



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

**POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
GANADERÍA**

**COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DEL PASTO OVILLO Y
BALLICO PERENNE SOLOS Y ASOCIADOS CON TRÉBOL
BLANCO EN CONDICIONES DE PASTOREO**

MIGUEL ÁNGEL MORENO CARRILLO

T E S I S

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

DOCTOR EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

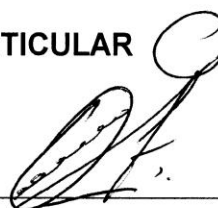
NOVIEMBRE DE 2012

La presente tesis titulada: **Comportamiento productivo del pasto ovilla y ballico perenne solos y asociados con trébol blanco en condiciones de pastoreo**, realizada por el alumno: **Miguel Ángel Moreno Carrillo**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
GANADERÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



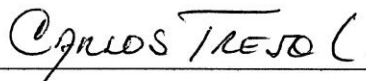
PhD. ALFONSO HERNÁNDEZ GARAY

ASESOR



DR. HUMBERTO VAQUERA HUERTA

ASESOR



DR. CARLOS TREJO LÓPEZ

ASESOR



DR. JOSÉ ALBERTO ESCALANTE ESTRADA

ASESOR



DR. JOSÉ LUÍS ZARAZOGA RAMÍREZ

Montecillo, Texcoco, México, Noviembre de 2012.

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DEL PASTO OVILLO Y BALLICO PERENNE SOLOS Y ASOCIADOS CON TRÉBOL BLANCO EN CONDICIONES DE PASTOREO

Miguel Ángel Moreno Carrillo, Dr.
Colegio de Postgraduados, 2012

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 primer año de establecimiento. Se evaluó el rendimiento de forraje, tasa de crecimiento, composición botánica y morfológica, tasa de recambio de tejido y dinámica de ahijamiento. Los tratamientos consistieron en nueve asociaciones con los siguientes porcentajes: 30:20:50, 10:70:20, 00:100:00, 00:00:100, 40:00:60, 30:50:20, 20:40:40, 40:60:00 y 10:20:70 de trébol blanco (TB), pasto ovillo (O) y ballico perenne (BP). Se observaron diferencias en el rendimiento anual, estacional y tasa de crecimiento entre asociaciones, en las praderas con la asociación 10, 20 y 70 % de TB-O-BP se cosecho el mayor rendimiento anual con 12,611 kg MS ha⁻¹. El mayor rendimiento estacional y tasa de crecimiento se presentó en primavera-verano y el menor en otoño-invierno. En promedio, BP, O y TB aportaron 47, 21 y 13 % respectivamente, al rendimiento anual de forraje. Independientemente de la asociación, las mayores y menores tasas de elongación y crecimiento neto foliar (mm tallo⁻¹ d⁻¹ y mg tallo⁻¹ d⁻¹) de ballico perenne se presentaron en primavera e invierno, respectivamente; en tanto que para pasto ovillo fueron en verano y primavera. Las plantas de ballico perenne presentaron menor dinámica de recambio de tallos durante el otoño-invierno, con bajas tasas de aparición y muerte de tallos de la población, mientras que en el pasto ovillo hubo mayor dinámica de recambio, con altas tasas de aparición y muerte de tallos. En conclusión La mejor asociación fue 10:20:70 % de TB-O-BP y el ballico perenne fue la especie forrajera dominante.

Palabras clave: Praderas asociadas, Producción de forrajes, Dinámica de la pradera

**PRODUCTIVE RESPONSE OF ORCHARDGRASS AND PERENNIAL RYEGRASS
SWARDS ALONE AND ASSOCIATED WITH WHITE CLOVER UNDER GRAZING
MANAGEMENT**

Miguel Ángel Moreno Carrillo, Dr.
Colegio de Postgraduados, 2012

ABSTRACT

In order to quantify the differences in annual and seasonal herbage yield and growth dynamics of two alone grasses and associated with one legume according to seasonal grazing frequency, a study was carried out in the experimental unit of the Postgraduate College in Montecillo, Texcoco, Mexico State, in its first year of establishment. It was evaluated herbage yield, growth rate, botanical composition and morphological, tissue turnover, and tiller dynamics. Treatments consisted of nine associations with the following percentages: 30:20:50, 10:70:20, 00:100:00, 00:00:100, 40:00:60, 30:50:20, 20:40:40, 40:60:00 and 10:20:70 of white clover (TB), orchard grass (O) and perennial ryegrass (BP). There were differences in annual herbage yield, seasonal growth rate among associations. Swards with 10, 20 y 70 % of TB-O-BP had the highest herbage yield with 12,611 kg DM ha⁻¹. The highest seasonal herbage yield and growth rate were recorded in spring-summer and the lowest in autumn-winter. On average, BP, O and TB contributed 47, 21 and 13 % respectively, to the annual herbage yield. The highest and lowest rates of elongation and leaf net growth (mm tallo⁻¹ d⁻¹ and mg tallo⁻¹ d⁻¹) for perennial ryegrass occurred in spring and winter, respectively; while to orchard grass they were in summer and spring. Perennial ryegrass swards had lower tiller turnover dynamics in autumn-winter, with low rates of tiller appearance and tiller death, while orchard grass was more dynamic in these seasons, with higher tiller appearance rate and tiller death rate. In conclusion the best association was 10:20:70 % of TB-O-BP and perennial ryegrass was the dominant forage specie.

