macollos en el transcurso de su desarrollo (Davies, 1988). La tasa de aparición de hojas, es el intervalo entre la aparición de una hoja y la siguiente en un macollo y es expresado en días calor. Sin embargo, debido a la estrecha relación con la temperatura, puede ser calculado como suma térmica (producto del intervalo en días, por la temperatura media diaria del intervalo). En este caso, se denomina filocrono y su unidad es en grados día (Skinner y Nelson, 1995; Graming y Stoltenberg, 2007; Azebedo et al., 2006; Clerget et al., 2007).

2.5.2. Crecimiento foliar

Las diferencias productivas y de capacidad de rebrote entre especies se dan por las tasas de aparición, expansión y extensión de las hojas. Una alta tasa de expansión foliar produce rápidamente mayor superficie fotosintética y permite mayor tasa de rebrote después del pastoreo (Gao y Wilman, 1994). A su vez, la mayor remoción de hojas jóvenes es más perjudicial que la remoción de la misma cantidad de hojas viejas, debido a que las hojas jóvenes tienen mayores tasas de fotosíntesis y pueden utilizar eficientemente la intensidad lumínica, en comparación con hojas maduras y viejas (Gold y Caldwell, 1989).

La producción de forraje es resultado del balance entre crecimiento y la senescencia de hoja (Bircham y Hodgson, 1983). La planeación del pastoreo ayuda a eficientar la cosecha de hoja, antes de que entre en etapa avanzada de senescencia (Mazzanti et al., 1994; Lemaire y Agnurdéi, 2000). Esto, asegura una alta utilización de la producción de forraje y evita el deterioro de la estructura de la pradera por una excesiva acumulación de tallos, pseudotallos, y material muerto (Hodgson y Da Silva, 2002).

El crecimiento foliar en gramíneas, se inicia por la división celular en la base de las hojas, el cual inicia como un proceso lineal, donde las células son desplazadas en filas longitudinales paralelas por la expansión y producción de nuevas células (Mac Adam et al., 1989). El lugar donde las células detienen su expansión, marca el final de la zona de crecimiento de la hoja y la iniciación de la zona de diferenciación (Schnyder et al., 2000).

La importancia del crecimiento foliar, radica en que afecta otros componentes del

rendimiento de forraje. Bahmani et al. (2000), proponen el siguiente modelo teórico del comportamiento de las plantas en las variables morfogénicas en la elongación de hoja (Figura 1).

2.5.3. Relación entre dinámica de tallos y rendimiento de forraje

Las plantas forrajeras se han adaptado a tolerar defoliaciones continuas, en todos los hábitats en que han evolucionado. Estas especies tienen en común una estructura segmentada por la que crecen, llamado tallo, el cual se compone de una cadena de fitómeros, uno sobrepuesto a otro en diferentes etapas de desarrollo. El fitómero consiste de nudos, entrenudos, vaina, lígula, lámina y yemas axilares, por lo que el crecimiento y desarrollo de fitómeros individuales dan como resultado la acumulación de forraje. Otra característica morfológica única del desarrollo, es que cada fitómero, después de la formación del meristemo apical pasa por un ciclo de vida similar a la de su predecesor (White y Hodgson, 1999b).

El fitómero de una gramínea, está integrado por hoja, nudo, entrenudo, meristemo axilar y meristemo intercalar. El número y longitud de fitómeros determina variaciones en macollos individuales y el arreglo espacial de los macollos determina la estructura de una planta: macollos intravaginales generalmente dan una forma de crecimiento compacta, en tanto que macollos extravaginales determinan mayor distancia entre ellos dando una forma de crecimiento circular y esparcida (Briske, 1991).

Los fitómeros crecen envejecen y mueren y son reemplazados por fitómeros jóvenes de manera secuencial y organizada, de tal manera que la forma y tamaño de la

planta se mantiene a pesar de la generación de nuevos fitómeros y la pérdida de los que mueren. Esta organización en gramíneas, derivada del desarrollo secuencial de fitómeros, confiere tanto la capacidad de sustitución de los que mueren, como la protección de los meristemas de crecimiento a daños provocados por la defoliación (White y Hodgson, 1999).

Por otra parte, en una asociación de gramíneas y leguminosas las unidades de crecimiento primario son los tallos y/o estolones, por lo que la pradera puede ser considerada como una población de ambos, de modo que el aumento en la producción de forraje puede atribuirse a incrementos en la densidad de tallos o estolones, al peso individual de cada uno de ellos o a una combinación de ambos. En estas circunstancias, la tasa de crecimiento de la pradera integra las tasas de crecimiento de sus tallos y/o estolones, y es influenciada por la tasa de aparición de nuevos tallos y/o estolones y por la tasa de crecimiento individual de cada uno. En cualquier pradera asociada los tallos y/o estolones están continuamente emergiendo, creciendo y muriendo, a tasas que varían de acuerdo con las condiciones ambientales, estación del año y manejo (Hodgson, 1990; Hernández-Garay et al., 1997).

El rendimiento de forraje depende del balance entre densidad de tallos y peso individual de cada uno. Al respecto, cuando la densidad de tallos es alta o la pradera se encuentra en estado vegetativo, el peso individual de tallos es más importante, por lo que la persistencia y producción de las especies forrajeras depende del balance entre producción de nuevos tallos y muerte de los ya establecidos (Hernández-Garay et al., 2002). El desarrollo vegetativo de la pradera depende de

que los tallos continuamente emerjan, crezcan y mueran en tasas que difieren dependiendo de las condiciones ambientales, estado de desarrollo y manejo. Este balance es afectado por la frecuencia y severidad de defoliación (Hernández-Garay et al., 1997).

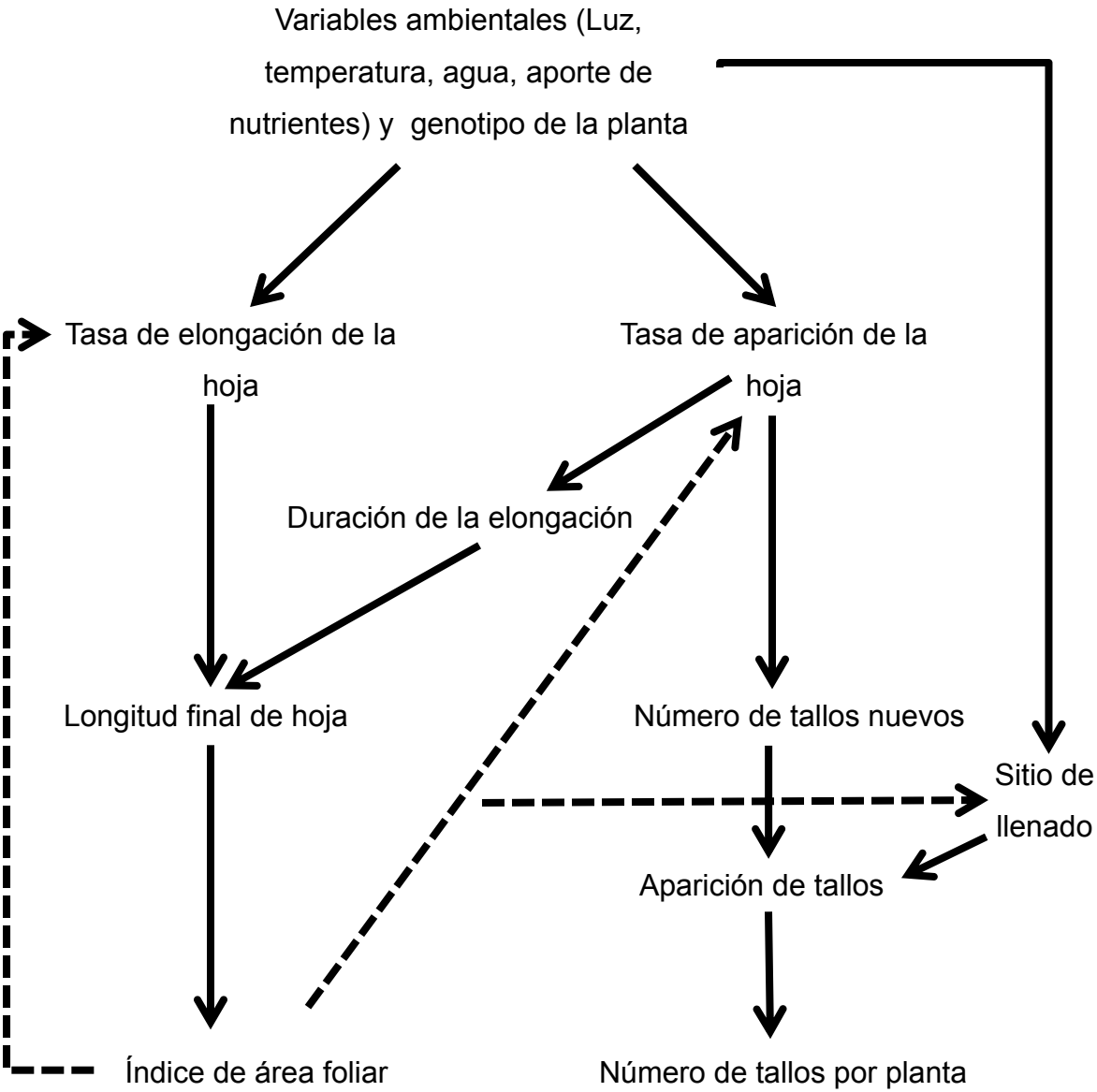


Figura 1. Relación medio ambiente – pastos o forrajes.

En especies perennes, la producción de forraje es una consecuencia de la tasa de aparición y muerte de tallos, lo cual determina la velocidad con que una pradera forma nuevo tejido y lo pierde por senescencia y descomposición (Valentine y Matthews, 1999). La aparición de tallos en las plantas es regulada por el IAF de la pradera y la primera causa de reducción, es la disminución progresiva de la tasa de aparición de hojas, conforme la pradera se desarrolla, como resultado de la respuesta de las plantas a cambios en la calidad de luz interceptada; así, conforme el sombreado llega a ser más severo, el sitio de llenado también es afectado (Skinner y Nelson, 1992; Lemaire, 2001).

2.5.3.1. Tasa de aparición y muerte de tallos

La persistencia de la pradera está directamente determinada por el efecto combinado del patrón estacional de aparición y muerte de tallos. En una pradera de Ballico perenne, tanto su persistencia, como la producción de forraje dependen del balance entre las tasas de aparición y muerte de tallos, el cual es afectado especialmente por la frecuencia e intensidad de defoliación (Hernández-Garay et al., 1999). Con cortes frecuentes se reduce la competencia por luz y aumenta la proporción de luz roja/(luz roja lejana + luz azul), de modo que la respuesta fotomorfogénica de la pradera es la formación de hojas cortas y alta densidad de tallos. Por el contrario, con defoliaciones poco frecuentes las plantas desarrollan hojas largas y reducen la tasa de aparición de tallos (Mazzanti et al., 1994; Lemaire, 2001).

2.5.3.2. Densidad y peso de tallos

Algunos estudios (Matthew et al., 1989a y 1989b), en praderas de Ballico perenne, han demostrado que el rendimiento de forraje puede incrementarse al aumentar el número de tallos y el crecimiento individual de cada uno. Da Silva et al. (1993; 1994) mencionan que los componentes de la pradera que contribuyeron al rendimiento variaron durante un periodo de estudio de dos años. Durante 1990/91, el crecimiento extra provino principalmente de Ballico perenne, pero en 1991/92 dependió principalmente del Trébol blanco. Estudios de tasa de recambio de tejido en praderas de Ballico perenne han permitido explicar los cambios en rendimiento de forraje al aplicar diferentes frecuencias e intensidades de pastoreo (Hernández-Garay et al., 1997). Estos autores observaron que el pastoreo afectó a los componentes del recambio de tejido, resultando en incrementos substanciales en producción neta de forraje por tallo y por m² en cinco y cuatro ciclos de evaluación durante un periodo de dos años.

2.6. Asociaciones de gramíneas y leguminosas forrajeras

La asociación de dos o más especies de gramíneas y leguminosas forrajeras tiene como principal ventaja que la producción de forraje se mantiene más o menos constante durante el año, eliminando casi totalmente su estacionalidad. Algunos autores (Zaragoza et al., 2009), señalan que las asociaciones permiten mejorar la calidad nutricional del forraje, ganancias de peso, productividad de los animales bajo pastoreo y disminuyen el uso de fertilizantes nitrogenados, ya que el nitrógeno es

aportado por la simbiosis que realizan con microorganismos del género *Rhizobium* spp.

El aprovechamiento adecuado de praderas puras o mixtas, requiere del conocimiento sobre el manejo agronómico, distribución estacional del rendimiento y respuesta a la defoliación. Sin embargo, el rendimiento de las plantas forrajeras está sujeto a un patrón de crecimiento, influenciado por la temperatura, humedad y nutrientes, que determinan la cantidad de biomasa por ciclo de producción, rendimiento estacional y anual (Matthew et al., 2001; Lemaire, 2001). Cuando se evalúan praderas mixtas con más de dos especies Sanderson et al. (2005) reportan que, en la época húmeda, no presentan diferencias en la producción de materia seca, con promedio de 9800 kg MS ha⁻¹ en todas las asociaciones evaluadas. Sin embargo, de acuerdo a estos autores, durante la época de estiaje, las praderas con menor número de especies asociadas (dos), produjeron menor cantidad de forraje que aquellas asociaciones con más de seis (4800 vs 7600 kg MS ha⁻¹). Lo anterior es importante, dado que las especies forrajeras expresan su aptitud diferencial ante las condiciones dinámicas del ambiente.

2.7. Composición botánica

La composición botánica es una variable que proporciona una expresión del comportamiento de las especies en una pradera y puede ser explicada por métodos que describen aspectos de productividad, crecimiento vegetal y especies que dominan la cubierta vegetal. Explicar la composición botánica, desde la perspectiva del efecto del pastoreo, puede revelar el porcentaje, nivel de importancia y atributos

de las especies que inciden en el rendimiento de forraje y ayudan a productores a mejorar las prácticas de manejo del pastoreo, para mantener la proporción de los componentes deseados en la pradera (Karsten y Carllassare, 2002). Al respecto, Camacho y García (2002), evaluaron cuatro variedades de alfalfa, asociadas con Trébol blanco, Ballico perenne, Festuca alta y Ovillo y encontraron que la estación del año afectó significativamente ($P < 0.01$) la altura de la pradera, registrándose la máxima en verano (54 cm) y la más baja, en invierno (33 cm). También observaron que la contribución de las especies al rendimiento de forraje varió con la estación del año: en primavera y verano, las gramíneas aportaron 28 y 27% del rendimiento, mientras que, las leguminosas sobresalieron con el 69% y que durante el otoño e invierno, las leguminosas solo aportaron el 61%.

2.8. Métodos para estimar el rendimiento de forraje

En el manejo de praderas, conocer la cantidad de forraje presente y el peso de los animales antes del pastoreo, permite determinar la asignación de forraje o carga animal óptima, para obtener el máximo aprovechamiento del recurso forrajero. Los métodos indirectos y no destructivos para estimar el rendimiento de forraje ayudan a reducir el tiempo de muestreo, en comparación con el muestreo por corte directo y, por consiguiente, tener una estimación rápida de la cantidad de biomasa presente en la pradera. Estas técnicas se basan en mediciones de altura, combinaciones entre peso y densidad de plantas, pero requieren de una calibración con métodos directos como el corte para obtener ecuaciones de regresión que permitan relacionar de una manera confiable la altura con la biomasa existente en la pradera (Castillo et al.,

2009). La precisión de los datos en estas técnicas depende de la habilidad y experiencia del que toma las muestras, esto con la finalidad de reducir el error experimental y obtener una correlación lo más estrecha posible entre la biomasa existente y la altura de la pradera (Campos et al., 2004; Fernández, 2004).

Castillo et al. (2009) mencionan que la medición de la materia seca presente antes del pastoreo debe ser rápida y precisa y es algo difícil de lograr con el corte directo debido a la cantidad de mano de obra, pero es mejor si se hace un doble muestreo al combinar con mediciones indirectas y rápidas, las cuales están altamente correlacionadas con el rendimiento de forraje, tal es el caso de altura de planta. La calibración simple, es el método estándar más usado como herramienta para estimar la masa de forraje por unidad de superficie. En investigaciones de campo, el costo de mano de obra para medir rendimiento de forraje por corte directo, a menudo limita el número de muestras tomadas. Sin embargo, los métodos indirectos, son efectivos, rápidos y permiten tener mayor cantidad de muestreos, por lo que mejoran la eficiencia en la toma de datos. Las estimaciones de altura con plato, regla o capacitancia son utilizados para proporcionar una estimación de masa de forraje (Rayburn y Lozier, 2007).

Los métodos de muestreo indirectos fueron utilizadas por Velasco et al. (2005) para evaluar rendimiento de forraje de Ballico perenne en praderas puras bajo diferentes frecuencias de corte, observaron que al aumentar la frecuencia de defoliación disminuyó el promedio de altura de planta y por tanto, el rendimiento de forraje en todas las estaciones del año. Particularmente en primavera y verano, al cortar cada seis semanas, las plantas dispusieron de mejores condiciones para crecimiento y

alcanzaron alturas significativamente diferentes al resto de las frecuencias. La mayor altura se registró en el verano (14.4 cm) y la menor (7.3 cm), en invierno.

Sin embargo, otros autores difieren en optar por una técnica en particular, debido a que se reportan distintos valores del coeficiente de determinación en las regresiones obtenidas. Por ejemplo, Ganguli et al. (2000) mencionan que la lectura de plato es mejor que la toma de datos con regla, ya que presenta mayor valor de r^2 (0.83 y 0.60, respectivamente). En contraparte Braga et al. (2009) observaron que el método de la regla graduada presentó un coeficiente de determinación mayor que el método del plato (0.91 y 0.82, respectivamente).

2.9. Conclusiones de revisión de literatura

El crecimiento y rendimiento de los forrajes varía a través del año como consecuencia de factores ambientales y de manejo, lo cuales, tienen mayor influencia en su crecimiento y rendimiento.

El rebrote después de una defoliación está influenciado principalmente por las reservas de carbohidratos, área foliar remanente y presencia de meristemas de crecimiento.

La productividad de una pradera depende del balance entre la densidad poblacional de tallos y su peso individual, como también, de la alta tasa de crecimiento foliar de las especies en la pradera.

La asociación de dos o más especies disminuye la estacionalidad en el rendimiento de forraje y favorece a la composición botánica de la dieta y la estabilidad de la pradera.

LITERATURA CITADA

Aizpuru I, Aseginolaza C, Uribe-Echeverría PM, Urrutia, Zorrakin IP. 1999. Claves ilustradas de la flora del País Vasco y territorios limítrofes. Servicio central de publicaciones del gobierno Vasco, Vitoria, España.

Allen PL.1997. Plantas comestibles. New York, USA: Houghton Mifflin Company.

Azcon BJ, Talon M. 1993. Fisiología y bioquímica vegetal. 1ª Ed. Madrid, España: Interamericana McGraw-Hill.

Azevedo MJ, Miranda FD, Nascimento JD, Menezes SP, Noronha FVC D, Melo ML. 2006. Características morfogênicas e estruturais de capim-massai submetido a adubação nitrogenada e desfolhação. Revista Brasileira de Zootecnia. 35 (3): 665-671.

Bahmani I, Hazard L, Varlet–Grancher C, Betin M, Lemaire G, Matthew C, Thom ER. 2000. Differences in tillering of long and short leaved perennial ryegrass genetic lines under full light and shade treatments. Crop Science. 40 (4):1095–1102.

Balfourier F, Imbert C, Charmet G. 2000. Evidence for the phylogeographic structure in Lolium species related to the spread of agriculture in Europe A cp DNA study. Theoretical and Applied Genetic. 101 (1/2): 131–138.

Bidwell RGS. 1979. Fisiología Vegetal. 1ª Ed. México: AGT Editor.

Bircham JD. 1981. The effects of change in herbage mass on herbage growth, senescence and net production rates in a continuously stoked mixed species sward. In: Wright C. E. (eds.): Plant physiology and herbage production. British Grassland Society, Hurley. 1981:85-87.

Bircham JD, Hodgson J. 1983. The influence of sward conditions on rates of herbage

growth and senescence in mixed swards under continuous grazing management. *Grass and Forage Science*. 38 (4): 323-331.

Braga GJ, Silveira PCG, Rodríguez HV, De Cerqueira LPH, Aparecido MA, and Barros MF. 2009. Quantifying herbage mass on rotationally stocked palisade grass pastures using indirect methods. *Science Agricola*. 66 (1): 127-131.

Briske DD. 1986. Plant response to defoliation: morphological considerations and allocation priorities. In: Joss PJ, Lynch PW, Williams OB (eds.) *Rangelands: A resource under siege*, Cambridge Univ. Press. 1986:425-427.

Briske DD. 1991. Development morphology and physiology of grasses. In: *Grazing Management: an ecological perspective*. Heitschmidt, R. K., Stuth J. W. (eds.). Timber Press, Portland, Oregon, USA. 1991:85-108.

Briske DD, Boutton TW, Wang Z. 1996. Contribution of flexible allocation priorities to herbivore tolerance in C₄ perennial grasses: an evaluation with 13 Clabelling. *Oecologia*. 105 (2):151-159.

Brock JL, Caradus JR, Hay MJM. 1989. Fifty years of White clover research in New Zealand. *Proceedings New Zealand Grassland Association* 50: 25-39.

Brock JL, Tilbrook JC. 2000. Effect of cultivar of white clover on plant morphology during the establishment of mixed pastures under sheep grazing. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 43 (3): 335-343.

Buxton DR, Fales SL. 1994. Plant environment and quality. In: Faher G. C. (Eds.). *Forage quality, evaluation and utilization*. Madison (Ne): University of Nebraska. American Society of Agronomy. 1994: 155-199.

Castro RR, Hernández-Garay A, Pérez PJ, Hernández GJ, Quero CAR, Enríquez

QJF, Martínez HPA. 2012. Comportamiento productivo de cinco asociaciones gramíneas-leguminosas bajo condiciones de pastoreo. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 35 (1): 87-95.

Camacho GJL, García MJG. 2002. Producción y calidad del forraje de cuatro variedades de alfalfa asociadas con Trébol blanco, Ballico perenne, Festuca alta y pasto Ovillo. *Veterinaria México*. 34 (2):149-177.

Campos PDS, Magalhães ALJ, Cóser AC, Carvalho CR. 2004. Rising plate meter and plant height to estimate the herbage mass in *Cynodon* ssp. Swards. *Ciencia Rural, Santa María*. 34 (2): 599-601.

Carllassare M, Karsten DH. 2002. Species contribution to seasonal productivity of a mixed pasture under two grazing height regimes. *Agronomy Journal*. 94 (4): 840-850.

Carrere P, Louault F, Soussana JF. 1997. Tissue turnover within grass-clover mixed swards grazed by sheep. Methodology for calculating growth, senesce and intake fluxes. *The Journal of Applied Ecology*. 34 (2): 223-348.

Castillo EG, Valles MB, Jarillo RJ. 2009. Relación entre materia seca presente y altura en gramas nativas del trópico mexicano. *Técnica Pecuaria en México*. 47(1):79-92.

Chapman DF, Lemaire G. 1993. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. *Proceedings of the XVII International Grassland Congress. New Zealand and Australia*. 1993: 95 -104.

Clark H, Newton PCD, Bell CC, Glasgow EM. 1995. The influence of elevated CO₂ and simulated seasonal changes in temperature on tissue turnover in pasture curves dominated by ryegrass (*Lolium perenne*) and white clover (*Trifolium repens*). *Journal*

of Applied Ecology. 32: 128-136.

Clerget B, Dinguhn M, Gozé E, Rattunde HFW, Ney BV. 2007. Variability of phyllochron, plastochron and rate of increase in height in photoperiod-sensitive sorghum varieties. *Annals of Botany*, 101 (4): 579-594.

CONAGRO. 2006. La ganadería en México. Documento informativo. <http://www.conagro.com/novedades/ganaderia.html>

Dasilva SC, Hernández-Garay A. 2010. Manejo del pastoreo en praderas tropicales. Velasco ZME, Hernández-Garay A, Perezgrova GRA, Sánchez MB (Eds.). *Forrajes y su Impacto en el Trópico*. Chiapas, México: Universidad Autónoma de Chiapas. 2010: 63-95.

Da Silva SC, Matthew CW, Matthews PNP, Hodgson J. 1993. Influence of spring grazing management on summer and autumn production of dairy pastures. *Proceeding of the XVII International Grassland Congress*. New Zealand and Australia. 1993: 859-860.

Da Silva SC, Hodgson J, Matthews PNP, Matthew CW. 1994. Effect of contrasting spring grazing management on summer-autumn pasture and milk production of mixed ryegrass-clover dairy swards. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* 54: 79-82.

Dale, B. E. 1983. Biomass refining: protein and ethanol from alfalfa. *Industrial Engineering Chemical Production Research Development*. 22 (3): 466-472.

Daly MJ, Hunter RM, Green GN, Hunt L. 1996. A comparison of multi-species pasture with ryegrass-white clover pastures under dry land conditions. *Proceeding New Zealand Grassland Association*. 58:53-58.

- Davidson** JL. 1968. Growth of grass plants. Proceedings of Australian Grassland Conference. Perth 2:125-137.
- Davies** A. 1988. The regrowth of grass swards. In: Jones M. B. and Lazenby A. (eds.). The Grass Crop. Chapman and Hall. London. 1988: 85-127.
- Deregibus** VA, Sánchez RA, Casal JJ. 1983. Effects of light quality on tiller production in *Lolium* spp. Plant Physiology. 72 (3): 900-902.
- Devesh** S. 2005. Cool season annual and perennial grass forages for California, a new perspective. In: Proceedings, California Alfalfa and Forage Symposium, 12-14 December, 2005. Visalia Ca. USA. <http://alfalfa.ucdaves.edu>.
- Durand** JL, Schäufele R, Gastal F. 1999. Grass leaf elongation rate as a function of developmental stage and temperature: Morphological analysis and modeling. Annals of Botany 83 (5): 577-588.
- Duran** TJA. 1996. Evaluación de variedades neozelandesas de trébol blanco (*Trifolium repens* L.) y ryegrass perenne (*Lolium perenne* L.) en su primer año en la joya, Veracruz [Tesis de licenciatura]. Edo. México: Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Zootecnia. México.
- Duru** M and Ducrocq H. 2000. Growth and senescence of the successive grass leaves on a tiller. Ontogeny development and effect of temperature. Annals of Botany. 85 (5): 635-643.
- Duthil** J. 1989. Producción de forrajes. 4ª edición. Ediciones Mundiprensa. España.
- Estrada A. J.** 2002. Pastos y forrajes para el trópico colombiano. 1ª Ed. Colombia: Universidad de Caldas.
- Enríquez** QJF y Romero M. 1999. Tasa de crecimiento estacional a diferentes

edades de rebrote de 16 ecotipos de *Brachiaria* spp. en Isla Veracruz. *Agrociencia*. 33 (2):141-148.

FAO. 2009. La FAO en México: Más de 60 años de cooperación 1945-2009. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). http://www.fao.org.mx/documentos/Libro_FAO.pdf

Fernández HH. 2004. Estimación de la disponibilidad de pasto. INTA, Estación experimental Balcarce, Área de producción animal, Balcarce, Buenos Aires, Argentina.

Gastal F, Matthew C. 2005. Long term tiller population dynamics in swards of grasses with contrasting persistence strategy. Proceedings XX International Grassland Congress. Dubling, Ireland. 2005: 203.

Gao Y, Wilman D. 1994. Leaf development in eight related grasses. *Journal Agricultural Science*. 123 (1): 41-46.

Gangulli AC, Vermeire LT, Mitchell RB, Wallace MC. 2000. Comparison of four nondestructive techniques for estimating standing crop in shortgrass plants. *Agronomy Journal*. 92 (6): 1211-1215.

Gillet, M. 1984. Las gramíneas forrajeras. Zaragoza, España: Ed. Acribia.

Gold WG and Calwell MM. 1989. The effects of the spatial pattern of defoliation on regrowth of a tussock grass responses. *Oecologia*. 80 (3): 289-296.

González ASX, Días SH, López TR, Aizpuru GE, Garza CHM, Sánchez RF. 2004. Consumo, calidad nutritiva y composición botánica de una pradera de alfalfa y gramíneas perennes con diferentes niveles de asignación de forraje. *Técnica*

Pecuaria en México. 42(1): 29-37.

Graming GG, Stoltenberg DE. 2007. Leaf appearance base temperature and phyllochron for common grass and broadleaf weed species. *Weed Technology*. 21(1): 249-254.

Hanson AA, Barnes RDK, Hill A. 1988. Alfalfa and alfalfa improvement. American Society of Agronomy Inc. Madison, USA.

Hendricson JR, Berdahl JD, Liebig MA, Karn JF. 2005. Tiller persistence of eight intermediate wheatgrass entries grazed at three morphological stages. *Agronomy Journal*. 97 (5): 1390-1395.

Hernández-Garay A, Martínez HPA, Mena UM, Pérez PJ, Enríquez QJF. 2002. Dinámica del rebrote en pasto Insurgente (*Brachiaria brizantha* Hochst. Stapf.) pastoreado a diferente asignación en la estación de lluvias. *Revista Técnica Pecuaria México*. 40(2): 193-205.

Hernández-Garay A, Matthew C, Hodgson J. 1999. Tiller size/density compensation in perennial ryegrass miniature swards subject to differing defoliation heights and a proposed productivity index. *Grass and Forage Science*. 54 (4): 347-356.

Hernández-Garay A, Hodgson J, Matthew C. 1997. Effect of spring grazing management on perennial ryegrass and ryegrass-white clover pastures. 1. Tissue turnover and herbage accumulation. *New Zealand Journal Agricultural Research*. 40 (1): 25-35.

Hodgson, J. 1979. Nomenclature and definitions in grazing studies. *Grass and Forage Science*. 34 (1): 11-18.

Hodgson J. 1990. *Grazing Management. Science into Practice*. Longman Scientific

and Technical. Essex, England.

Hodgson J, Da Silva SC. 2002. Options in tropical pasture management. In Proceedings: Annual Meeting of Brazilian Society of Animal Science, 39th, Recife, Brazil. 2002: 180-202.

Horrocks RD, Vallentine JF. 1999. Harvested Forages. Academic Press. Oval Road, London. United States of America.

Hughes HD, Heath ME, Darriel SM. 1981. Forrajes, la ciencia de la Agricultura basada en Producción de Pastos. México, D. F.: Compañía Editorial Continental, S. A.

Hunt R. 1990. Plant growth curves. The Functional Approach to Plant Growth Analysis. Edward Arnold. London, England.

Hyder DN. 1972. Defoliation in relation to vegetative growth In: V. B. Youngner and C. M. McKell (Eds.). The Biology and Utilization of Grasses. Academic Press. New York.

INEGI 2007. Superficie sembrada de los principales cultivos anuales en el año agrícola 2007, por cultivo.

<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/español/rutinas/ept.asp?t=agro08&s=est&c=5>

942

Jensen BK, Waldron BL, Asay KH, Johnson DA, Monaco TA. 2003. Forage nutritional characteristics of orchard grass and perennial ryegrass at five irrigation levels. Agronomy Journal. 95 (3): 668-675.

Jiménez MA y Martínez HPA. 1984. Utilización de praderas. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

Juárez LJF. 1997. Productividad del pasto estrella de África *Cynodon plectostachyus* en el trópico húmedo mexicano [Tesis de Maestría]. Edo. de México: Colegio de Postgraduados.

Juncafresca B. 1983. Forrajes, fertilizantes y valor nutritivo. 2ª edición. , España: Editorial Aedos Barcelona.

Karsten HD, MacAdam JW. 2001. Effect of drought on growth, carbohydrates, and soil water use by Perennial Ryegrass, Tall Fescue, and White Clover. *Crop Science*. 41 (1):156-166.

Karsten HD, Carlassare M. 2002. Describing the botanical composition of a mixed species northeastern U.S. Pasture rotationally grazed by cattle. *Crop Science*. 42 (3): 882-889.

Kigel J. 1980. Analysis of regrowth patterns and carbohydrate levels in *Lolium multiflorum* Lam. *Annals of Botany*. 45 (1): 91-101.

L'Huillier PJ. 1987. Effect of dairy cattle stocking rate and degree of defoliation on herbage accumulation and quality in ryegrass-white clover pasture. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 30 (2):149-157.

Lemaire G. 2001. Ecophysiology of grasslands aspects of forage plant populations in grazed swards. *Proceedings XIX International Grassland Congress*. Sociedade Brasileira de Zootecnia. Sao Pedro, San Paulo. Brasil.

Lemaire G, Agnusdei M. 2000. Leaf tissue turnover and efficiency of herbage utilization. In Lemaire G., et al. (eds.) *Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology*. CAB International, Wallingford, UK.

Ludlow MM. 1980. Stress physiology of tropical pasture plants. *Tropical Grasslands*.

1980: 136-145.

MacAdam JW, Volenec JJ, Nelson CJ. 1989. Effect of nitrogen on mesophyll cell division and epidermal cell elongation in tall leaf blades. *Plants Physiology*. 1989: 549-556.

Matthew C, Val Loo EN, Tom ER, Dawson LA, Care DA. 2001. Understanding shoot and root development. *Proceedings XIX International Grassland Congress*. Sao Paulo, Brasil.

Matthew C, Assuero SG, Black CK, Sackville NR. 2000. Tiller dynamics of grazed swards. In Lemaire, G. et al. (eds.) *Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology*, CAB International, Wallingford, UK.

Matthew C, Quilter SJ, Korte CJ, Chu ACP, Macckay AD. 1989. Stolon formation and significance for tiller dynamics in perennial ryegrass. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association* 50: 255-259.

Matthew C, Xia JX, Hodgson J, Chu ACP. 1989b. Effect of late spring grazing management on tiller age profiles and summer-autumn pasture growth rates in a perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) sward. *Proceedings of the XVI International Grassland Congress*. 1989: 521-522.

Mazzanti AG, Lemaire G, Gastel F. 1994. The effect of nitrogen fertilization upon herbage production of tall fescue swards continuously grazed with sheep. 1. Herbage growth dynamics. *Grass and Forage Science*. 49 (2): 111-120.

McKenzie BA, Kemp PD, Moot DJ, Matthew C, Lucas RJ. 1999. Environmental effects on plant growth and development. In: White J and Hodgson J (eds.). *New Zealand Pasture Crop Science*. Auckland, New Zealand: Oxford University Press.

- McNaughtton** SJ. 1983. Compensatory plant growth as a response to herbivoria. *Oikos*. 40 (3):329-336.
- Mata** PD. 1989. Rendimiento y composición química de seis gramíneas introducidas en una sábana del sureste del estado de Guárico. *Zootecnia Tropical*. 7(1): 69-80.
- Molitero** EA. 2002. Variables básicas que definen el comportamiento productivo de mezclas forrajeras en su primer año. *Agrociencia* 6 (1): 40-52.
- Monteith** LJ. 1997. Climate, In: Paulo de T. Alvim and T. T. Kozlowski (eds). *Ecophysiology of Tropical Crops*. Academic Press, New York, U. S. A.
- Muñoz** RA, Devesa JA, Talavera S. 2000. *Trifolium L.* In: Castroviejo et al. (eds): *Flora Ibérica, Vol. VII (II) [Leguminosae (partim)]*. Madrid, España: Servicio de publicaciones del CSIC.
- Muslera** PE y Ratera CG. 1991. *Praderas y Forrajes, Producción y Aprovechamiento*. 2ª Edición. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa.
- Navarro** L y Vázquez D. 1997. Efecto del nitrógeno y de la edad de rebrote sobre la producción de materia seca y el contenido de proteína cruda en *B. decumbens*. *Zootecnia Tropical*. 15 (2): 109-124.
- Núñez** HG, Hernández YC, Santamaría CJ, Márquez OJ. 1995. Producción de forrajes bajo condiciones limitadas de agua para riego. LALA. Ciclo Internacional de Conferencias sobre Nutrición y Manejo. Comarca Lagunera, Durango.
- Osman** AE, Abu Diek AA. 1982. Effects of defoliation on yield and forage quality of some tropical grasses, legumes and their mixtures. *Experimental Agriculture*. 18 (2): 157-166.
- Passioura** JB. 1982. Water in the soil-plant atmosphere continuum. In: O. L. Lange,

P. S. Nobel, C. B. Osmond, and H. Ziegler (eds.) Physiological plant ecology II. Water relations and carbon assimilation. Springer Verlag, New York. 12: 5-33.

Pérez BMT, Hernández-Garay A, Pérez PJ, Herrera HJG, Bárcena GR. 2002. Respuesta productiva y dinámica de rebrote del Ballico perenne a diferentes alturas de corte. Técnica Pecuaria en México. 40(3): 251-263

Perreta M y Vegetti A. 1997. Formas de crecimiento y efectos del corte en gramíneas forrajeras. Revista Fave 1/2: 68-80.

Ratray PV. 2005. Clover management, research, development & extension in the New Zealand pastoral industries. Report. Sustainable Farming Fund. Commissioned by Sustainable Farming Fund (SFF). New Zealand. <http://www.maf.govt.nz/sff/whats-on/rd-and-e-extension-report-clover.pdf>

Rayburn EB and Lozier JD. 2007. Alternative methods of estimating forage height and sward capacitance in pastures can be cross calibrated. <http://www.plantmanagementnetwork.org/pub/fg/research/2007/capacitance/>

Rechentín CA. 1956. Elementary Morphology of Grass Growth and How it affects utilization. Ninth Annual Meeting, American Society of Range Management, Denver, Colorado.

Richard JH, Joseph CN, Joseph MD. 1997. Malezas del Nordeste, (Ithaca, NY: Cornell University Press).1997: 236-237.

Richard JH. 1993. Physiology of plants recovering from defoliation. In: Proceedings of the XVII International Grassland Congress. New Zealand and Australia. 1993: 85-94.

Richard JH and Caldwell MM. 1985. Soluble carbohydrates, concurrent

photosynthesis and efficiency in regrowth following defoliation: A field study with *Agropyron* species. *Journal of Applied Ecology*. 22 (3): 907-920.

Rzedowski GC. 2001. Flora fanerógama del Valle de México. 2a ed. Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro, Michoacán, México.

SAGARPA 2006. Producción Agrícola en México. Centro de Estadística Agropecuaria. Servicio de información y estadística agroalimentaria y pesquera. <http://www.siap.gob.mx/>

Salisbury FB, Ross CW. 1992. *Plant physiology*. 4.ed. California:Wadsworth Publishing Company.

Sanderson MA, Soder KJ, Muller LD, Klement KD, Skinner RH, Goslee SC. 2005. Forage mixture productivity and botanical composition in pastures grazed by dairy cattle. *Agronomy Journal* 97 (5): 1465-1471.

Schnyder H, Schäufele R, Visser R, Nelson CJ. 2000. An integrated view of C and N uses in leaf growth zones of defoliated grasses. In: Lemaire G, Hodgson J, Morales A, Carvalho PC, Nibinger C. (eds.). *Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology*. Cambridge, UK: International. pp. 41-60.

Schultka W. 1984. Zusammenhänge zwischen Wuchsformen von Gräsern und Wirkungen der Beweidung in Kenia. *Oberhess. Naturwissenschaftliche Zeitschrift*. 48: 43-56.

Simpson RJ, Vulvenor RA. 1987. Photosynthesis, carbon partitioning and herbage yield. *Temperate Pastures*. pp. 113 – 114.

Skinner RH, Nelson CJ. 1992. Estimation of potential tiller production and site usage

during tall fescue canopy development. *Annals of Botany*. 70 (6): 493-499.