Key words: Mixture swards, Herbage yield, Sward dynamics.

DEDICATORIAS

Dedico esta tesis a mi adorable hija Tonantzin motivo de superación, esperando le sirva de motivación para su desarrollo y superación personal.

A mi esposa, Karina por su comprensión, sacrificio y apoyo moral en los momentos arduos. Como agradecimiento a su amor.

A mis padres, Ángel y Felipa, por sus invaluable consejos y orientación, por sus sacrificios, apoyo incondicional en todo momento, enseñanzas y consejos a lo largo de mi vida, estos recuerdos siempre están conmigo.

A mis hermanos, Diego, Samuel, Ricardo, con mucho cariño, por el amor fraternal que nos une.

A mis suegros, Nahúm y Yolanda, por ser parte fundamental en esta etapa de mi formación profesional, por su apoyo, comprensión y por hacerme sentir parte de la familia.

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

A mis cuñados, por esa amistad y buenos deseos de estar siempre unidos.

Al Dr. Jorge Pérez Pérez (q.e.p.d.), por ser parte importante de mi formación profesional, consejos, sugerencias, educación integral y legado a la Ciencia.

A Dios nuestro señor, por permitirme existir

AGRADECIMIENTOS

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

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

Agradezco a la línea prioritaria de investigación número 11: Sistemas de Producción Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuícola y Pesquera, por sus facilidades otorgadas y apoyo para la realización de esta investigación.

En especial al Dr. Alfonso Hernández Garay, por el apoyo incondicional en la dirección de esta investigación, su invaluable asesoría, consejos, disposición, por ser un ejemplo a seguir y sobre todo por su valiosa orientación para mi formación integral.

Al Dr. Humberto Vaquera Huerta, por su asesoría en estadística, consejos y amistad.

A mis asesores de mi Consejo Particular: Dr. Carlos Trejo López, Dr. José Alberto Escalante Estrada, Dr. José Luis Zaragoza Ramírez, Dr. José Guadalupe Herrera Haro, por sus consejos, enseñanzas y participación en la revisión y sugerencias en la redacción de este documento.

A todos aquellos profesores, al C. Remedios Caballero Zamora, por su apoyo en la parte práctica, así como a los integrantes del personal administrativo del Colegio de Postgraduados, que participaron en mi formación académica.

A todos mis compañeros de Doctorado que estuvieron durante mi formación, por los momentos buenos y de presión que resulta de estudiar un nivel más en la vida.

“Cuando la humanidad siga explotando al hombre, deje de cultivar la tierra, contamine la última gota de agua, corte el último árbol del bosque, no produzca forrajes, ni maneje las praderas para una producción agropecuaria sustentable, entonces entenderá que no se puede comer dinero”

CONTENIDO

PÁGINA

ÍNDICE DE CUADROS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. OBJETIVOS.....	3
CAPÍTULO 2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Características de las especies evaluadas.....	4
2.1.1. Ballico perenne (<i>Lolium perenne</i> L.).....	4
2.1.2. Pasto Ovillo (<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 forrajes	12
2.3.1. Efectos de la severidad y frecuencia de defoliación.....	14
2.4. Importancia del rebrote en el rendimiento de forraje	16
2.4.1. Factores de la planta que están relacionados con el rebrote.....	17
2.4.1.1. Meristemas de crecimiento	17
2.4.1.2. Reservas de carbohidratos	19
2.4.1.3. Índice de área foliar	21
2.4.1.4. Fotosíntesis.....	23
2.4.1.5. Hábito de crecimiento	24
2.5. Variables que intervienen en el rendimiento de forraje	25
2.5.1. Morfogénesis en especies forrajeras.....	25
2.5.2. Crecimiento foliar	26
2.5.3. Relación entre la dinámica de tallos y el rendimiento de forraje	29
2.5.3.1. Tasa de aparición y muerte de tallos.....	31
2.5.3.2. Densidad y peso de tallos.....	31
2.6. Asociaciones de gramíneas y leguminosas forrajeras	32
2.7. Composición botánica.....	33
2.8. Métodos para estimar el rendimiento de forraje	34
2.9. Conclusiones de la revisión de literatura	36
LITERATURA CITADA.....	36
CAPÍTULO 3. PRODUCTIVIDAD DE SIETE ASOCIACIONES Y DOS PRADERAS PURAS DE GRAMÍNEAS Y LEGUMINOSA EN CONDICIONES DE PASTOREO	52
RESUMEN	53
ABSTRACT	54
INTRODUCCIÓN	55

MATERIALES Y MÉTODOS.....	57
Localización del área de estudio	57
Establecimiento de praderas	57
VARIABLES MEDIDAS.....	58
Rendimiento de forraje.....	58
Tasa de crecimiento del cultivo (TCC).....	59
Composición botánica y morfológica	59
Análisis estadístico	59
Datos climáticos.....	60
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	60
Rendimiento de forraje.....	60
Tasa de crecimiento del cultivo.....	63
Composición botánica y morfológica	65
CONCLUSIONES	67
LITERATURA CITADA	67
CAPÍTULO 4. REBROTE Y ESTABILIDAD DE LA POBLACIÓN DE TALLOS EN ASOCIACIONES DE GRAMÍNEAS Y LEGUMINOSA BAJO CONDICIONES DE PASTOREO	79
RESUMEN	80
ABSTRACT	81
INTRODUCCIÓN.....	82
MATERIALES Y MÉTODOS.....	85
Localización y duración del estudio	85
Establecimiento de praderas	86
VARIABLES MEDIDAS.....	87
Dinámica poblacional de tallos	87
Densidad y tasas de parición y muerte y sobrevivencia de tallos	87
Densidad de plantas (plantas m ²).....	88
Análisis estadístico	88
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	89
Demografía de tallos.....	89
Densidad poblacional de tallos	89
Tasa de aparición, muerte y sobrevivencia de los tallos	90
Densidad de plantas	93
CONCLUSIONES	94
LITERATURA CITADA.....	95
CAPÍTULO 5. RESPUESTA FISIOLÓGICA DEL PASTO BALLICO PERENNE Y OVILLO SOLOS Y ASOCIADOS CON TRÉBOL BLANCO A DIFERENTES PORCENTAJES, EN CONDICIONES DE PASTOREO	113
RESUMEN	114
ABSTRACT	115
INTRODUCCIÓN.....	116
MATERIALES Y MÉTODOS.....	119

Localización y duración del estudio	119
Establecimiento de praderas	119
VARIABLES ESTUDIADAS	120
Crecimiento foliar	120
Elongación, crecimiento neto y senescencia foliar de gramíneas.....	121
Peso por tallo	122
Producción neta de forraje (PNF)	122
Análisis estadístico	122
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	123
Crecimiento foliar	123
Crecimiento foliar del pasto ballico perenne (mm tallo ⁻¹ d ⁻¹)	123
Crecimiento foliar del pasto ballico perenne (mg tallo ⁻¹ d ⁻¹)	124
Peso por tallo del pasto ballico perenne.....	126
Producción neta de forraje (PNF) del pasto ballico perenne.....	127
Crecimiento foliar del pasto ovilla (mm tallo ⁻¹ d ⁻¹).....	127
Crecimiento foliar del pasto ovilla (mg tallo ⁻¹ d ⁻¹).....	129
Peso por tallo del pasto ovilla	130
Producción neta de forraje (PNF) del pasto ovilla	131
CONCLUSIONES	133
LITERATURA CITADA.....	133
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES GENERALES Y SUGERENCIAS	147

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	TÍTULO	PÁGINA
CAPÍTULO 3. PRODUCTIVIDAD DE SIETE ASOCIACIONES Y DOS PRADERAS PURAS DE GRAMÍNEAS Y LEGUMINOSA EN CONDICIONES DE PASTOREO		
1	Porcentaje de cada especie empleada en las diferentes asociaciones estudiadas.....	73
2	Promedios mensuales de temperatura, precipitación y número de heladas registradas durante el periodo experimental. Estación meteorológica del Colegio de posgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México.....	73
3	Rendimiento de forraje estacional y anual (kg MS ha ⁻¹), de siete asociaciones y dos praderas puras de gramíneas y leguminosas	74
4	Rendimiento de forraje estacional y anual por especie deseable de las siete asociaciones y dos praderas puras de gramíneas y leguminosas.....	75
5	Tasa de crecimiento del cultivo promedio estacional y anual de siete asociaciones y dos praderas puras de gramíneas y leguminosas	76
CAPÍTULO 4. REBROTE Y ESTABILIDAD DE LA POBLACIÓN DE TALLOS EN ASOCIACIONES DE GRAMÍNEAS Y LEGUMINOSA BAJO CONDICIONES DE PASTOREO		
1	Porcentaje de cada especie empleada en las diferentes asociaciones estudiadas.....	100
2	Tasa de aparición, muerte y sobrevivencia de tallos de ballico perenne en seis asociaciones y una pradera pura de gramíneas - leguminosa.....	110
3	Tasa de aparición, muerte y sobrevivencia de tallos de pasto ovillo en seis asociaciones y una pradera pura de gramíneas - leguminosa.....	111