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

Smith D. 1972. Total nonstructural carbohydrate concentrations in the herbage of several legumes and grasses at first flower. *Agronomy Journal*. 64 (5): 705-706.

Speeding CRW. 1971. *Grassland Ecology*. Clarendon Press. Oxford, Great Britain.

Tomlinson KW, O'Connor TG. 2004. Control of tiller recruitment in bunchgrasses: uniting physiology and ecology. *Functional Ecology*. 18 (4): 489-496.

Turner NC, Begg JE. 1978. Responses of pasture plants water deficits. In: J.R.Wilson (ed.) *Plant Relations in Pastures*. Melbourne: CSIRO.

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

Velasco ZME, Hernández GA, González HVA. 2005. Rendimiento y valor nutritivo de Ballico perenne (*Lolium perenne* L.) en respuesta a la frecuencia de corte. *Técnica Pecuaria México*. 43(2): 274-258.

Velasco ZME, Hernández GA, González HVA., Pérez PJ, Vaquera HH, Galvis S A. 2001. Curva de crecimiento y acumulación estacional del pasto Ovillo (*Dactylis glomerata* L.). *Técnica Pecuaria en México*. 39(1): 1-14.

Wade HM and Carvalho FPC. 2000. Defoliation Patterns and Herbage Intake on Pastures. In: Lemaire G., Hodgson J., Moraes H., Nabinger C. and F.Carvalho P. (eds.). *Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology*, CAB International, Wallingford, UK. 2000: 233-248.

Waller SS, Moser LE, Reece PE, Gates GA. 1995. Understanding grass growth: the key to profitable livestock production. Trabon Printing Co. Inc.

Watkin B, Clements R. 1978. The effects of grazing animals on pastures. In: Wilson, J. R. (ed.). Plant relations in pastures. CSIRO, East Melbourne, Australia. 1995: 273-289.

White J, Hodgson J. 1999. Pasture establishment. In: Pasture and Crop Science. Oxford University Press. New Zealand. 1999: 104-106.

White J, Hodgson J. 1999b. Plant interactions in pastures and crops. In: Pasture and Crop Science. Oxford University Press. New Zealand. 1999: 45-55.

Wright W, Illius AW. 1995. A comparative study of the fracture properties of five grasses. Functional Ecology 9 (2): 269-278.

Zaragoza EJA. 2004. Dinámica de crecimiento y productividad de la alfalfa (*Medicago sativa* L.)-pasto Ovillo (*Dacylis glomerata* L.) con diferente manejo de defoliación [Tesis de Doctor]. Edo. de México: Colegio de Postgraduados.

Zaragoza EJA, Hernández-Garay A, Pérez PJ, Herrera HJG, Osnaya GF, Martínez HPA, González MS, Quero CAR. 2009. Análisis de crecimiento estacional de una pradera asociada alfalfa-pasto Ovillo. Técnica Pecuaria en México. 47(2): 173-188.

**CAPITULO 3. COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE ASOCIACIONES DE
PASTO OVILLO (*Dactylis glomerata* L.), BALLICO PERENNE (*Lolium perenne*
L.) Y TRÉBOL BLANCO (*Trifolium repens* L.)**

**COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE ASOCIACIONES DE PASTO OVILLO
(*Dactylis glomerata* L.), BALLICO PERENNE (*Lolium perenne* L.) Y TRÉBOL
BLANCO (*Trifolium repens* L.)**

Ever del Jesús Flores Santiago, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2013

RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar el rendimiento de forraje de pasto Ovillo (*Dactylis glomerata* L.) y Ballico perenne (*Lolium perenne* L.) en monocultivo y asociados con Trébol blanco (*Trifolium repens* L.), en su segundo año de crecimiento. Los tratamientos evaluados fueron: 20:40:40; 00:50:50; 40:20:40; 50:00:50; 20:70:10; 70:20:10 y 40:40:20 de pasto Ovillo (O), Ballico perenne (BP) y Trébol blanco (TB), respectivamente. Las asociaciones se distribuyeron de acuerdo a un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. Se midió rendimiento de forraje, altura de planta, radiación interceptada (RI, %) y composición botánica del forraje cosechado (%). Las asociaciones fueron defoliadas por ovinos (Suffolk x Dorset) de acuerdo con la estación del año (cada cinco, seis y cuatro semanas en otoño, invierno y primavera-verano, respectivamente). La asociación 00:50:50 obtuvo el mayor rendimiento anual (20 309 kg MS ha⁻¹ año⁻¹) lo que pudo deberse a la menor competencia entre plantas y al mayor aporte del trébol blanco al rendimiento total (12 735 kg MS ha⁻¹ año⁻¹) equivalente a un 63%. Se cosechó 24% más MS con la asociación 00:50:50, comparado con la asociación 40:40:20 (P<0.05). La producción estacional a través del año se distribuyó de la manera siguiente: en otoño-invierno 40 % y primavera-verano 60% (P ≤ 0.05). Trébol blanco fue la especie forrajera con

mayor porcentaje en el forraje cosechado (44%) seguida por pasto ovilla (39%) y ballico perenne (17 %).

Palabras clave: Rendimiento de materia seca, asociaciones de gramíneas y leguminosas, composición botánica.

**PRODUCTIVE PERFORMANCE OF ORCHARDGRASS (*Dactylis glomerata* L.),
PERENNIAL RYEGRASS (*Lolium perenne* L.) AND WHITE CLOVER (*Trifolium
repens* L.) ASSOCIATIONS**

Ever the Jesus Flores Santiago, M. Sc.

Postgraduate College, 2013

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the forage yield of orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) and perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) in monoculture and associated with white clover (*Trifolium repens* L.), in its second year of establishment. The treatments were: 20:40:40, 00:50:50, 40:20:40, 50:00:50, 20:70:10, 70:20:10 and 40:40:20 of orchard grass (O), perennial ryegrass (BP) and white clover (TB), respectively. These associations were distributed according to a randomized block design with three replications. The variables measured were forage yield, plant height, radiation interception (RI, %) and botanical composition of the harvested fodder (%). All the associations were defoliated by sheep (Suffolk x Dorset) according to each season of the year (five, six and four weeks in autumn, winter and spring-summer, respectively). The association 00:50:50 had the highest annual yield (20 309 kg DM ha⁻¹ yr⁻¹) which could be due to a less competition among plants and to a high white clover contribution to the total yield (12 735 kg DM ha⁻¹ years⁻¹) equivalent to 63%. It was harvested 24% more of DM with the association 00:50:50, compared with the association 40:40:20 (P <0.05). Seasonal production throughout the year was distributed as follows: in fall-winter 40% and spring-summer 60% (P ≤ 0.05). White

clover was the species with the highest percentage of harvested forage (44%) followed by orchardgrass (39%) and perennial ryegrass (17%).

Keywords: Dry matter yield, grass-legume associations, botanical composition.

INTRODUCCIÓN

La asociación de leguminosas forrajeras con gramíneas anuales o perennes, permite un establecimiento más rápido e incrementa la producción de forraje (Sengul, 2003; Kirwan *et al.*, 2007; Lüscher *et al.*, 2008; Nyfeler *et al.*, 2009), no solo porque se mejora la distribución estacional del rendimiento y la fertilidad del suelo (Zaragoza *et al.*, 2009), sino también porque mejora la distribución de la biomasa en los diferentes estratos de la pradera. Las praderas asociadas son preferibles por varias ventajas sobre las monófitas, entre las que destacan un mayor aprovechamiento del suelo por el diferente tamaño de raíces, mayor cobertura que impide la invasión de maleza, incremento en la capacidad de carga animal, mejor balance de proteína-energía en la ración (Sengul, 2003; Cab *et al.*, 2008), mejora de la gustocidad (Fulkerson *et al.*, 2007), disminución de pérdidas por condiciones climáticas adversas (heladas y sequía) debido a la formación de un microclima protector de la humedad y del descenso de la temperatura, así como, la mejora en la fijación de nitrógeno ambiental en el suelo (Thornley, 2001). Sin embargo, una de las desventajas es la tendencia del animal a consumir más una de las especies presentes (Dumont y Gordon, 2003) y en consecuencia a la dominancia en el tiempo de la menos apetecible.

A nivel mundial, el uso de leguminosas de clima templado como el trébol blanco (*Trifolium repens* L.), trébol rojo (*T. pratense*) y alfalfa (*Medicago sativa*), entre otras, asociadas a gramíneas, es un tema de gran importancia debido a las múltiples interacciones en la pradera (Cardinale *et al.*, 2007; Kirwan *et al.*, 2009) y al incremento en el contenido de proteína de la dieta. Al respecto, en la región templada de México, el trébol blanco puede contener en promedio de 168 a 270 g de proteína

cruda kg^{-1} MS (Cook *et al.*, 1990; Rojas *et al.*, 2005) y fijar de 57 a 232 kg de nitrógeno ha^{-1} (Zanetti *et al.*, 1996), y es preferida su asociación con gramíneas como el ballico perenne y pasto ovillo.

En monocultivo, el ballico perenne ha llegado a producir alrededor de 6,000 kg MS $\text{ha}^{-1}\text{año}^{-1}$ al cosecharse cada 28 días, obteniendo una mayor producción estacional durante el verano (Velazco *et al.*, 2005). Al ser cosechado cada 21 días a una altura promedio de 6-8 cm (Garduño *et al.*, 2009), se obtuvieron 7,780 kg MS ha^{-1} año^{-1} para la misma especie. Por otra parte, el pasto ovillo en monocultivo, produjo mayor rendimiento en primavera-verano al ser cortado cada 28 y 35 días (6 300 kg MS^{-1}) y cada 49 días en otoño (2 300 kg MS^{-1}) e invierno (3 000 kg MS^{-1}), respectivamente (Velazco *et al.*, 2001).

La asociación trébol blanco con pasto ovillo y ballico perenne ha llegado a rendir hasta un 52% más forraje cuando el porcentaje de trébol en la pradera fue de 40% y, puede alcanzar hasta 65% más cuando se cortó en primavera-verano a un intervalo de corte de 28 días. Lo anterior, sugiere que la cantidad y calidad del forraje cosechado puede ser mayor y sostenible con la asociación trébol blanco-gramíneas (Castro *et al.*, 2012). Ambos parámetros pueden ser afectados por el porcentaje de trébol y gramínea en el forraje cosechado en cada estación del año (Karsten y Carllassare, 2002), como consecuencia de la competencia entre componentes botánicos de la pradera (Scheneiter, 2005).

En la región templada de México, los patrones estacionales de producción de forraje están influenciados por variaciones en el clima, por lo que es importante conocer la velocidad de crecimiento estacional de las especies forrajeras más utilizadas. En

asociaciones de gramíneas y leguminosas es importante determinar la mejor asociación, desde el punto de vista de rendimiento anual, distribución estacional, valor nutritivo y persistencia de la pradera. Por tal motivo, el objetivo de esta investigación fue determinar la mejor asociación de pasto ovilla, ballico perenne y trébol blanco, a diferentes proporciones, desde el punto de vista de rendimiento estacional y anual.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Campo Experimental del Colegio de Posgraduados *Campus* Montecillo, Texcoco, Estado de México, en praderas de pasto Ovilla y Ballico perenne puras y asociadas con Trébol Blanco, en su segundo año de crecimiento. El suelo es un Typic ustipsamments (Ortiz, 1997) de textura franco arenosa, ligeramente alcalino (pH 7.8), con 2.4 % de materia orgánica. El clima es templado subhúmedo con lluvias en verano, precipitación y temperatura media anual de 645 mm y 15 °C, respectivamente y temperatura mínima promedio mensual de 11.6 °C y máxima de 18.4 °C, registradas en los meses de enero y mayo, respectivamente (García, 1988). Las temperaturas máximas, mínimas y medias, así como, la distribución de la precipitación del periodo de estudio se obtuvieron de la estación meteorológica del Colegio de Postgraduados, ubicada a 100 m del área experimental (Figura 1).

Los tratamientos evaluados fueron los pastos Ovilla y Ballico Perenne, solos y asociados con Trébol Blanco a diferentes proporciones: 100:00:00, 00:100:00, 20:40:40, 0:50:50, 40:20:40, 50:00:50, 20:70:10, 70:20:10, y 40:40:20 pasto ovilla,

ballico perenne y trébol blanco, respectivamente. El diseño experimental fue bloques completos al azar con tres repeticiones, el bloqueo fue por pendiente natural del terreno; la unidad experimental fue una parcela de 75.03 m² (12.3X6.1 m). Las parcelas no fueron fertilizadas pero si irrigadas en la época de seca e invierno, a intervalos de 15 días. Las parcelas fueron delimitadas con cerco eléctrico y defoliadas con ovinos Suffolk*Dorset a 5 cm de altura, cada cinco, seis y cuatro semanas en otoño, invierno y primavera-verano, respectivamente (Velasco, 2001; 2007).

VARIABLES MEDIDAS EN LA PRADERA Y CALCULADAS

Rendimiento de forraje. Para estimar el rendimiento de forraje se establecieron dos cuadros fijos de 0.25 m² en cada repetición, donde antes del pastoreo se cosechó el forraje presente a una altura aproximada de 5 cm sobre el nivel del suelo, con tijeras. El forraje cosechado se lavó para eliminar tierra, posteriormente se secó en estufa de aire forzado por 48 h a 55 °C, hasta peso constante y se pesó. Inmediatamente después, las praderas fueron defoliadas por ovinos a una altura aproximada de 5 cm. Con los registros de peso seco se calculó el rendimiento anual y estacional.

Altura de la pradera. Antes de cada pastoreo se midió la altura de la pradera con una regla (Hodgson *et al.*, 1999) de 100 cm y una precisión y división mínima de 1 mm, mediante 20 lecturas por unidad experimental elegidas al azar. La altura se registró cuando se tocó cualquier parte de la planta.

Radiación interceptada. Un día antes de cada pastoreo, se tomaron al azar cinco lecturas por repetición de la radiación interceptada con el método del metro de

madera sobre el suelo (Adams y Arkin, 1997). Las lecturas se realizaron aproximadamente a las 13:00 h (cuando el ángulo solar es alto y la intercepción de luz cambia al mínimo). El procedimiento consistió en colocar la regla en la superficie del suelo debajo del dosel, con orientación este-oeste. En cada ocasión se contaron los cm sombreados, mismos que al ser divididos entre la longitud total de la regla, representaron el porcentaje de radiación interceptada por el dosel.

Composición botánica. Del forraje cosechado para determinar rendimiento de forraje en el pastoreo efectuado a mediados de cada estación del año, se tomó una submuestra de aproximadamente 20% de la masa de forraje para separar los componentes botánicos; Trébol blanco, pasto Ovillo, Ballico perenne, hierbas de hoja ancha (maleza), otros pastos y material muerto. Cada componente botánico se separó en hoja y tallo y se colocaron en bolsas de papel previamente identificadas con la fecha de cosecha y el tratamiento correspondiente. Las bolsas con cada componente morfológico se expusieron a un período de secado de 48 horas a 55 °C. Al término del periodo de sacado se registró el peso seco de cada componente.

Análisis estadístico. Los valores de cada variable se organizaron por estación para hacer comparaciones entre tratamientos ($P \leq 0.05$) con el procedimiento PROC MIXED del paquete estadístico SAS (SAS Institute, 2002) para un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Se verificaron las condiciones de normalidad de todas las variables.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los rendimientos anuales y estacionales fueron diferentes ($P < 0.05$) entre asociaciones y monocultivos, las proporciones con mayor rendimiento anual fueron: 00:50:50, 20:40:40, 40:20:40, 50:00:50, 20:70:10 y 70:20:10 de pasto ovillo, ballico perenne y trébol blanco (Cuadro 1).

Cuadro 1. Rendimiento estacional y total (kg MS ha^{-1}) de diferente proporción de asociación gramínea-leguminosa.

Nivel de Asociación Ovillo-Ballico Perenne-Trébol Blanco											
EST	20:40:40	00:50:50	100:00:00	40:20:40	50:00:50	20:70:10	70:20:10	100:00:00	40:40:20	EEM	Media
OTO	3897 ABb	4073 Ac	3261 ABb	3435 ABc	3153 ABc	3185 ABc	3627 ABb	3318 ABab	2692 Bb	86	3405 c
INV	3999 Ab	4603 Abc	3283 BCb	4483 Abc	4066 Abc	4125 Abc	3421 ABb	2429 Bb	3346 ABb	143	3751 b
PRIM	6121 Aa	5973 Aa	3978 BCab	6264 Aa	5887 Aa	5749 Aa	5156 ABa	3516 Cab	4923 ABa	191	5285 a
VER	5889 Aa	5660 Aab	4928 ABa	5703 Aab	5308 Abab	5197 ABab	5286 ABa	4017 Ba	5390 Aa	140	5264 a
EEM	335	250	252	345	328	322	278	198	339		
TOTAL	19906 A	20309 A	15450 BC	19885 A	18414 AB	18256 AB	17490 AB	13280 C	16351 BC		

Medias con mayúsculas iguales por hilera no son diferentes ($P > 0.05$) y medias con minúsculas iguales por columna no son diferentes ($P > 0.05$; Tukey, 0.05). EMM= Error estándar de la media; Significancia *= $P < 0.05$; Prom= promedio.

Ovillo mostró el menor rendimiento con $13,280 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$. Trébol Blanco aportó el 63% del rendimiento anual en la proporción 00:50:50 de O: BP: TB (Cuadro 2).

Independientemente de la asociación, el rendimiento estacional (Cuadro 1), se distribuyó de la siguiente manera: 30, 30, 19, y 21% en primavera, verano, otoño e invierno, respectivamente. En otoño las asociaciones 00:50:50 y 40:40:20 de pasto ovillo, ballico perenne y trébol blanco, registraron el mayor y menor rendimiento

($P < 0.05$). No se observaron diferencias ($P > 0.05$) entre asociaciones en invierno, pero con una tendencia a menor rendimiento en los monocultivos. No se detectó diferencia ($P > 0.05$) entre las asociaciones en el rendimiento estacional en primavera y verano; en ambas estaciones el pasto Ovillo solo, presentó el menor rendimiento ($P < 0.05$).

La variación en el rendimiento estacional se atribuye a la respuesta de las especies a las condiciones ambientales en las cuales crecieron (Da Silva y Hernández-Garay, 2010). La mayor adaptación de ballico perenne a condiciones invernales explica porque algunas asociaciones fueron superiores a otras en otoño-invierno, contrario a Ovillo y Trébol Blanco que expresan su mayor rendimiento en condiciones de primavera-verano. La menor producción en otoño-invierno (Cuadro 1), se debió a las bajas temperaturas, y a la presencia de heladas que se registraron en ese periodo (Figura 1), y al fotoperiodo corto (Velasco *et al.*, 2001).

Durante primavera-verano la producción de forraje es favorecida por las condiciones climáticas que estimularon el buen crecimiento de las gramíneas y leguminosas incrementando la producción (Mooso y Wedin, 1990), aunado a una mayor tasa de aparición y expansión foliar como consecuencia de la mayor temperatura y humedad en el suelo (Velasco *et al.*, 2001; 2002).

La asociación 00:50:50 de pasto Ovillo, Ballico perenne y Trébol blanco (12 735 kg MS ha⁻¹) registró el mayor rendimiento anual de trébol blanco, siendo 282% superior al de la asociación 70:20:10 ($P \leq 0.05$). Independientemente de los porcentajes de Trébol blanco de las diferentes asociaciones, la distribución estacional promedio fue de 14, 27, 31 y 28%, para otoño, invierno, primavera y verano, respectivamente (Cuadro 2).

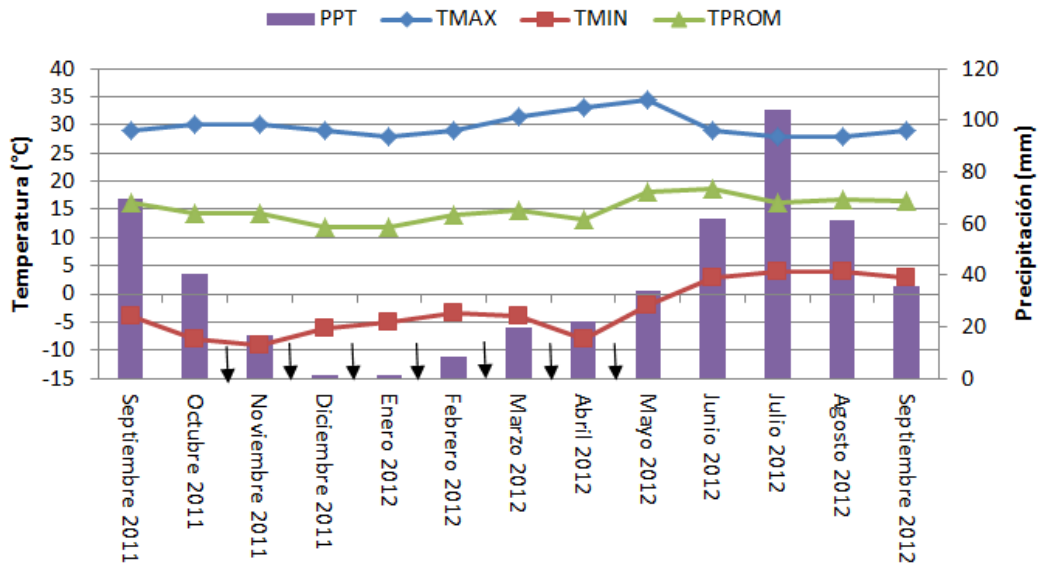


Figura 1. Características climáticas durante el periodo de estudio (Septiembre 2011 a junio 2012). Fuente: Estación meteorológica del Colegio de Posgraduados en Montecillo, Texcoco, Estado de México. Aplicación de riego (↓).

Durante otoño e invierno no se detectaron diferencias estadísticas entre asociaciones en el porcentaje de Trébol blanco. En contraste, en primavera y verano las asociaciones con 10 y 20% de Trébol blanco presentaron los menores rendimientos ($P < 0.05$); en primavera la asociación 00:50:50 de Ovilla, Ballico perenne y Trébol blanco mostró el mayor rendimiento estacional, superando en 253% a la asociación 70:20:10 ($P < 0.05$). En verano la asociación 20:40:40 produjo 150% más forraje de Trébol blanco que la asociación 40:40:20 de Ovilla, Ballico perenne y Trébol blanco (3 304 vs 1 309 kg MS ha⁻¹), atribuido a la disminución en el número de plantas de Ballico perenne y a un incremento en la población de plantas de Trébol blanco en la asociación lo que impacta de manera positiva el rendimiento de la asociación 20:40:40.

Cuadro 2. Rendimiento estacional y total (kg MS ha⁻¹) de diferentes proporciones en la asociación de dos gramíneas con una leguminosa.

Nivel de Asociación Ovillo-Ballico Perenne-Trébol Blanco											
EST	20:40:40	00:50:50	00:100:00	40:20:40	50:00:50	20:70:10	70:20:10	100:00:00	40:40:20	EEM	Prom.
Trébol Blanco (kg MS ha⁻¹)											
OTO	1403	2539	-	1732	1799	1348	896	-	814	158	1054 b
INV	1569	2740	-	2664	2420	2877	979	-	1048	207	2042 a
PRIM	2298 AB	4252 A	-	2499 AB	2782 AB	2011 B	1204 B	-	1301 B	251	2335 a
VER	3304 A	3205 AB	-	1635 AB	2161 AB	2007 AB	1432 AB	-	1319 B		2151 a
EEM	298	254	-	175	197	199	194	-	133		
TOTAL	8575 ABC	12735 A	-	8530 ABC	9163 AB	8244 BC	4509 C	-	4482 C		
Pasto Ovillo (kg MS ha⁻¹)											
OTO	754	-	-	933	946	971	1500	2495	723	149	1189 b
INV	1071	-	-	1346	1208	923	1247	1791	1314	102	1271 b
PRIM	2565	-	-	3178	2671	2362	2983	3116	2623	144	2785 a
VERA	2462 ABa	-	-	1316 ABa	2921 ABa	1078 Ba	2214 ABa	3743 Aa	2048 ABa	332	2255 a
EEM	265	-	-	400	311	288	358	242	315		
TOTAL	6852 AB	-	-	6773 AB	7746 AB	5334 B	7944 AB	11145 A	6709 AB		
Ballico Perenne (kg MS ha⁻¹)											
OTO	716	726	1781	510	-	445	554	-	491	197	746
INV	890 AB	1502 AB	2629 A	224 B	-	95 B	591 AB	-	489 AB	110	917
PRIM	617 AB	1136 AB	2884 A	62 B	-	988 AB	605 AB	-	587 AB	216	983
VERA	40	297	2233	1030	-	1831	995	-	1471	281	1128
EEM	142	171	167	232	-	288	262	-	243		
TOTAL	2263 B	3662 B	9527 A	1826 B	-	3359 B	2745 B	-	3038 B		

Medias con mayúsculas iguales por hilera no son diferentes ($P > 0.05$) y medias con minúsculas iguales por columna no son diferentes ($P > 0.05$; Tukey, 0.05). EMM= Error estándar de la media; Significancia *= $P < 0.05$; Prom= promedio.

Las asociaciones con 40 y 50% de Trébol blanco presentaron los mayores rendimientos anuales de forraje de esta especie, siendo particularmente importantes durante la primavera y el verano, como consecuencia de la presencia de la temperaturas óptimas para su crecimiento (Figura 1), a su excelente tolerancia al

pastoreo (Quero *et al.*, 2007), plasticidad y capacidad de fijar nitrógeno (Tallec *et al.*, 2008). Este comportamiento puede estar también relacionado con la mayor área foliar remanente después del pastoreo, debido a su hábito de crecimiento rastrero y a la presencia de hojas que le permiten a esta especie interceptar la radiación solar y capturar el dióxido de carbono (Arne y Mortensen, 1995; Hodgson, 1990).

La cantidad de forraje seco cosechado de pasto ovillo en las asociaciones durante el periodo de evaluación fue en promedio de 7 500 kg MS ha⁻¹ (Cuadro 2). Independientemente del porcentaje de inclusión de Ovillo en las asociaciones, el rendimiento total fue de 67% en primavera-verano y 33% en otoño-invierno, respectivamente ($P \leq 0.05$). Sin embargo, no se presentaron diferencias estadísticas ($P > 0.05$) en la contribución del pasto ovillo al rendimiento entre las asociaciones en las estaciones de otoño, invierno y primavera.

En contraste, en verano el mayor rendimiento lo obtuvo el Ovillo en monocultivo (11 145 kg MS ha⁻¹) superando en 40% el rendimiento de la asociación 70:20:10 (7 944 kg MS ha⁻¹), y en 109 % a la asociación 20:70:10 en la que Ovillo tiene el menor porcentaje de inclusión, lo que puede deberse a la disminución en el número de plantas de Ovillo en la asociación, y que en consecuencia, disminuyó su aporte al rendimiento.

El rendimiento en la asociación 70:20:10 en la que Ovillo estuvo presente en mayor porcentaje se cosechó 33% más de materia seca que con 20:70:10 durante el año, representando el mayor y menor rendimiento total entre asociaciones, respectivamente.

En primavera-verano, Ovillo incrementó su producción de materia seca, destacando el aporte de las asociaciones 40:20:40, 70:20:10 de pasto Ovillo, Ballico perenne y Trébol blanco en primavera y 50:00:50 en verano, en las cuales el porcentaje de inclusión en la asociación fue mayor (Cuadro 2) aunado quizás a una mayor tasa de crecimiento y disminución en la pérdida por senescencia (Hodgson, 1990; Daly *et al.*, 1996; MacKenzie *et al.*, 1999a; Lemaire, 2001; Matthew *et al.*, 2001) y a las condiciones ambientales en las que creció durante el periodo de estudio.

La cantidad de materia seca de Ballico perenne cosechado en las asociaciones fue en promedio de 2 816 kg MS ha⁻¹, la cual representó un 17% de la cantidad total de forraje cosechada durante el año (Cuadro 2). No se detectó diferencia estadística (P>0.05) entre estaciones en el rendimiento de forraje de las asociaciones con Ballico perenne; aun cuando se cosechó menos materia seca en el otoño, tal como lo han reportado algunos autores (Castro *et al.*, 2012). Entre tratamientos durante otoño y verano no se encontró diferencia (P>0.05).

El menor aporte al rendimiento del Ballico perenne se pudo deber a la disminución en el número de plantas de la especie en la asociación, probablemente debida al efecto de una mayor competencia (McKenzie *et al.*, 1999b).

Radiación interceptada

Todas las asociaciones registraron la mayor radiación interceptada en primavera-verano (P<0.05; Cuadro 3) superando a las registradas en otoño e invierno. En general, el porcentaje promedio de radiación solar interceptada (P<0.05) fue de 86, 88, 92 y 93% en invierno, otoño, primavera y verano, respectivamente. La

estacionalidad en el porcentaje de radiación interceptada, estuvo directamente asociado con la distribución estacional del rendimiento de forraje (Cuadro1; Cuadro 4).

Cuadro 3. Radiación interceptada (%), como promedio estacional, del dosel de diferentes proporciones en la asociación de dos gramíneas con una leguminosa.

EST	Asociaciones (Ovillo-Ballico perenne-Trébol blanco)									EEM	Prom.
	20:40:40	00:50:50	00:100:00	40:20:40	50:00:50	20:70:10	70:20:10	100:00:00	40:40:20		
OTO	89 ABab	90 ABab	84 BC	90 AB	91 AB	89 AB	88 AB	78 BCab	95 A	0.9	88 b
INV	84 BCb	83 BCb	75 C	86 AB	87 AB	89 AB	94 A	78 BCab	95 A	1.3	86 c
PRIM	96 Aa	93 ABa	84 BC	96 A	97 A	95 A	92 AB	76 Cb	95 A	1.4	92 a
VER	95 Aa	94 Aa	82 B	96 A	96 A	97 A	95 A	87ABa	96 A	1.1	93 a
EEM	1.6	1.6	1.7	1.3	1.1	1.1	1.1	1.8	0.6		

Medias con mayúsculas iguales por hilera no son diferentes ($P>0.05$) y medias con minúsculas iguales por columna no son diferentes ($P>0.05$; Tukey, 0.05). EMM= Error estándar de la media; Significancia *= $P<0.05$; Prom= promedio.

A mayor radiación estacional interceptada mayor rendimiento de forraje, independientemente de la asociación. Las especies en monocultivo presentaron la menor intercepción de luz durante todas las estaciones del año y el menor rendimiento de forraje. La asociación 40:40:20 fue la que presentó el 95% de intercepción luminosa en todas las estaciones del año. Los datos anteriores revelan que la capacidad de las asociaciones para interceptar la radiación solar depende del porcentaje de cada especie asociada y de las condiciones ambientales a las que fueron expuestas durante su crecimiento previo a cada cosecha (Frederick *et al.*, 1999; Horrocks y Vallentine, 1999; Da Silva y Hernández-Garay, 2010).

Altura de la pradera

La mayor altura de planta promedio se registró en verano (38 cm), superando en 42, 68 y 19% a otoño, invierno y primavera, respectivamente (Cuadro 4); durante la época invernal, se presentó la menor altura promedio en todos los tratamientos. En tanto, que la mayor altura (42 cm), la registró la asociación 20:70:10 en verano; y la menor altura en todas las estaciones del año la obtuvo la asociación 70:20:10 ($P \leq 0.05$). En general, la altura promedio de las praderas fue afectada significativamente por la estación del año. El monocultivo de Ballico perenne fue estadísticamente superior al monocultivo de Ovillo, en todas las estaciones del año ($P \leq 0.05$).

Cuadro 4. Altura promedio (cm) estacional de las plantas para diferentes proporciones en la asociación de dos gramíneas con una leguminosa.

EST	Asociaciones (Ovillo-Ballico perenne-Trébol blanco)									EEM	Prom.
	20:40:40	00:50:50	100:00:00	40:20:40	50:00:50	20:70:10	70:20:10	100:00:00	40:40:20		
OTO	28 b	28	29	28 ab	26 bc	26 b	25 b	20 ab	28 b	0.7	26 c
INV	24 ABb	25 A	25 A	25 Ab	23 ABc	24 ABb	19 ABb	13 Bb	23 ABb	0.9	22 d
PRIM	39 Aab	30 AB	31 AB	35 Aab	35 Aab	34 Aab	28 ABab	18 Bb	34 Aab	1	31 b
VER	41 ABa	32 AB	36 AB	39 ABa	41 ABa	42 Aa	38 ABa	30 Ba	39 ABa	1	38 a
EEM	2	1.2	1.4	1.7	2.3	2.4	2.4	2.1	2.2		

Medias con mayúsculas iguales por hilera no son diferentes ($P > 0.05$) y medias con minúsculas iguales por columna no son diferentes ($P > 0.05$; Tukey, 0.05). EMM= Error estándar de la media; Significancia

*= $P < 0.05$; Prom= promedio.

Los rendimientos de forraje (Cuadro 1) estuvieron relacionados con la altura de la planta (Cuadro 4); cuando se presentó un incremento en la altura el rendimiento de forraje fue mayor (60% de la producción total en primavera-verano). En otoño-

invierno las alturas fueron menores aunados a una menor cosecha de forraje (40%). Lo anterior, concuerda con la relación positiva que existe entre la altura y rendimiento de materia seca encontrada en otras investigaciones (Castro *et al.*, 2012).

Sin embargo, algunos autores mencionan que al usar este tipo de métodos (no destructivos) se sobrestima el rendimiento real de la pradera, con un error alrededor de 26 a 36%, respecto al corte; por lo que se hace hincapié en la importancia de calibrar estos métodos para reducir el error (Sanderson *et al.*, 2001).

Composición botánica

Destacó Trébol blanco como componente principal (26 a 66%) en las asociaciones, como consecuencia de su mayor capacidad para competir con especies de crecimiento erecto y tolerar la defoliación (Figura 2). Después de Trébol Blanco, pasto Ovillo resultó más tolerante a la asociación (28 a 45%) comparado con el Ballico perenne (13 a 22%), el cual tendió a desaparecer conforme transcurrieron las estaciones del año. El resto de los componentes botánicos no deseados presentes en el forraje cosechado tuvieron un porcentaje inferior al 11%. El mayor porcentaje de Trébol blanco lo presentó la asociación con el mayor rendimiento total por especie deseada (00:50:50; Cuadro 1, Cuadro 2).

La dominancia del trébol sobre las gramíneas puede ser resultado de la interacción que existe entre las especies presentes en la pradera y que condicionará la permanencia de éstas (Tallec *et al.*, 2008; Nyfeler *et al.*, 2011).

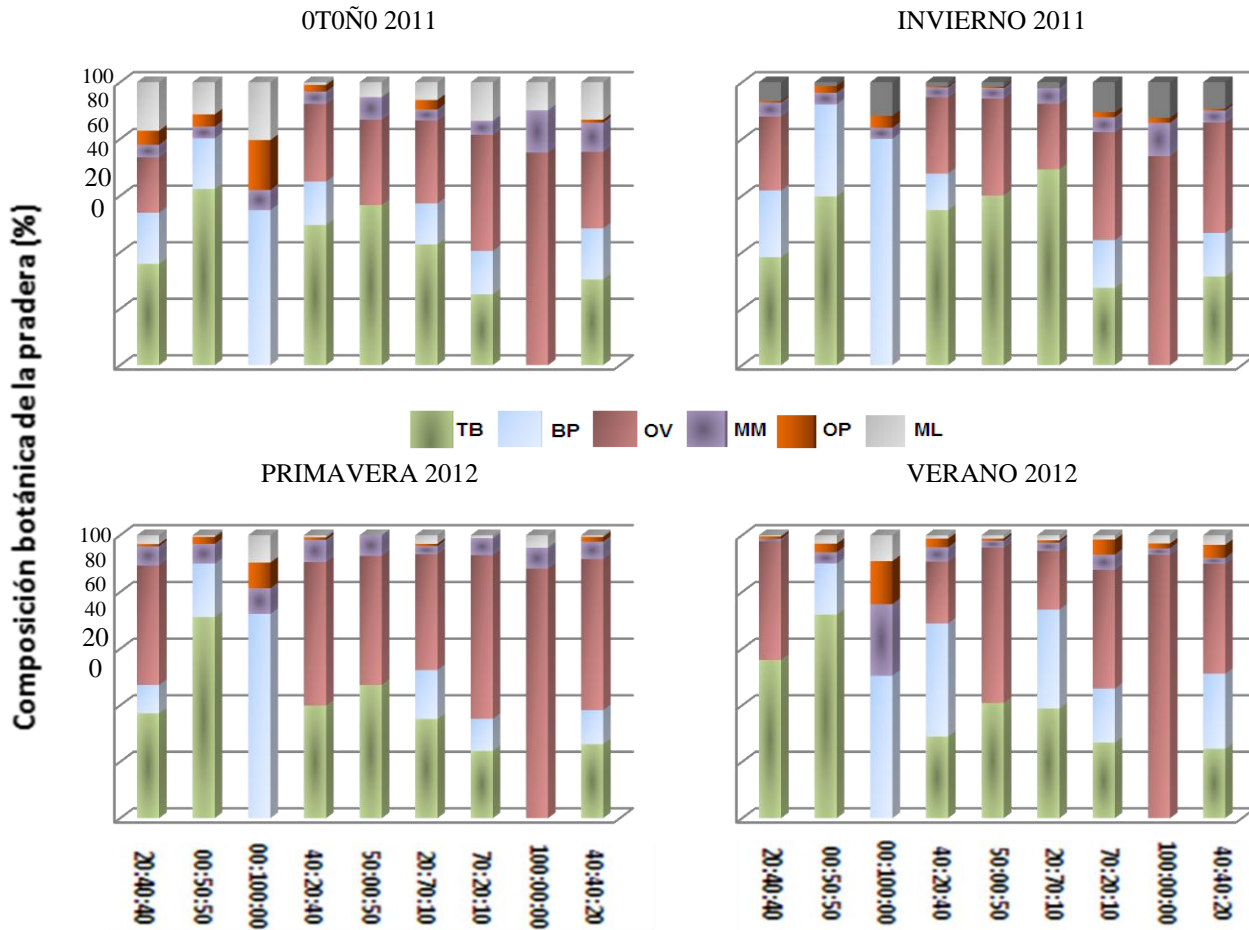


Figura 2. Porcentaje promedio de las especies deseables de diferentes proporciones en la asociación de dos gramíneas con una leguminosa. MM: Material muerto; OP: otros pastos; ML: maleza.

La intensidad de pastoreo pudo ser otro factor que permitió al trébol ser la especie dominante (Castro *et al.*, 2012). Por último, el comportamiento de los monocultivos fue similar; sin embargo, los resultados sugieren que Ballico perenne pudo haber sufrido mayor competencia por nutrientes en la pradera con maleza y otras especies de gramíneas nativas, generándose un efecto sobre su crecimiento, reproducción y sobrevivencia (McKenzie *et al.*, 1999b), ocasionando disminución en

número de macollos y por consiguiente, menor aporte al rendimiento y composición botánica, debido a que se perdieron las proporciones originales en la asociación.

CONCLUSIONES

Los mayores rendimientos de forraje lo registraron las asociaciones que incluyeron a las tres especies. El Trébol blanco mostró una alta persistencia en la pradera a través del año independientemente de la densidad de siembra. La presencia de Ballico perenne mostró una mayor dependencia a la densidad de siembra aplicada. En todas las praderas el rendimiento de forraje depende de la estación del año. La intercepción de radiación y altura de planta tienen una asociación positiva con rendimiento de forraje en todas las praderas.

LITERATURA CITADA

Adams JE, Arkin GF. 1977. A light interception method for measuring row crop ground cover. *Soil Science Society of America Journal*. 41 (4): 789-792.

Arne S, Mortensen LM. 1995. Growth and regrowth of *Phleum pratense*, *Lolium perenne*, *Trifolium repens* and *Trifolium pratense* at normal and elevated CO₂ concentration. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 55 (1): 29-35.

Castro RR, Hernández-Garay A, Vaquera HH, Hernández GJ de la Paz, Quero CAR, Enríquez QJF y Martínez HPA. 2012. Comportamiento productivo de asociaciones de gramíneas con leguminosas en pastoreo. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 35(1): 87-95.

Da Silva SC, Hernández-Garay A. 2010. Manejo del pastoreo en praderas tropicales.

Forrajes y su Impacto en el Trópico. 1^{era} Edición. México: Universidad Autónoma de Chiapas. 2010: 43-62.

Cab JFJ, Enríquez Q F J, Pérez P J, Hernández G A, Herrera H J G, Ortega J E, **Quero** C A R. 2008. Potencial productivo de tres especies de *Brachiaria* en monocultivo y asociadas con *Arachis pintoi* en Isla, Veracruz. Revista Técnica Pecuaria México. 46 (3): 317-332.

Cardinale BJ, Wright JP, Cadotte MW, Carroll IT, Hector A, Srivastava DS, Loreau M, Weis JJ. 2007. Impacts of plant diversity on biomass production increase through time because of species complementarity. Proceedings National Academy of Sciences of the U.S.A. 104 (46): 18123–18128.

Cook BG, Williams RJ, Wilson GPM. 1990. Register of Australian herbage plant cultivars. B. Legumes. 21. Arachis. (a) *Arachis pintoi* Krap. Et Greg. Nom. nud. (Pinto peanut) cv. Amarillo. Australian Journal of Experimental Agriculture. 30 (3): 445-446.

Daly MJ, Hunter RM, Green GN, Hunt L. 1996. A comparison of multi species pasture with ryegrass-white clover pastures under dry land conditions. Proceedings New Zealand Grassland Association. 58 (1): 53-58.

Dumont B, Gordon I. 2003. Diet selection and intake within sites and across landscapes. In: 't Mannelje, L., Ramírez-Avilés, L., Sandoval-Castro, C., Ku-Vera, J.C. (Eds.), Proceedings of the VI International Symposium on the Nutrition of Herbivores, Mérida. 2003: 175–194.

Fulkerson WF, Neal JS, Clark CF, Horadagoda A, Nandra KS, Barchia I. 2007. Nutritive value of forage species grown in the warm temperate climate of Australia for dairy cows: Grasses and legumes. Livestock Science. 107 (2–3): 253-264.

Frederick JR, Bauer PJ. 1999. "Physiological and Numerical Components of Wheat Yield", en Satorre, EH y GA. Slafer (eds.). *Wheat, Ecology and Physiology of Yield Determination*. Foot Products Press, Nueva York.

Garduño VS, Pérez PJ, Hernández-Garay A, Herrera HJG, Martínez HPA, Joaquín TBM. 2009. Rendimiento y dinámica de crecimiento estacional de ballico perenne, pastoreado con ovinos a diferentes frecuencias e intensidades. *Revista Técnica Pecuaria México*. 47(2):189-202.

García E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 1988: 217 p.

Hodgson J, Matthew PNP, Matthew C, Lucas RJ. 1999. Pasture measurement, *In: New Zealand Pasture and Crop Sci.* J White, J Hodgson (Eds). Auckland, N. Z. Oxford University. 1999: 59-65.

Horrocks RD, Vallentine JF. 1999. *Harvested forages*. London. USA: Academic Press.

Hodgson J. 1990. *Grazing management. Science into practice*. 1st ed. Harlow, England: Longman Scientific Technical.

Karsten HD, Carllassare M. 2002. Describing the botanical compositions of a mixed species northeastern U. S. Pasture rotationally grazed by cattle. *Crop Science*. 42 (3): 882-889.

Kirwan L, Connolly J, Finn JA, Brophy C, Lüscher A, Nyfeler D, Sebastià MT. 2009. Diversity-interaction modeling: estimating contributions of species identities and interactions to ecosystem function. *Ecology*. 90 (8): 2032–2038.

Kirwan L, Lüscher A, Sebastià MT, Finn JA, Collins RP, Porqueddu, C, Helgadóttir Á,

Baadshaug OH, Brophy C, Coran C, Dalmannsdottir S, Delgado I, Elgersma A, Fothergill M, Frankow-Lindberg BE, Golinski P, Grieu P, Gustavsson AM, Hoglind M, Huguenin-Elie O, Iliadis C, Jorgensen M, Kadziuliene Z, Karyotis T, Lunnan T, Malengier M, Maltoni S, Meyer V, Nyfeler D, Nykanen-Kurki P, Parente J, Smit HJ, Thumm U, Connolly J. 2007. Evenness drives consistent diversity effects in intensive grassland systems across 28 European sites. *Journal of Ecology*. 95 (3): 530–539.

Lemaire G. 2001. Ecophysiology of grasslands Aspects of forage plant populations in grazed swards. Proceedings XIX International Grassland Congress. Brazilian Society of Animal Husbandry Sociedade Brasileira de Zootecnia. Sau Paulo, Brasil. 2001: 29-37.

Lüscher A, Finn JA, Connolly J, Sebastia MT, Collins RP, Fothergill M, Porqueddu C, Brophy C, Huguenin-Elie O, Kirwan L, Nyfeler D, Helgadóttir Á. 2008. Benefits of sward diversity for agricultural grasslands. *Biodiversity*. 9 (1): 29–32.

Matthew CG, Val Loo EN, Tom ER, Dawson LA y Care DA. 2001. Understandings shoot and root development. Proceedings XIX International Grassland Congresses. São Paulo; Brasil. 2001:19-27.

MacKenzie BA, Kemp PD, Moot DJ, Matthew C, Lucas RJ. 1999a. Environmental effects on plant growth and development. *In:* White J, Hodgson J, editors. New Zealand Pasture C Sci. Auckland, N. Z: Oxford University Press. 1999: 29-44.

McKenzie BA, Valentine I, Matthew C and Harrington K C. 1999b. Plant interaction in pastures and crops. En J. White and J. Hodgson, Eds. New Zealand Pastures and Crop Sci. Oxford University Press, Auckland. 1999: 45-58.

Mooso GD, Wedin WF. 1990. Yield dynamics of canopy components in alfalfa-grass

mixtures. *Agronomy Journal*. 82 (4): 696-701.

Ortiz SC. 1997. Colección de monolitos. Montecillo, Texcoco, Edo. México. México: Depto. Génesis de suelos. Edafología, IRENAT. Colegio de Posgraduados.

Nyfelel D, Huguenin-Elie O, Suter M, Frossard E, Lüscher A. 2011. Grass–legume mixtures can yield more nitrogen than legume pure stands due to mutual stimulation of nitrogen uptake from symbiotic and non-symbiotic sources. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 140 (1–2):155-163.

Nyfelel D, Huguenin-Elie O, Suter M, Frossard E, Connolly J, Lüscher A. 2009. Strong mixture effects among four species in fertilized agricultural grassland led to persistent and consistent transgressive overyielding. *Journal of Applied Ecology*; 46 (3): 683–691.

Quero CAR, Enríquez QJF, Miranda JL. 2007. Evaluación de especies forrajeras en América tropical, avances o status quo. *Interciencia*. 32 (8): 566-571.

Rojas HS, Olivares PJ, Jiménez GR, Hernández CE. 2005. Manejo de praderas asociadas de gramíneas y leguminosas para pastoreo en el trópico. *Revista Electrónica de Veterinaria*. 6(5):1-19.

SAS Institute. 2002. *SAS User's Guide: Statistics*. 9th ed. Cary NC, USA. SAS Inst. Inc.

Sanderson MA, Rotz CA, Fultz SW, Rayburn EB. 2001. Estimating forage mass with a commercial capacitance meter, rising plate meter and Ruler. *Agronomy Journal*. 93 (6): 1281-1286.

Sengul S. 2003. Performance of some forage grasses or legumes and their mixtures under dry land conditions. *European Journal of Agronomy*. 19 (3): 401-409.

- Scheneiter** O. 2005. Mezclas de especies forrajeras perennes templadas. Jornada de Actualización Técnica en Pasturas Implantadas, Sumidea SA. Generación y Evaluación de Cultivares de Especies Forrajeras, INTA E.E.A Pergamino.2005: 15-28.
- Tallec** ST, Diquélou S, Lemauviel JB, Cliquet F, Lesuffleur A, Ourry. 2008. Nitrogen: sulphur ratio alters competition between *Trifolium repens* and *Lolium perenne* under cutting: Production and competitive abilities. European Journal of Agronomy. 29 (2-3): 94-101.
- Thornley** JHM. 2005. Simulating Grass-Legume Dynamics: a Phenomenological Submodel. Annals of Botany; 88 (5): 905-913.
- Velazco** ZME, Hernández-Garay A, González HVA. 2005. Rendimiento y valor nutritivo de ballico perenne (*Lolium perenne* L.) en respuesta a la frecuencia de corte. Revista Técnica Pecuaria México. 43 (2): 274-258.
- Velazco** ZME, Hernández-Garay A, González HVA, Pérez PJ, Vaquera HH. 2002. Curvas estacionales de crecimiento del ballico perenne. Revista Fitotecnia Mexicana. 25(1): 97-106.
- Velazco** ZME, Hernández-Garay A, González HVA, Pérez PJ, Vaquera HH, Galvis SA. 2001. Curva de crecimiento y acumulación estacional del pasto ovilla (*Dactylis glomerata* L). Revista Técnica Pecuaria México. 39 (1):1-14.
- Zaragoza** EJ, Hernández-Garay A, Pérez PJ, Herrera HJG, Osnaya GF, Martínez HPA, Gonzáles MS, Quero CAR. 2009. Análisis de crecimiento estacional de una pradera asociada alfalfa-pasto ovilla. Revista Técnica Pecuaria México. 47:137-188.
- Zanetti** S, Hartwig AU, Lusch A, Hebeisen T, Frehner M, Fischer UB, Hendry RG,

Blum H, and Nosberger J. 1996. Stimulation of symbiotic N₂ fixation in *Trifolium repens* L. under elevated Atmospheric pCO₂ in a grassland ecosystem. *Plant Physiology*. 112 (2): 575-583.

**CAPITULO 4. REBROTE Y ESTABILIDAD DE LA POBLACION DE TALLOS DE
PASTO OVILLO (*Dactylis glomerata* L.), BALLICO PERENNE (*Lolium perenne*
L.), SOLOS Y ASOCIADOS CON TRÉBOL BLANCO (*Trifolium repens* L.)**

**REBROTE Y ESTABILIDAD DE LA POBLACION DE TALLOS DE PASTO OVILLO
(*Dactylis glomerata* L.), BALLICO PERENNE (*Lolium perenne* L.), SOLOS Y
ASOCIADOS CON TRÉBOL BLANCO (*Trifolium repens* L.)**

Ever del Jesús Flores Santiago, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2013

RESUMEN

El objetivo de estudio fue determinar la dinámica poblacional de tallos de las gramíneas pasto Ovillo (O) y Ballico perenne (BP), solos y asociados a diferentes proporciones con Trébol blanco (TB) en condiciones de pastoreo. Los tratamientos fueron las combinaciones: 100:00:00, 00:100:00, 20:40:40, 00:50:50, 40:20:40, 50:00:50, 20:70:10, 70:20:10 y 40:40:20% de O: BP: TB, respectivamente. Se distribuyeron en 27 unidades experimentales, de acuerdo a un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Las variables evaluadas fueron: densidad de plantas (DP), densidad de población de tallos (DPT), tasa de aparición (TAT), tasa de muerte (TMT) y tasa de sobrevivencia de tallos (TST). La mayor DP promedio en TB, BP se presentó en verano y otoño-invierno en la asociación 00:50:50 de O: BP: TB con 21 y 13 plantas por m⁻², respectivamente (P<0.05). En O se registró durante el otoño con 25 plantas por m⁻² en la asociación 50:00:50 de O: BP: TB (P<0.05). En DPT los resultados muestran diferencias estadísticas (P<0.05) entre asociaciones en O y BP; sin embargo, se observó un comportamiento muy variable, siendo en la época de verano (736 tallos m⁻²) e invierno (422 tallos m⁻²) cuando se registraron las mayores densidades en O (50:00:50) y BP (00:50:50), respectivamente (P<0.05). La asociación 20:40:40 de O: BP: TB, presentó en diciembre la mayor TAT (7.3

tallos*100 tallos d⁻¹). La asociación 40:20:40 de O: BP: B obtuvo la mayor TMT con 5.4 tallos *100 tallos d⁻¹, durante el mes de marzo (P<0.05). En BP, la asociación 40:20:40 de O: BP: TB obtuvo la mayor TAT con 7.0 tallos*100 tallos d⁻¹, misma que en marzo presentó la mayor TMT al igual que 20:70:10, con 4 tallos*100 tallos d⁻¹ en abril, respectivamente (P<0.05). En general, pasto Ovillo presentó la mayor dinámica de tallos siendo las asociaciones 20:40:40 y 40:20:40 de O: BP: TB las que presentaron la mayor TAT y TMT.

Palabras clave: *Dactylis glomerata* L., *Lolium perenne* L., *Trifolium repens* L., densidad de tallos, tasas de aparición y muerte de tallos.

**REGROWTH AND STABILITY OF TILLER POPULATION IN ORCHARDGRASS
(*Dactylis glomerata* L.), PERENNIAL RYEGRASS (*Lolium perenne* L.), IN
MONOCULTURE AND ASSOCIATED WITH WHITE CLOVER (*Trifolium repens* L.)**

Ever the Jesus Flores Santiago, M. Sc.

Postgraduate College, 2013

ABSTRACT

The aim of study was to determine the tiller population dynamics of the orchard grass (O) and perennial ryegrass (BP) alone and associated with different proportions of white clover (TB) under grazing conditions. The treatments were the combinations: 100:00:00, 00:100:00, 20:40:40, 00:50:50, 40:20:40, 50:00:50, 20:70:10, 70: 20:10 and 40:40:20% O:BP:TB, respectively. They were distributed into 27 experimental units, according to a complete block design with three replications. The variables evaluated were: population density of tillers (DPT), rate of appearance (TAT), death rate (TMT) and tillers survival rate (TST). The results show significant differences ($P < 0.05$) among associations in DPT, in O and BP; however, it was observed a highly unstable performance, being in summer ($736 \text{ tillers m}^{-2}$) and winter ($422 \text{ tillers m}^{-2}$) when there were the highest densities in O (50:00:50) and BP (00:50:50), respectively ($P < 0.05$). The association 20:40:40 O: BP: TB, presented in December as TAT ($7.3 \text{ stems} * 100 \text{ stems d}^{-1}$). The association 40:20:40 O: BP:TB scored the highest TMT with $5.4 \text{ tillers per } 100 \text{ tillers d}^{-1}$ during March ($P < 0.05$). In BP, the association 40:20:40 O:BP:TB scored the highest TAT with $7.0 \text{ tillers per } 100 \text{ tillers d}^{-1}$, same as in March when showed the highest TMT as the 20:70:10 association, with $4 \text{ tillers per } 100 \text{ tillers d}^{-1}$ in April, respectively ($P < 0.05$). Overall, orchard grass had

the highest tiller dynamics being the 20:40:40 and 40:20:40 associations of O:BP:TB which had the highest TAT and TMT.

Keywords: *Dactylis glomerata* L., *Lolium perenne* L., *Trifolium repens* L., tiller density, appearance and death rates stems.

INTRODUCCIÓN

En sistemas extensivos de producción animal en los que la base alimenticia son gramíneas forrajeras asociadas o monocultivos, es un área de interés, debido a las múltiples interacciones suelo-planta-animal, afectando la producción y productividad de la pradera. Por consiguiente, es necesario considerar producción de forraje y persistencia como factores importantes para la sostenibilidad de estos sistemas de producción (Ramírez *et al.*, 2011).

Una pradera está compuesta por poblaciones de plantas, donde la unidad básica de crecimiento es el tallo (Hodgson, 1990). La densidad y dinámica de tallos es un indicador de su productividad y persistencia, caracterizada por cambios que ocurren a través del tiempo debido al clima y manejo (Islam y Hirata, 2005) en número, aparición y muerte de tallos (Interrante *et al.*, 2010).

La persistencia de una pradera depende de la capacidad de las especies para mantener alta densidad de tallos y renovar los tallos a través del año y de manera estacional, así como, la capacidad del macollo individual para mantener hojas vivas (Hirata y Pakiding, 2001; Da Silva *et al.*, 2008; Ramírez *et al.*, 2011). Los tallos tienen longevidad limitada y el sobrepastoreo es la causa de muerte más común, debido a que se consumen los meristemas de crecimiento (Auxiliadora-Fialho *et al.*, 2012). En este contexto Hernández–Garay *et al.* (1999), mencionan la importancia de asegurar el remplazo de tallos muertos como medida para mantener el rendimiento de materia seca y estabilidad de la población.

En praderas asociadas con pasto Ovillo, Ballico perenne y Trébol blanco, la densidad y dinámica de tallos dependerá del constante rebrote de la pradera influenciado por

el pastoreo y las condiciones del clima durante cada estación, a través del año. Chapman y Lemaire (1993), mencionan que las plantas no rebrotan en una pradera como individuos aislados, sino como miembros de una población, usualmente densa, donde la vegetación que las rodea ejerce influencia fuerte sobre las características inherentes de cada especie a través de la competencia interespecífica por agua, luz, nutrientes y espacio. Esto puede tener un impacto positivo o negativo sobre la densidad, tasa de aparición y muerte tallos de las especies presentes en la asociación. Estas características entre especies y cultivares influyen sobre la estabilidad de la población de tallos y determina la persistencia de la pradera.

En Ballico perenne el recambio de tallos presenta variaciones en tasa de aparición y muerte, que dependen del manejo de la pradera y estación del año. Hernández-Garay *et al.* (1997), evaluaron al Ballico perenne cv “Nui”, encontrando la mayor tasa de aparición de tallos durante el verano, lo que favoreció el incremento en la densidad de tallos, resultado que concuerda con lo encontrado por Velasco *et al.* (2007), quienes obtuvieron mayores aumentos en la densidad de tallos y, por consecuencia, las mayores tasas de aparición de tallos durante el verano e invierno.

En pasto Ovillo, Castro (2009) evaluó cinco asociaciones de pasto Ovillo, Ballico perenne y Trébol blanco en proporciones de 40:30:30, 40:00:60, 40:60:00, 40:40:20 y 40:20:40%, respectivamente. Encontró variación considerable en la tasa de aparición y dinámica de tallos atribuidas al porcentaje de inclusión de pasto Ovillo en las asociaciones. De manera general observó un pico máximo en la aparición de tallos en noviembre, manteniendo e incrementando la densidad de tallos hasta el final del estudio (febrero).

Los patrones estacionales de producción de forraje están influenciados por variaciones del clima, por lo que es importante conocer la estabilidad de la población (dinámica de aparición y muerte de tallos) durante cada estación. El conocimiento de la dinámica poblacional de tallos durante el año es una referencia esencial para el manejo de praderas. Por tal motivo, el objetivo de esta investigación fue estudiar el comportamiento de la densidad, tasa de aparición o rebrote y estabilidad de la población de tallos del pasto Ovillo y Ballico perenne, asociados en diferentes proporciones con Trébol blanco.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y duración del estudio

El estudio se realizó en el Campo Experimental del Colegio de Posgraduados, en el *Campus* Montecillo, Texcoco, Edo. de México, en praderas solas de pasto Ovillo (*Dactylis glomerata* L.) y Ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y asociadas con Trébol blanco (*Trifolium repens* L.), en su segundo año de crecimiento. El suelo es franco arenoso, ligeramente alcalino (pH 7.8), con 2.4% de materia orgánica y se clasifica como Typic ustipsamments (Ortiz, 1997). El clima es templado subhúmedo con lluvias en verano, precipitación media anual de 645 mm y temperatura media anual de 15 °C; con temperaturas promedio mensuales menores (11.6 °C) y mayores (18.4 °C) en los meses de enero y mayo, respectivamente (García, 1988; Figura 1). Las temperaturas máximas, mínimas y medias, así como, la distribución de la precipitación del periodo de estudio se obtuvieron de la estación meteorológica del

Colegio de Postgraduados, ubicada a 100 m del área experimental. Los datos se muestran en la figura 1.

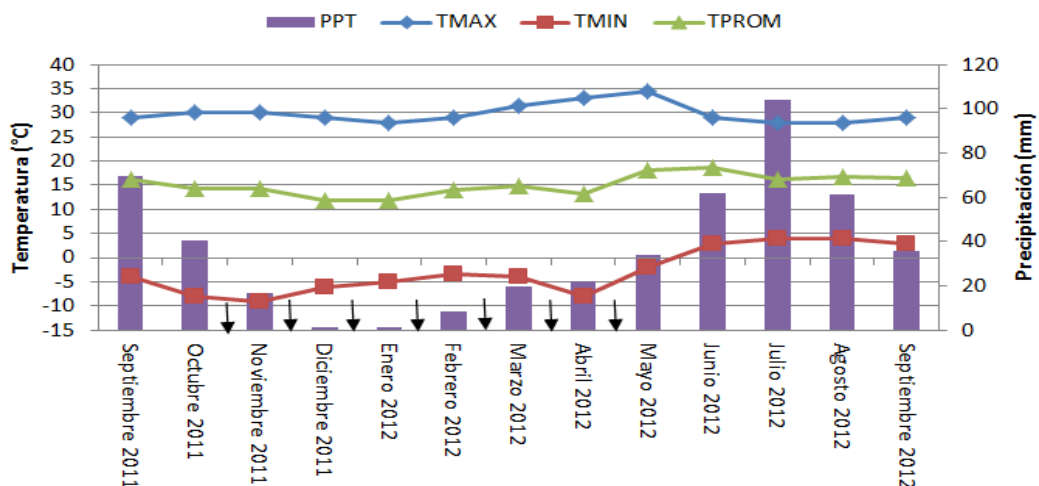


Figura 1. Características climáticas durante el periodo de estudio (Septiembre 2011 a junio 2012). Fuente: Estación meteorológica del Colegio de Posgraduados en Montecillo, Texcoco, Estado de México. Número de riegos (↓).

Se evaluaron dos gramíneas puras (pasto Ovillo y Ballico perenne) y siete diferentes porcentajes de ambas especies asociadas con Trébol blanco, después de un año de establecidas. Los tratamientos fueron las combinaciones 100:00:00, 00:100:00, 20:40:40, 00:50:50, 40:20:40, 50:00:50, 20:70:10, 70:20:10, y 40:40:20 (%) como porcentaje de pasto Ovillo (O), Ballico perenne (BP) y Trébol blanco (TB), respectivamente. Los tratamientos se distribuyeron al azar en 27 parcelas de 12.3 m de largo por 6.1 m de ancho, de acuerdo a un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. Los bloques se asignaron con base a la pendiente del terreno. Las praderas experimentales no fueron fertilizadas y sólo se irrigaron en la época de sequía, a intervalos de 15 días. Las praderas fueron delimitadas con cerco eléctrico y

defoliadas con ovinos de la cruce de las razas Suffolk con Dorset a 5 cm de altura, cada cinco semanas en otoño, seis semanas en invierno y cuatro semanas en primavera-verano (Velasco *et al.*, 2005; 2007) .

Variables estudiadas

Densidad de plantas

Al inicio del experimento se estableció un área al azar de un 1 m² dentro de cada parcela, en la cual se contabilizó el número de plantas de cada una de las especies presente en la asociación; también se fijaron, a nivel de suelo dos aros de PVC de 10.4 cm de diámetro, en los cuales se marcaron todos los tallos existentes con anillos de cable de un mismo color y se consideraron como población inicial. Cuando las praderas eran constituidas por la asociación de las dos especies de gramíneas, cada aro registraba una especie, lo mismo cuando la pradera solo contenía una especie. Posteriormente, cada mes, durante un año, los hijuelos nuevos se marcaron con anillos de diferente color, para diferenciar cada generación y los tallos muertos se contaron y se les retiró el anillo correspondiente. Estos valores se multiplicaron por el número de plantas m², y se estimó la densidad de tallos (DT; tallos m²) y sus respectivas tasas de aparición (TAT) y muerte (TMT; %), mediante la metodología sugerida por Carvalho *et al.* (2000), de acuerdo con las ecuaciones 1, 2 y 3.

DT = Número total de tallos vivos existentes en cada muestreo (Ec. 1)

TAT = (Número de tallos nuevos / DT del muestreo anterior) 100 (Ec. 2)

TMT = (Número de tallos muertos / DT del muestreo anterior) 100 (Ec. 3)

La tasa de supervivencia de tallos (TST) se obtuvo de manera indirecta por medio de la Ec. 4:

$$TST = 100 - TMT \text{ (Ec. 4).}$$

Análisis de datos

Para investigar el efecto de los tratamientos (asociaciones) sobre las variables de respuesta: densidad de población, tasa de aparición, muerte y supervivencia de tallos (considerando los meses del año del periodo de estudio) se utilizó el modelo de análisis de medidas repetidas mediante el procedimiento PROC MIXED del paquete estadístico SAS (SAS Institute, 2002), para un diseño de bloques completos al azar, con tres repeticiones. Para seleccionar la matriz de varianzas se utilizó el criterio de información de Akaike (Wolfinger, 1993). Las medias de las causas de variación (tratamientos, época del año y su interacción) se estimaron con el procedimiento LSMEANS y la comparación entre ellas se realizó por medio de la probabilidad de la diferencia (PDIF) con la prueba de “t” de Student, a un nivel de significancia de 5%. La demografía de tallos durante el estudio se presenta mediante un diagrama por cada intervalo de corte, con base a estadísticos descriptivos (promedios) de cada generación de tallos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cambios estacionales en la densidad de plantas de asociaciones de pasto Ovillo (O), Ballico perenne (BP) y Trébol blanco (TB)

Se registraron cambios estacionales en la densidad de plantas ($P < 0.05$) y entre

asociaciones (Cuadro 1). En general, la densidad de plantas promedio de pasto Ovillo (O) no presentó diferencia estadística entre estaciones ($P > 0.05$), manteniendo una densidad de plantas estable conforme transcurrió el periodo experimental, pasando de 22 por m^2 plantas en otoño a 21 plantas por m^2 en invierno. Diferentes resultados se presentaron en Ballico perenne, que disminuyó su densidad de plantas conforme avanzaba el periodo experimental, pasando de 11 plantas por m^2 en otoño a 4 plantas por m^2 en verano. Contrario a lo que sucedió con la leguminosa, ya que el Trébol blanco tendió a aumentar en todas las asociaciones conforme transcurrió el experimento, de 10 plantas por m^2 en otoño a 15 plantas por m^2 en invierno ($P < 0.05$).

La mayor densidad de plantas promedio en TB se presentó durante el verano en la asociación 00:50:50 de O: BP: TB con 21 plantas por m^2 ($P < 0.05$) y en O se registró durante el otoño con 25 plantas por m^2 en la asociación 50:00:50 de O: BP: TB ($P < 0.05$), en tanto que para BP fue en otoño e invierno con 13 plantas por m^2 en la asociación 00:50:50 de O: BP: TB, respectivamente ($P < 0.05$).

Los resultados obtenidos se pueden deber a su excelente tolerancia al pastoreo (Quero *et al.*, 2007) del TB y O, hábito de crecimiento, plasticidad y capacidad de fijar nitrógeno en TB (Tallec *et al.*, 2008) que permiten un rebrote vigoroso lo que se traduce en un incremento en la densidad de plantas por unidad de superficie.

La disminución en número de plantas de BP se pudo deber al efecto de competencia inter específica entre plantas de las especies presentes en la asociación, así como, a la competencia con la maleza presente en determinada época del año por luz y nutrientes del suelo (McKenzie *et al.*, 1999).

Cuadro 1. Cambios estacionales en la densidad de plantas de siete asociaciones y dos praderas puras de dos gramíneas y una leguminosa.

ASOCIACIONES (OVILLO: BALLICO PERENNE: TRÉBOL BLANCO)											
	20:40:40	00:50:50	00:100:00	40:20:40	50:00:50	20:70:10	70:20:10	100:00:00	40:40:20	PROM	EEM
DENSIDAD DE PLANTAS TREBOL BLANCO (PLANTAS M⁻²)											
OTO	9 b	12 b		11	12	9	8		10 b	10 c	0.86
INV	12 ABab	17 Ab		12 AB	12 AB	11 B	9 B		12 ABab	12 bc	0.88
PRIM	15 a	17 b		13	15	13	12		15 ab	14 bc	0.74
VER	14 Bab	21 Aa		14 B	16 AB	13 B	12 B		17 ABa	15 a	0.88
PROM	13 BC	16 A		12 BC	14 AB	12 BC	10 C		14 AB		
EEM	1.4	1.4		0.8	1	0.8	1		1.5		
DENSIDAD DE PLANTAS PASTO OVILLO (PLANTAS M⁻²)											
OTO	14 D			22 BC	25 AB	17 CD	23 BC	31 A	21 BCD	22	1.5
INV	13 C			20 BC	24 B	18 BC	24 B	32 A	19 BC	21	1.6
PRIM	14 C			19 BC	23 B	19 BC	20 BC	34 A	18 BC	21	1.5
VER	17 B			18 B	22 B	20 B	20 B	32 A	20 B	21	1.2
PROM	14 D			20 BC	23 B	18 CD	22 BC	32 A	20 BC		
EEM	0.7			1.3	1.5	1.1	1.8	1	1		
DENSIDAD DE PLANTAS BALLICO PERENNE (PLANTAS M⁻²)											
OTO	10 B	13 Ba	23 Aa	7 D		12 B	5 B		10 Ba	11 a	1.7
INV	8 B	13 Ba	24 Aa	6 B		10 B	5 B		10 Ba	11 a	1.8
PRIM	4 B	9 Bab	18 Aab	4 B		7 B	3 B		3 Bab	7 b	1.4
VER	2 B	4 ABb	12 Ab	2 B		2 B	1 B		2 Bb	4 c	0.83
PROM	6 CD	10 B	19 A	5 CD		8 BC	4 D		7 CD		
EEM	1.1	1.5	3.3	0.9		1.2	0.6		1.1		

Medias con mayúsculas iguales por hilera no son diferentes ($P < 0.05$), y medias con minúsculas

iguales por columna no son diferentes ($P < 0.05$). EMM= Error estándar de la media.

Demografía de tallos

Los diagramas de tallos muestran la supervivencia a través del tiempo del pasto Ovillo (Fig. 2) y Ballico perenne (Fig. 3), para cada generación que apareció entre mediciones sucesivas y su contribución a la población total de tallos en un momento determinado.

En pasto O la demografía de tallos presentó una gran variación en su comportamiento dependiendo de la asociación (Fig. 2). Las asociaciones 20:40:40, 50:00:50, 40:40:20 (O: BP: TB) y el monocultivo de O presentaron un incremento progresivo en la densidad de tallos de marzo a agosto ($P < 0.05$), al igual que 70:20:10 y 40:20:40 (O: BP: TB; $P > 0.05$). En contraste la asociación 20:70:10 (O: BP: TB), presentó una mayor estabilidad conforme transcurrió el periodo experimental.

Las mayores densidades en la demografía de tallos en las asociaciones estudiadas se presentaron durante los meses de junio (70:20:10 y 40:40:20), julio (40:20:40, 50:00:50, 20:70:10 y el monocultivo de O) y agosto (20:40:40) principalmente. De forma general se presentó en todas las asociaciones una ligera caída en su demografía de tallos durante el mes de noviembre, lo que pudo deberse a las bajas temperaturas que se presentaron durante el mes (Fig. 1).

Con respecto a BP, la variación en densidad de población de tallos fue muy variable. Sin embargo, a diferencia de pasto O la tendencia fue a disminuir su densidad de población de tallos conforme transcurrió el periodo experimental (Fig. 3). Este pasto se destacó en la mayoría de las asociaciones por un pico máximo en su demografía de tallos durante el periodo de invierno ($P < 0.05$), siendo el mes de diciembre donde se obtuvieron las máximas densidades de tallos a excepción de las asociaciones 00:50:50 y 70:20:10 (O: BP: TB) en las que se presentó en enero ($P < 0.05$). Las menores densidades de tallos se presentaron a finales del periodo experimental (septiembre), destacando la desaparición parcial de BP en número de plantas y por consiguiente en su demografía de tallos en todas las asociaciones.

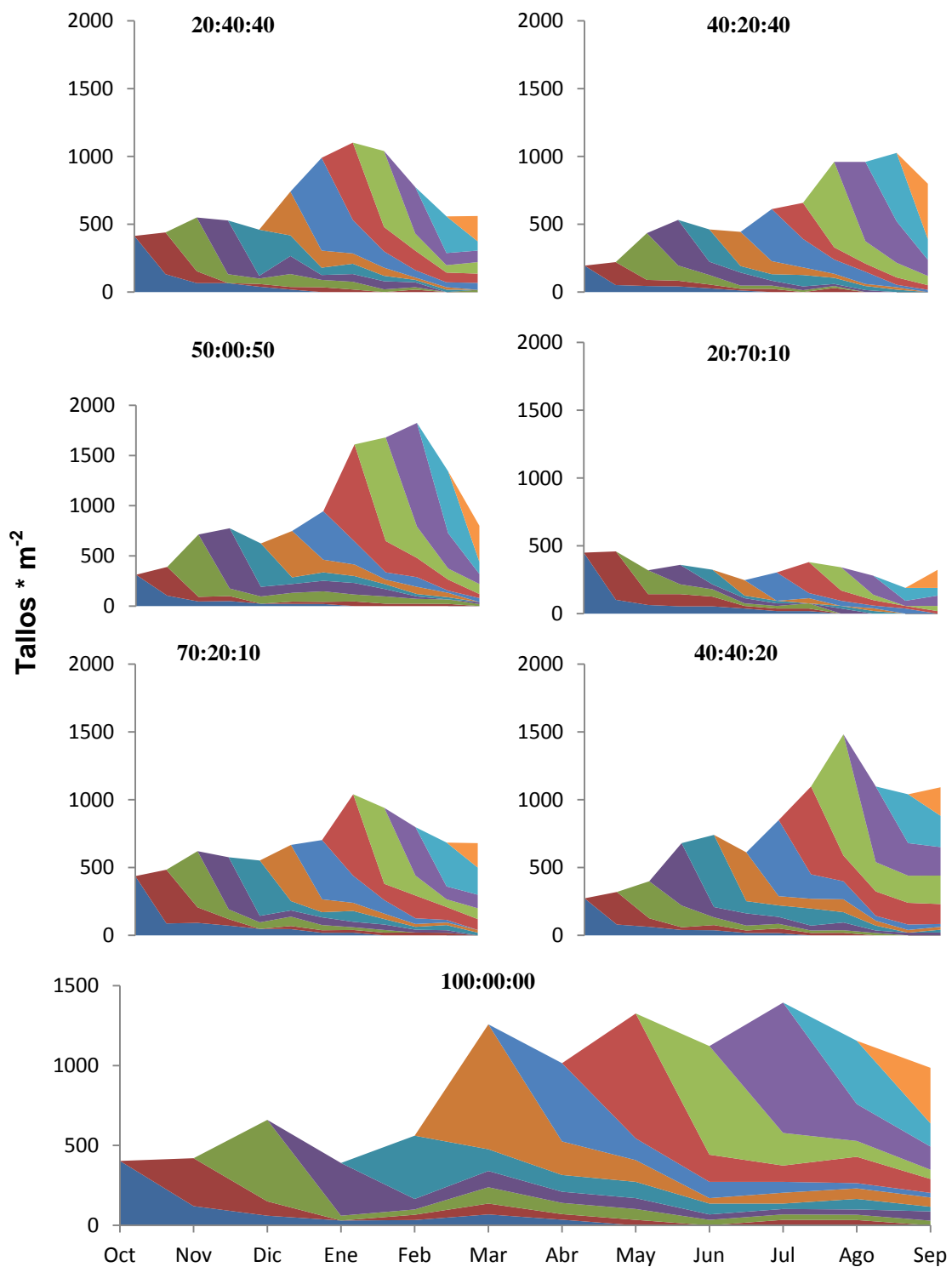


Figura 2. Cambios mensuales en la densidad de tallos de Ovillo en siete asociaciones de gramíneas-leguminosa (Ovillo: Ballico perenne: Trébol blanco).

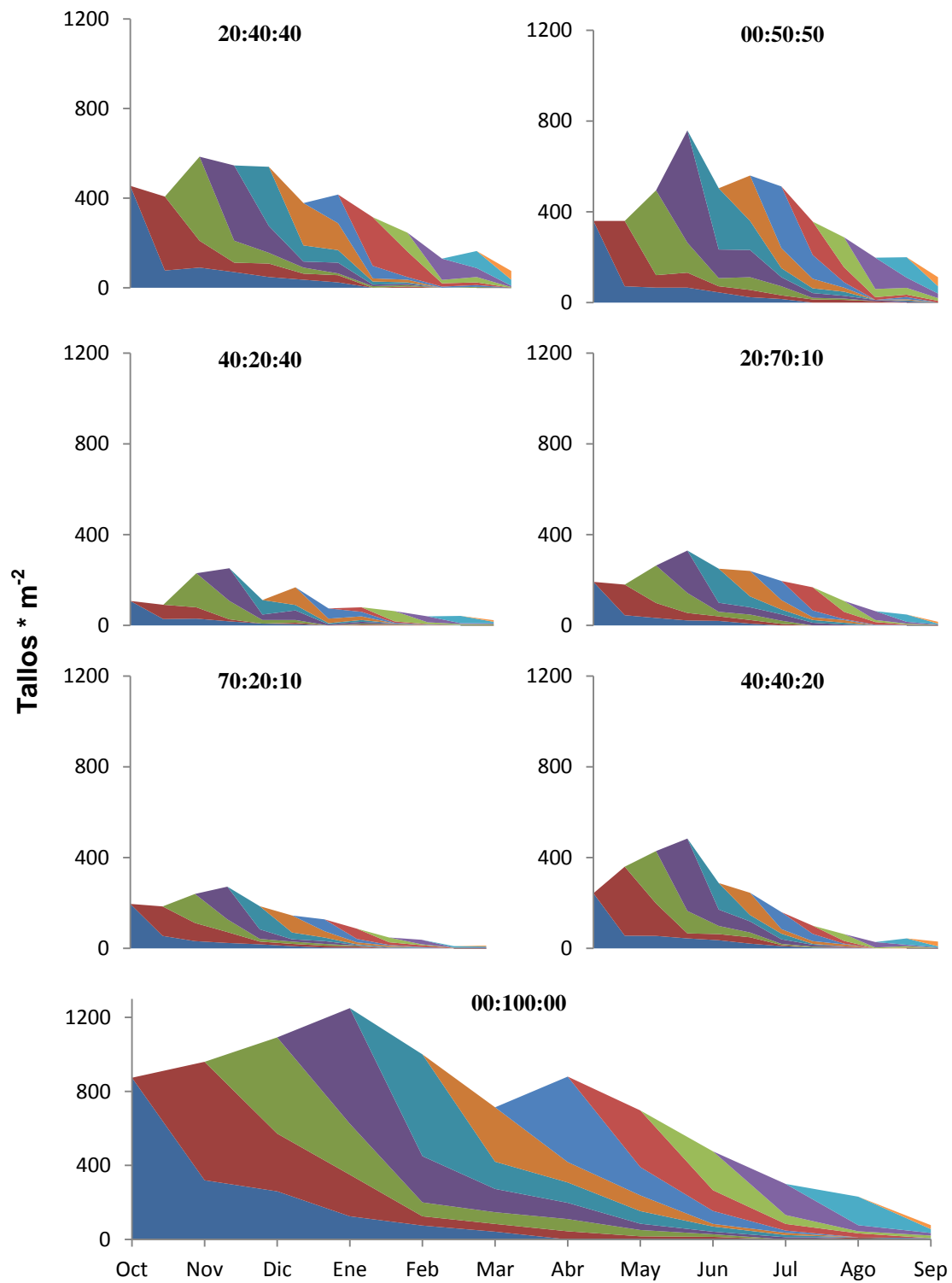


Figura 3. Cambios mensuales en la densidad de tallos de Ballico perenne en siete asociaciones de gramíneas-leguminosa (Ovillo: Ballico perenne: Trébol blanco).

Los resultados obtenidos en la demografía de tallos en pasto O y BP conforme transcurrió el periodo experimental se puede deber al efecto de la cantidad y calidad de luz incidente en la pradera, aspectos que variaron entre las estaciones del año y que dentro del dosel puede ser modificada por efecto del pastoreo (Baptaglin *et al.*, 2012). La luz incidente actúa sobre la activación del rebrote y por tanto en la producción de nuevas macollos (Deregibus *et al.*, 1983; Casal *et al.*, 1985), promoviendo diferencias en densidad de tallos en las diferentes estaciones (Difante *et al.*, 2008; Sbrissia *et al.*, 2010). En BP la disminución en la densidad de tallos se debió a la disminución en el número de plantas (Cuadro 1); al respecto Matthew *et al.* (2000) mencionan que la persistencia de una especie en la pradera está asociada al mantenimiento de su población de plantas y producción en el tiempo, vinculada a un equilibrio dinámico y armonioso entre la mortalidad y la aparición de tallos, de modo que los tallos muertos son remplazados por nuevos que mantiene al macollo en la pradera (Da Silva *et al.*, 2008). Si la sustitución del tallo falla y la muerte es más alta que la emergencia de nuevos de tallos, el pasto entra en degradación (Marshall, 1987).

Cambios mensuales en densidad poblacional de tallos (DPT) de pasto Ovillo

Las asociaciones 20:40:40, 40:40:20 y 50:00:50 O: BP: TB presentaron incremento progresivo en la densidad de tallos de marzo a agosto, disminuyendo su DPT conforme se acercaba la época de otoño; mientras que las asociaciones 20:70:10, 40:20:40 y 70:20:10 de O: BP: TB mantuvieron un comportamiento estable durante el periodo de evaluación (Cuadro 2). El monocultivo incrementó de manera progresiva

su densidad de tallos a partir de febrero, alcanzando tres picos máximos de producción en marzo, mayo y junio (Cuadro 2).

Cuadro 2. Densidad de población tallos de pasto ovillo en asociaciones de gramíneas-leguminosa.

ASOCIACIONES (OVILLO: BALLICO PERENNE: TRÉBOL BLANCO)								
	20:40:40	40:20:40	50:00:50	20:70:10	70:20:10	100:00:00	40:40:20	EEM
Densidad de población de tallos								
OCT	219 b	282	351 b	235	408	356 cd	244 c	41
NOV	195 b	236	325 b	196	338	308 cd	209 c	42
DIC	313 ab	269	387 ab	189	491	429 bcd	314 bc	49
ENE	313 ab	289	453 ab	220	420	340 cd	470 abc	40
FEB	269 ab	269	436 ab	254	502	404 cd	504 abc	46
MAR	333 Abab	271B	476 Abab	276 B	489 AB	678 Aabc	455 Ababc	50
ABR	393 ab	299	513ab	281	509	609 abcd	531 abc	53
MAY	493 ABCab	338BC	649Abab	265 C	446 ABC	793 Aa	616 ABCa	59
JUN	605 ABa	332BC	714 Aa	238 C	554 ABC	767 Aab	697 Aab	71
JUL	581 ABCa	341 C	736 ABa	314 C	456 BC	877 Aa	608 ABCab	73
AGO	621 Abab	305 BC	718 Aa	243 C	370 ABC	584 ABCabcd	506 ABCabc	62
SEP	529 ab	273	565 ab	219	266	403 cd	437 abc	44
EEM	37	33	47	22	49	41	42	

Medias con mayúsculas iguales por hilera no son diferentes ($P < 0.05$), y medias con minúsculas iguales por columna no son diferentes ($P < 0.05$). EMM= Error estándar de la media.

La densidad población de tallos (DPT) durante la época otoño-invierno no presentó diferencia significativa ($P > 0.05$) entre tratamientos; sin embargo, en primavera-verano al incrementar DPT por efecto de temperatura y humedad se presentaron diferencias estadísticas ($P < 0.05$) entre tratamientos, a excepción de los meses de marzo y septiembre. La asociación 50:00:50 O: BP: TB presentó la mayor DPT en el mes de julio (736 tallos m^{-2}), superando en 5.6, 18.5, 32.8, 115.8 y 134.4 % a las

asociaciones 40:40:20, 20:40:40, 70:20:10, 40:20:40 y 70:70:10, respectivamente ($P < 0.05$).

La menor DPT se presentó durante el mes de diciembre ($189 \text{ tallos} \cdot \text{m}^{-2}$) en la asociación 20:70:10 de O: BP: TB, siendo menor 289% a la asociación 50:00:50 ($P < 0.05$). El monocultivo de Ovillo (100:00:00) fue superior 19.2 y 364% a las asociaciones 50:00:50 y 20:70:10, respectivamente.

Los resultados obtenidos son similares a los reportados por Castro (2009), en DPT con incremento progresivo en densidad de tallos de febrero a julio en asociaciones con mayores porcentajes de Ovillo (30, 40 y 60%).

Tasa de aparición (TAT) y tasa de muerte de tallos (TMT) de pasto Ovillo

Los cambios estacionales en dinámica de ahijamiento de Ovillo, indican que no se registraron diferencias estadísticas entre las asociaciones ($P > 0.05$) durante todo el periodo de estudio tanto en la tasa de aparición de tallos (TAT) y como en la tasa de muerte de tallos (TMT) a excepción de los meses de diciembre, enero, marzo y julio para TAT y febrero y marzo para TMT ($P < 0.05$; Cuadro 3).

Las mayores TAT de pasto ovillo ocurrieron en la transición otoño-invierno (diciembre-enero). La asociación 20:40:40 presentó la mayor TAT ($7.3 \text{ tallos} \cdot 100 \text{ tallos d}^{-1}$), superando a las asociaciones 50:00:00, 40:40:20, 20:70:10, 40:20:40 y 70:20:10 de O: BP: TB, respectivamente ($P < 0.05$). La asociación 40:20:40 registró la menor TAT durante el periodo de evaluación ($2.0 \text{ tallos} \cdot 100 \text{ tallos d}^{-1}$). El monocultivo de Ovillo fue superado en 37.7% por la asociación 20:40:40; sin embargo, el pasto ovillo solo superó en 165% a la asociación con la menor TAT (40:20:40).

Cuadro 3. Tasa de aparición y muerte de tallos de pasto ovillo en asociaciones de gramíneas-leguminosa.

ASOCIACIONES (OVILLO: BALLICO PERENNE: TRÉBOL BLANCO)								
	20:40:40	40:20:40	50:00:50	20:70:10	70:20:10	100:00:00	40:40:20	EEM
Tasa de aparición de tallos (tallos *100 d⁻¹)								
OCT	2.7 b	2.0 b	2.7 b	3.0 ab	2.3 b	2.3 c	2.3 b	0.11
NOV	2.7 b	2.7 ab	3.0 ab	3.0 ab	3.0 ab	2.7 c	3.0 ab	0.10
DIC	7.3 Aa	3.7 Bab	3.7 Bab	3.0 Bab	4.7 Ba	4.3 Babc	5.0 Ba	0.59
ENE	3.3 ABb	4.7 Aa	5.0 Aa	4.7 Aab	3.3 Abab	2.3 Bc	4.7 Aa	0.38
FEB	3.0 b	3.0 ab	3.7 ab	4.0 ab	4.0 ab	5.0 ab	3.3 ab	0.29
MAR	3.7 ABb	3.3 ABab	3.3 ABab	3.0 Bab	3.3 ABab	5.3 Aa	3.0 Bab	0.21
ABR	4.0 b	3.7 ab	3.7 ab	3.0 ab	3.0 ab	3.0 bc	5.0 a	0.26
MAY	4.0 b	3.7 ab	4.0 ab	3.7 ab	3.0 ab	4.3 abc	4.0 ab	0.20
JUN	4.0 b	3.3 ab	3.7 ab	2.7 b	4.3 ab	3.3 abc	3.7 ab	0.21
JUL	3.7 ABb	3.0 ABab	3.3 ABab	5.0 Aa	2.7 Bab	3.7 ABabc	3.0 ABab	0.21
AGO	3.3 b	3.7 ab	3.3 ab	2.7 b	2.7 ab	2.3 c	3.3 ab	0.20
SEP	3.0 b	3.0 ab	3.0 ab	3.0 a	2.3 b	2.7 c	3.3 ab	0.15
EEM	0.35	0.16	0.18	0.21	0.18	0.23	0.22	
Tasa de muerte de tallo (tallos *100 d⁻¹)								
OCT	1.0 b	1.2 b	0.8 b	0.7 c	0.8 b	0.8 c	0.7 b	0.11
NOV	1.4 ab	2.7 b	1.0 ab	0.8 c	1.6 ab	1.0 bc	1.0 b	0.31
DIC	1.5 ab	1.5 b	0.4 b	0.9 bc	1.7 ab	0.7 c	1.0 b	0.21
ENE	1.4 ab	2.0 ab	2.1 ab	2.9 abc	1.8 ab	2.8 abc	1.2 ab	0.21
FEB	2.3 BCab	3.5 ABb	2.4 BCab	1.1 Cbc	2.1 BCab	4.9 Aa	1.3 BCab	0.44
MAR	1.9 Bab	5.4 Aa	3.3 ABa	1.9 Babc	1.9 Bab	3.3 ABab	1.5 Bab	0.41
ABR	2.7 ab	3.3 ab	1.9 ab	3.6 a	1.6 ab	3.0 abc	2.3 ab	0.24
MAY	3.1 ab	2.9 b	2.1 ab	3.8 a	2.4 ab	3.0 abc	2.9 ab	0.30
JUN	3.0 ab	3.6 ab	1.5 ab	3.2 ab	2.9 ab	2.0bc	2.8 ab	0.26
JUL	2.7 ab	1.6 b	1.4 ab	3.5 a	2.3 ab	2.0bc	2.2 ab	0.29
AGO	2.8 ab	3.3 ab	1.4 ab	1.9 abc	2.9 ab	1.6bc	3.5 a	0.26
SEP	3.3 a	2.4 b	1.7 ab	3.6 a	3.6 a	2.4bc	2.9 ab	0.40
EEM	0.22	0.33	0.20	0.28	0.20	0.32	0.18	

Medias con mayúsculas iguales por hilera no son diferentes ($P < 0.05$), y medias con minúsculas iguales por columna no son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$). EMM= Error estándar de la media.

Las mayores TMT promedio de pasto ovillo entre tratamientos se presentaron a finales de la primavera (mayo y junio, con 2.9 y 2.8 tallos *100 tallos d⁻¹, respectivamente); sin embargo, la asociación 40:20:40 registró la mayor TMT promedio durante el periodo de evaluación (2.8 tallos *100 tallos d⁻¹) superando en

65% a la 50:00:50 de O: BP: TB ($P < 0.05$). La asociación 40:20:40 de O: BP: TB obtuvo la mayor TMT mensual (5.4 tallos *100 tallos d^{-1}), durante marzo ($P < 0.05$). La menor TMT se presentó en diciembre 0.4 tallos *100 tallos d^{-1} , en la asociación 50:00:50 de O: BP: TB.

La mayor TMT la obtuvo el Ovillo en agosto y la mayor TAT promedio en marzo (1.94 tallos*100 tallos d^{-1}). Moreno (2012), reportó resultados diferentes en Ovillo, obteniendo un incremento progresivo a partir del verano y las mayores DPT en diciembre, con mayor TMT en octubre; sin embargo, la mayor TAT de Ovillo se registró en diciembre (0.47 tallo*100 tallos d^{-1} , $P < 0.05$).

Cambios mensuales en densidad poblacional de tallos (DPT) de Ballico perenne

Todas las asociaciones mostraron una caída en la DPT durante noviembre por efecto de heladas, con una recuperación inmediata en el mes de diciembre, mes en el que se registraron los valores más altos en la DPT (Cuadro 4).

De enero en adelante se presentó un decremento general conforme transcurrió el estudio ($P > 0.05$). La asociación 00:50:50 de O: BP: TB alcanzó dos picos máximos en DPT (422 tallos* m^{-2}) durante octubre y diciembre, respectivamente. Esta; superó en 38.4, 46, 58, 187 y 237.6% a las asociaciones 20:40:40, 40:40:20, 20:70:10, 70:20:10 y 40:20:40, respectivamente ($P < 0.05$), las cuales presentaron su mayores DPT en diciembre y enero. La menor DPT de tallos durante el periodo de evaluación se presentó en septiembre en la asociación 70:20:10 de O: BP: TB con 3 tallos* m^{-2} . El monocultivo, Ballico perenne superó en 101% a la mejor asociación 00:50:50 de

O: BP: TB ($P < 0.05$). Resultados similares fueron reportados por Castro (2009), quien obtuvo las mayores DPT durante el invierno, diferentes a lo reportado por Moreno (2012), quien encontró las mayores DPT durante la primavera.

Cuadro 4. Densidad de población de tallos de ballico perenne en asociaciones de gramíneas-leguminosa.

ASOCIACIONES (OVILLO: BALLICO PERENNE: TRÉBOL BLANCO)								
	20:40:40	00:50:50	00:100:00	40:20:40	20:70:10	70:20:10	40:40:20	EEM
Densidad de población de tallos (tallos m ⁻²)								
OCT	270 BCab	422 ABa	633 Aabc	113 C	237 BCab	127 C	234 BCabc	50
NOV	197 BCabc	383 ABab	516 Acd	58 C	155 BCab	74 C	158 BCabc	46
DIC	305 BCa	396 Bab	847 Aa	125 C	267 BCa	122 C	289 BCa	66
ENE	215 BCabc	422 Ba	753 Aab	106 C	211 BCab	147 C	272 BCab	60
FEB	190 BCabc	331 ABabc	560 Abcd	62 C	171 BCab	89 C	232 BCabc	46
MAR	109 BCabc	316 ABabcd	405 Acde	67 C	151 BCab	67 C	127 BCabc	35
ABR	87 Cabc	326 Babcd	623 Aabc	55 C	106 BCab	40 C	119 BCabc	54
MAY	75 Babc	183 ABbcde	357 Ade	55 B	110 Bab	32 B	82 Babc	32
JUN	51 ABbc	184 ABbcde	255 Aef	70 AB	63 ABab	17 B	77 ABabc	26
JUL	46 bc	138 cde	231 ef	40	58 ab	14	41 bc	22
AGO	34 c	93 de	205 ef	40	34 ab	7	27 c	18
SEP	25 c	35 e	95 f	11	10 b	3	16 c	9
EEM	17	34	59	6	16	9	17	

Medias con mayúsculas iguales por hilera no son diferentes ($P < 0.05$), y medias con minúsculas iguales por columna no son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$). EMM= Error estándar de la media.

Tasa de aparición (TAT) y muerte de tallos (TMT) de Ballico Perenne

Independientemente de la asociación la mayor TAT para Ballico perenne se presentó en diciembre (Cuadro 5), siendo la asociación 40:20:40 la que obtuvo la mayor TAT con 7.0 tallos*100 tallos d⁻¹, superando en 11, 25, 32, 40 y 94.4% a las asociaciones 70:20:10, 40:40:20, 20:70:20, 20:40:40 y 00:50:50, respectivamente ($P < 0.05$). Todas las asociaciones registraron la menor TAT en septiembre.

Las mayores TMT se presentaron en marzo y abril en las asociaciones 40:20:40 y 20:70:10 de O: BP: TB con 4 tallos*100 tallos d⁻¹, respectivamente (P<0.05). La menor TAT se presentó en las asociación 40:20:40 y 20:70:10 (1.0 tallos*100 tallos d⁻¹) durante septiembre. Durante agosto y septiembre se encontraron las menores TMT en 20:70:10 de O: BP: TB con 0.7 tallos*100 tallos d⁻¹ (P<0.05).

Con respecto a TAT Castro (2009), reportó dos picos de aparición, el primero en junio (5.05 tallos*100 tallos d⁻¹) y el segundo en noviembre (2.54 tallos*100 tallos d⁻¹) en la asociación 40:20:40 de BP: O: TB (P>0.05). Por su parte; Moreno (2012), registró las mayores TAT durante primavera-verano sin que se presentara diferencia estadística entre mayo, junio y julio (P>0.05); sin embargo, en agosto la asociación 20:40:40 de TB: O: BP presentó el valor más alto (0.42 tallos*100 tallos d⁻¹) y en diciembre la asociación 40:60 TB: BP alcanzó la máxima TAT 0.50 tallos*100 tallos d⁻¹ (P<0.05), valor muy inferior al registrado en el presente estudio.

La TMT registrada en la presente investigación coincide con lo reportado por Castro (2009), para el mes de abril, quien obtuvo la mayor mortalidad en asociaciones con 20% de BP en abril y mayo y 30% BP en junio; la mayor TMT promedio se presentó en agosto 1.67 tallos*100 tallos d⁻¹). Moreno (2012), reporta mayor mortalidad en la asociación con 40% de BP en junio, septiembre y octubre y la asociación con 60% BP de diciembre a abril.

Pearson e Ison (1997) y Duran *et al.* (1999) mencionan que el incremento en DPT durante primavera-verano se debe a la influencia de la luz y calidad de ésta, ya que el crecimiento está determinado por la cantidad de radiación fotosintéticamente activa interceptada por el dosel vegetal, factores relacionados con la dinámica de

ahijamiento (aparición y muerte de tallos) de ambas especies; además de una temperatura óptima para crecimiento (Matthew *et al.*, 2001).

Cuadro 5. Tasa de aparición y muerte de tallos de ballico perenne en asociaciones de gramíneas-leguminosa.

ASOCIACIONES (OVILLO: BALLICO PERENNE: TRÉBOL BLANCO)								
	20:40:40	00:50:50	00:100:00	40:20:40	20:70:10	70:20:10	40:40:20	EEM
Tasa de aparición de tallos (tallos m²)								
OCT	2.3 bc	2.6 abcd	2.6 bc	2.0 cde	2.6 bc	2.0 c	2.3 bc	0.11
NOV	2.3 bc	3.0 abc	2.6 bc	2.0 cde	2.0 bcd	2.0 c	2.0 bc	0.12
DIC	5.0 BCa	3.6 Cab	5.6 ABa	7.0 Aa	5.3 Ba	6.3 ABa	5.6 ABa	0.35
ENE	2.3 Bbc	3.3 Ababc	3.0 ABbc	3.0 ABbcd	2.3 Bbcd	4.0 Ab	3.3 ABb	0.16
FEB	3.0 bc	2.6 abcd	2.6 bc	1.6 de	3.0 bc	2.0 c	3.0 bc	0.18
MAR	2.0 c	3.0 abc	2.6 bc	3.3 bc	2.6 bc	2.3 c	2.0 bc	0.18
ABR	2.6 BCbc	4.0 ABa	4.6 Aa	2.6 BCcd	3.0 BCbc	2.0 Cc	3.3 ABCb	0.25
MAY	3.0 ABbc	2.0 ABcd	1.6 Bc	3.3 Abc	3.3 Ab	2.3 ABc	2.6 ABbc	0.21
JUN	2.0 Bc	3.0 ABabc	2.0 Bbc	4.3 Ab	1.6 Bcd	2.0 Bc	3.0 ABbc	0.25
JUL	2.0 ABc	2.3 ABbcd	3.3 Ab	2.0 ABcde	3.0 ABbc	2.3 ABc	1.6 Bc	0.28
AGO	3.6 ab	2.6 abcd	3.0 bc	3.3 bc	2.3 bcd	2.3 c	2.3 bc	0.26
SEP	2.0 c	1.3 d	1.6 c	1.0 e	1.0 d	1.0 c	2.0 bc	0.18
EEM	0.19	0.17	0.23	0.27	0.21	0.29	0.21	
Tasa de muerte de tallo (tallos m⁻²)								
OCT	1.0 c	1.0 b	1.0 c	1.3 c	1.7 bcd	1.0 c	1.3	0.11
NOV	1.0 c	1.0 b	1.3 c	1.0 c	1.7 bcd	1.0 c	1.3	0.13
DIC	1.3 bc	1.0 b	2.0 abc	2.7 abc	2.3 abcd	2.3 abc	2.3	0.27
ENE	1.7 bc	2.0 ab	2.0 abc	1.3 c	1.3 cd	2.3 abc	1.3	0.17
FEB	2.0 abc	2.0 ab	1.7 bc	1.7 bc	1.3 cd	1.3 c	2.0	0.14
MAR	1.3 C bc	3.3 ABa	2.0 BCabc	4.0 Aa	3.0 ABCabc	1.7 BCbc	1.7 BC	0.28
ABR	3.0 ABab	3.0 ABa	3.3 Aab	1.3 Bc	4.0 Aa	3.7 Aa	2.3 B	0.30
MAY	1.7 bc	2.3 ab	2.3 abc	3.3 ab	3.3 ab	3.0 abc	2.7	0.29
JUN	2.3 abc	3.3 a	2.7 abc	2.0 bc	2.3 abcd	2.3 abc	2.0	0.25
JUL	1.0 Bc	2.3 ABab	3.7 Aa	1.0 Bc	2.7 ABabc	2.3 ABabc	2.3 AB	0.28
AGO	3.7 Aa	2.3 ABab	1.0 Bc	1.0 Bc	0.7 Bd	3.3 Aab	1.3 B	0.34
SEP	3.0 Aab	2.0 ABab	2.0 ABabc	1.3 ABc	0.7 Bd	1.7 ABbc	1.0 B	0.36
EEM	0.22	0.19	0.21	0.22	0.23	0.25	0.17	

Medias con mayúsculas iguales por hilera no son diferentes ($P < 0.05$), y medias con minúsculas

iguales por columna no son diferentes ($P < 0.05$). EMM= Error estándar de la media.

Algunos autores señalan que al marcar los tallos se acelera su TAT, debido a los disturbios que ocasionan las mediciones realizadas, que permiten mayor tasa de

filtración de luz a la base de los tallos (Davies, 1981; Matthew *et al.*, 1989; Salisbury y Ross, 1992).

El efecto en la tasa de aparición de tallos de Ballico perenne asociado a disturbios ocasionados por selección de macollos se puede incrementar hasta 40% en la TAT (Castro *et al.*, 2009).

Korte y Harris (1987), mencionan que la estacionalidad en la aparición de tallos se relaciona con la disponibilidad de agua en el suelo; lo que explica lo ocurrido en primavera-verano en Ovillo o en Ballico perenne y por su amplia adaptabilidad a climas fríos y con inviernos no muy severos (Demanet, 2008). Auxiliadora-Fialho *et al.* (2012), mencionan que la aparición de tallos puede ser influenciada igual por el mes y condiciones climáticas presentes y es una forma de disminuir la distancia entre plantas y de ocupar el espacio dejado por los tallos muertos. Esto explica el incremento de Ovillo sobre Ballico perenne que disminuyó en su DPT en las asociaciones, conforme transcurrió el experimento.

La mayor TMT puede estar asociada con la mayor velocidad de crecimiento de los tallos presentes en la pradera, lo que ocasiona una mayor altura de la pradera y con ello, mayor sombreado de las hojas y tallos presentes en los estratos inferiores causando su muerte (Hernández-Garay *et al.*, 2010), lo que explica la mayor mortalidad de tallos en primavera-verano en las especies evaluadas.

Tasa de sobrevivencia de tallos de pasto Ovillo y Ballico Perenne

La tasa de supervivencia de tallos (TST) promedio de Ovillo y Ballico perenne fue mayor en la época otoño-invierno en ambas especies (Cuadro 6).

Cuadro 6. Tasa de sobrevivencia de tallos de pasto ovillo y ballico perenne en asociaciones de gramíneas-leguminosa.

ASOCIACIONES (OVILLO: BALLICO PERENNE: TRÉBOL BLANCO)								
	20:40:40	40:20:40	50:00:50	20:70:10	70:20:10	100:00:00	40:40:20	EEM
Tasa de sobrevivencia de tallos (TST) de pasto ovillo								
OCT	99 a	98.8 a	99.2 a	99.3 a	99.2 a	99.2 a	99.2 a	0.11
NOV	98.6 ab	97.3 ab	99 ab	99.2 a	98.4 ab	99 ab	99 a	0.31
DIC	98.5 ab	98.5 ab	99.6 a	99.1 ab	98.3 ab	99.3 a	99 a	0.21
ENE	98.6 ab	98 ab	97.9 ab	97.1 abc	98.2 ab	97.2 abc	98.8 ab	0.21
FEB	97.7 ABab	96.5 BCabc	97.6 ABabc	98.9 Aab	97.9 ABab	95.1 Cc	98.7 ABab	0.44
MAR	98.1 Aab	94.6 Bc	96.7 ABc	98.1 Aabc	98.2 Aab	96.7 ABbc	98.5 Aab	0.41
ABR	97.3 ab	96.7 abc	98.1 abc	96.4 c	98.4 ab	97 abc	97.7 ab	0.24
MAY	96.9 ab	97.1 ab	97.9 ab	96.2 c	97.6 ab	97 abc	97.5 ab	0.30
JUN	97 ab	96.4 bc	98.5 bc	96.8 bc	97.1 ab	98 ab	97.2 ab	0.26
JUL	97.3 ab	98.4 ab	98.6 ab	96.5 c	97.7 ab	98 ab	97.8 ab	0.29
AGO	97.2 ab	96.7 abc	98.6 abc	98.1 abc	97.1 ab	98.4 ab	96.5 b	0.26
SEP	96.7 b	97.6 ab	98.3 ab	96.4 c	96.4 b	97.6	97.1 ab	0.40
EEM	0.22	0.33	0.20	0.28	0.20	0.32	0.18	
	20:40:40	00:50:50	00:100:00	40:20:40	20:70:10	70:20:10	40:40:20	EMM
Tasa de sobrevivencia de tallos (TST) de ballico perenne								
OCT	99 a	99 a	99 a	98.7 a	98.3 abc	99 a	98.7	0.11
NOV	99 a	99 a	98.7 a	99 a	98.3 abc	99 a	98.7	0.13
DIC	98.7 ab	99 a	98 abc	97.3 abc	97.7 abcd	97.7 abcd	97.7	0.27
ENE	98.3 ab	98 ab	98 abc	98.7 a	98.7 ab	97.7 abcd	98.7	0.17
FEB	98 abc	98 ab	98.3 ab	98.3 ab	98.7 ab	98.7 ab	98	0.14
MAR	98.7 Aab	96.7 BCb	98 ABabc	96 Cc	97 ABCbcd	98.3 ABabc	98.3 AB	0.28
ABR	97 ABbc	97 ABb	96.7 Bbc	98.7 Aa	96 Bd	96.3 Bd	97.7 AB	0.30
MAY	98.3 ab	97.7 ab	97.7 abc	96.7 bc	96.7 cd	97 bcd	97.3	0.29
JUN	97.7 abc	96.7 b	97.3 abc	98 ab	97.7 abcd	97.7 abcd	97.7	0.25
JUL	99 Aa	97.6 ABab	96.3 Bc	99 Aa	97.3 ABbcd	97.6 ABabcd	97.7 AB	0.28
AGO	96.3 Bc	97.7 ABab	99 Aa	99 Aa	99.3 Aa	96.7 Bcd	98.7 A	0.34
SEP	97 Bbc	98 ABab	98.3 ABab	98.7 ABa	99.3 Aa	98.3 ABabc	99 A	0.36
EEM	0.22	0.19	0.21	0.22	0.23	0.25	0.17	

Medias con mayúsculas iguales por hilera no son diferentes ($P < 0.05$), y medias con minúsculas iguales por columna no son diferentes ($P < 0.05$). EMM= Error estándar de la media.

En Ovillo sólo se presentó diferencia significativa durante febrero y marzo, destacando la asociación 20:70:10 de O: BP: TB con la mayor TST (98.9), mientras que la asociación 40:20:40 tuvo la menor TST (94.6) en febrero y marzo ($P < 0.05$). El monocultivo de Ovillo (96.7) fue superado en 2.3% por la asociación 20:70:10 de O:

BP: TB ($P < 0.05$). En Ballico perenne se presentaron diferencias ($P < 0.05$) entre tratamientos durante marzo, abril, julio, agosto y septiembre, siendo la asociación 20:70:10 de O: BP: TB la de mayor TST (99.3) y las asociaciones 40:20:40 y 20:70:10 las de menor TST con 96.0.

La mayor TST durante la época otoño-invierno (Cuadro 5), fue resultado directo de las bajas TMT (Cuadro 2; Cuadro 4), lo que sugiere que la supervivencia de tallos puede ser un mecanismo de adaptación utilizado por las plantas para mantener la persistencia de tallos en condiciones de déficit hídrico y bajas temperaturas (Figura 1).

Durante abril a septiembre (primavera-verano) con mayor disponibilidad de lluvia, la menor TST aunada a las altas TAT en Ovillo, favorecieron la tasa de recambio de tallos y el incremento en sus densidades (Cuadro 2), posiblemente como mecanismo para colonizar el área cuando hubo condiciones ambientales apropiadas.

CONCLUSIONES

En todas las asociaciones se observó un comportamiento variable en la DPT, TAT y TMT. La asociación 50:00:50 (O: BP: TB) y 00:50:50 (O: BP: TB) registraron las mayores DPT ($P < 0.05$). A pesar de una mayor TMT, la TAT en Ovillo fue elevada, lo que compensó para lograr mayor DPT, siendo 20:40:40 y 40:20:40 las que tuvieron la mayor TAT y TMT en diciembre y marzo, respectivamente. Mayor presencia de tallos juveniles en Ovillo resulta en mayor producción de hoja.

LITERATURA CITADA

Auxiliadora-Fialho C, Da Silva SC, Gimenes FMA, Gomes MB, Berndt A, Gerdes L. 2012. Tiller population density and tillering dynamics in Marandu palisade grass subjected to strategies of rotational stocking management and nitrogen fertilization. *Acta Scientiarum Animal Science*. 34(3): 245-251.

Casal JJ, Deregibus VA, Sanchez RA. 1985. Variations in tiller dynamics and morphology in *Lolium multiflorum* Lam vegetative and reproductive plants as affected by differences in red far-red irradiation. *Annals of Botany*. 56 (4): 553-559.

Baptaglin MD, Do Nascimento-Júnior D, Henrique VH, Mai de Lana SB, Batista EVP, Da Silva SC, Neves CM. 2012. Tillering dynamics in pastures of guinea grass subjected to grazing severities under intermittent stocking. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 41 (3): 544-549.

Castro RR. 2009. Patrón de rebrote y comportamiento productivo de la asociación de pasto ovilla (*Dactylis glomerata* L.), ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.). [Tesis doctoral]. Texcoco, Edo. de México Colegio de postgraduados.

Carvalho BCA, Da Silva SC, Sbrissia FA, Pinto MLF, Carnevalli AR, Fagundes LJ, Pedreira SCG. 2000. Demografia do perfilhamento e taxas de acúmulo de matéria seca em capim 'Tifton 85' sob pastejo. *Scientia Agricola*. 57 (4): 591-600.

Chapman DF, Lemaire G. 1993. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. p. 95–104. *In* Proceedings International Grassland Congress, 17th, Rockhampton, Australia. 8–12 Feb. 1993. Dunmore Press Ltd., Palmerston North, NZ.

- Da Silva** SC, Nascimento JD, Sbrissia FA. 2008. Dinâmica de população de plantas forrageiras em pastagens. In: simpósio sobre manejo estratégico da pastagem, 4. Viçosa, MG. UFV. 2008: 75-99.
- Demagnet** FR. 2008. Manual de especies forrajeras y manejo de pastoreo. Santiago de Chile: Ed. Valdivia.
- Deregibus** VA, Sanchez RA, Casal JJ. 1983. Effects of light quality on tiller production in *Lolium* spp. Plant Physiology. 72 (3): 900-902.
- Difante** GS, Nascimento-Junior D, Da Silva SC, Batista EVP, De Moura ZA, Adese B. 2008. Dinâmica do perfilhamento do capim-marandu cultivado em duas alturas e três intervalos de corte. Revista Brasileira de Zootecnia. 37 (2): 189-196.
- Durand** JL, Schäufele R, Gastal F. 1999. Grass leaf elongation rate as a function of developmental Stage and Temperature: Morphological analysis and modeling. Annals of Botany 83 (5): 577-588.
- Davies** A. 1988. The regrowth of grass swards. In: Jones M. B. and Lazenby A. (eds). The Grass Crop. Chapman and Hall. London. 1988: 85-127.
- Garduño** VS, Pérez JP, Hernández-Garay A, Herrera JGH, Martínez PA, Joaquín BMT. 2009. Rendimiento y dinámica de crecimiento estacional de Ballico perenne, pastoreado con ovinos a diferentes frecuencias e intensidades. Revista Técnica Pecuaria México. 47(2): 189-202.
- García** E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 1988: 217.
- Grant** SA, Barthram GT, Torvell L. 1981. Components of regrowth in grazed and cut *Lolium perenne* swards. Grass and Forage Science. 36 (3):155-168.

Hernández-Garay A, Matthew C, Hodgson J. 2000. The influence of defoliation height on dry-matter partitioning and CO₂ exchange of perennial ryegrass miniature sward. *Grass and Forage Science*. 55 (4): 372-376.

Hernández-Garay A, Matthew C, Hodgson J. 1999. Tiller size/density compensation in perennial ryegrass miniature swards subject to differing defoliation heights and a proposed productivity index. *Grass and Forage Science*. 54 (4): 347-356.

Hernández-Garay A, Matthew C, Hodgson J. 1997. Effect of spring management on perennial ryegrass and ryegrass-white clover pastures: 2. Tiller and growing point densities and population dynamics. *New Zealand Journal of Agriculture Research*. 40 (1): 37-50.

Hirata M, Pakiding W. 2001. Tiller dynamics in a bahia grass (*Paspalum notatum*) pasture under cattle grazing. *Tropical Grasslands* 35 (3):151- 160.

Hodgson J .1990. *Grazing management: science into practice*. New York: John Wiley; Longman Scientific and Technical.

Interrante SM, Sollenberger LE, Blount ARS, White-Leech R, Liu K. 2010. Bahiagrass Tiller Dynamics in Response to Defoliation Management. *Crop Science*. Vol. 50 (5): 2124-2132.

Islam MA, Hirata M. 2005. Leaf appearance, death and detachment, and tillering in centipedegrass [*Eremochloa ophiuroides* (Munro) Hack.] in comparison with bahiagrass (*Paspalum notatum* Flügge.): A study at a small sod scale. *Grassland Science*. 51(2): 121–127.

Korte CJ, Harris W. 1987. Stolon development in grazed “Grassland Nui” perennial ryegrass. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 25 (2): 309-319. .

Matthew CG, Val-Loo NE, Tom RE, Dawson AL, Care AD. 2001. Understanding shoot and root development. Proceedings: XIX International Grassland Congress. Sao Paulo, Brasil. 2001: 19-27. 104.

Matthew C, Assuero SG, Black CK, Sackville-Hamilton NR. Tiller dynamics of grazed swards. In: LEMAIRE, G.; HODGSON, J., MORAES, A. et al. (Eds) **Grassland ecophysiology and grazing ecology**. Wallingford: CABI Publishing, 2000: 127-150.

Matthew C, Quilter JS, Korte JC, Chu CPA, Macckay DA. 1989. Stolon formation and significance for tiller dynamics in perennial ryegrass. Proceedings of the New Zealand Grassland Association 50: 255-259.

Marshall C. Physiological aspects of pasture growth. In: SNAYDON, R.W. (Ed.). Managed grasslands: analytical studies ecosystems of the world. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V.; 1987: 29-46.

Moreno CMA. 2012. Comportamiento productivo del pasto ovillo y ballico perenne solos y asociados con trébol blanco en condiciones de pastoreo [Tesis doctoral]. Texcoco, Edo. de México Colegio de postgraduados.

Ortiz SC. 1997. Colección de monolitos. Montecillo, Texcoco, Edo. México. México: Depto. Génesis de suelos. Edafología, IRENAT. Colegio de Posgraduados.

Pearson C J, Ison R L. 1997. Agronomy of grassland systems. Cambridge: Cambridge University Press.

Ramírez RO, Da Silva SC, Hernández-Garay A, Enríquez QJF, Pérez PJ, Quero CAR, Herrera HJG. 2011. Rebrote y estabilidad de la población de tallos en el pasto *Panicum maximum* cv. Mombaza cosechado en diferentes intervalos de corte. Revista Fitotecnia Mexicana. 34 (3): 213-220.

- SAS Institute.** 2002. Statistical Analysis System (version 9.0 ed.). Cary NC, USA.
- Salisbury F B and W Ross C** (1992) Plant physiology 4 ed. California: Wads Worth Publishing Company.
- Sbrissia AF, Da Silva SC, Sarmento DOL, Molan LK, Andrade FME, Goncalves AC, Lupinacci AV.** 2010. Tillering dynamics in palisadegrass swards continuously stocked by cattle. *Plant Ecology*. 206 (2): 349-359.
- Velazco ZME, Hernández-Garay A, González HVA.** 2007. Cambios en componentes del rendimiento de una pradera de Ballico perenne, en respuesta a la frecuencia de corte. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 30 (1): 79-87.
- Velazco ZME, Hernández-Garay A, González HVA.** 2005. Rendimiento y valor nutritivo de ballico perenne (*Lolium perenne* L.) en respuesta a la frecuencia de corte. *Revista Técnica Pecuaria México*. 43 (2): 274-258.
- Velazco ZME, Hernández-Garay A, González HVA, Pérez PJ, Vaquera HH, Galvis SA.** 2001. Curva de crecimiento y acumulación estacional del pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L). *Revista Técnica Pecuaria México*. 39 (1):1-14.
- Wolfinger R.** 1993. Covariance structure selection in general mixed models. *Communications in Statistics - Simulation and computation*. 22 (4):1079-1106.

CAPITULO 5. CONCLUSIONES GENERALES Y SUGERENCIAS

La mejor asociación fue 00:50:50 de O: BP: TB, con un aporte al rendimiento anual de 67, 22 y 11% del Trébol blanco, Ballico perenne y maleza, siendo Trébol blanco la especie que mayor contribuyó al rendimiento estacional. El mayor porcentaje de radiación interceptada se detectó en primavera, por mayor incidencia de radiación solar. La especie más rendidora y persistente en las asociaciones fue Trébol blanco con aporte promedio de 50% al rendimiento total y 43 % de la composición botánica. En todas las asociaciones se observó comportamiento muy variable en la DPT, TAT y TMT. La asociación 50:00:50 O: TB y 00:50:50 BP: TB registraron las mayores DPT ($P < 0.05$). Ovillo presentó mayor dinámica de tallos siendo las asociaciones 20:40:40 y 40:20:40 las que presentaron la mayor TAT y TMT en diciembre y marzo, respectivamente. Al respecto, en Ballico perenne la asociación 40:20:40 obtuvo la mayor TAT en marzo y la mayor TMT en conjunto con 20:70:10 en marzo y abril, respectivamente.

Por lo anterior, se sugiere para incrementar la productividad de una pradera el establecimiento de dos o más especies forrajeras ya que esto disminuye la estacionalidad en el rendimiento de forraje, favorece la composición y calidad de la dieta y la estabilidad de la pradera.

Se recomienda continuar con investigaciones detalladas para obtener la proporción que maximice rendimiento de forraje de Ballico perenne y Ovillo.