4	Cambios estacionales en la densidad de plantas de siete asociaciones y dos praderas puras de dos gramíneas y una leguminosa.....	112
---	--	-----

CAPÍTULO 5. RESPUESTA FISIOLÓGICA DEL PASTO BALLICO PERENNE Y OVILLO SOLOS Y ASOCIADOS CON TRÉBOL BLANCO A DIFERENTES PORCENTAJES, EN CONDICIONES DE PASTOREO

1	Promedios mensuales de temperatura, precipitación y número de heladas registradas durante el periodo experimental. Estación meteorológica del Colegio de Posgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México.....	138
2	Porcentaje de cada especie empleada en las diferentes asociaciones estudiadas.....	138
3	Tasa de elongación (E), senescencia (S) y crecimiento neto foliar (CN) de pasto ballico perenne por época del año, en seis asociaciones de gramíneas con trébol blanco, y una pradera pura.....	139
4	Elongación, senescencia y crecimiento neto foliar del ballico perenne por época del año, en seis asociaciones de gramíneas con trébol blanco, y una pradera pura	140
5	Peso por tallo de ballico perenne en seis asociaciones de gramíneas con trébol blanco, y una pradera pura.....	141
6	Producción neta de forraje promedio estacional y anual de ballico perenne en seis asociaciones de gramíneas con trébol blanco, y una pradera pura.....	142
7	Tasa de elongación (E), senescencia (S) y crecimiento neto foliar (CN) de pasto ovillo por época del año, en seis asociaciones de gramíneas con trébol blanco, y una pradera pura.....	143
8	Elongación, senescencia y crecimiento neto foliar de pasto ovillo por época del año, en seis asociaciones de gramíneas con trébol blanco, y una pradera pura	144
9	Peso por tallo de pasto ovillo en seis asociaciones de gramíneas con trébol blanco, y una pradera pura	145

10	Producción neta de forraje promedio estacional y anual de pasto ovillo en seis asociaciones de gramíneas con trébol blanco, y una pradera pura.....	146
----	---	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	TÍTULO	PÁGINA
CAPÍTULO 2. REVISIÓN DE LITERATURA		
1	Relación medio ambiente- pastos o forrajes	28
CAPÍTULO 3. PRODUCTIVIDAD DE SIETE ASOCIACIONES Y DOS PRADERAS PURAS DE GRAMÍNEAS Y LEGUMINOSA EN CONDICIONES DE PASTOREO		
1	Porcentaje promedio de las especies deseables de siete asociaciones y dos praderas puras de gramíneas y leguminosas.....	77
2	Composición morfológica, de siete asociaciones y dos praderas puras de gramíneas y leguminosas	78
CAPÍTULO 4. REBROTE Y ESTABILIDAD DE LA POBLACIÓN DE TALLOS EN ASOCIACIONES DE GRAMÍNEAS Y LEGUMINOSA BAJO CONDICIONES DE PASTOREO		
1	Datos mensuales de precipitación pluvial y temperatura máxima, media y mínima, durante el periodo experimental mar-2010 a abr.2011. Estación meteorológica del Colegio de Posgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México	101
2	Cambios mensuales en la densidad de tallos de ballico perenne en la pradera pura.....	102
3	Cambios mensuales en la densidad de tallos de ballico perenne en la asociación con trébol blanco	103
4	Cambios mensuales en la densidad de tallos de ballico perenne en la asociación con trébol blanco y 40% de pasto ovillo	103
5	Cambios mensuales en la densidad de tallos de ballico perenne en la asociación con trébol blanco y 50% de pasto ovillo	104

6	Cambios mensuales en la densidad de tallos de ballico perenne en la asociación con trébol blanco y 20% de pasto ovillo	104
7	Cambios mensuales en la densidad de tallos de ballico perenne en la asociación con trébol blanco y 70% de pasto ovillo	105
8	Cambios mensuales en la densidad de tallos de ballico perenne en la asociación 10:20:70% de TB-O-BP.....	105
9	Cambios mensuales en la densidad de tallos de pasto ovillo en la pradera pura.....	106
10	Cambios mensuales en la densidad de tallos de pasto ovillo en la asociación con dos especies.....	107
11	Cambios mensuales en la densidad de tallos de pasto ovillo en la asociación con tres especies	107
12	Cambios mensuales en la densidad de tallos de pasto ovillo en la asociación con 20% de O.....	108
13	Cambios mensuales en la densidad de tallos de pasto ovillo en la asociación con 50% de O.....	108
14	Cambios mensuales en la densidad de tallos de pasto ovillo en la asociación 10:70:20% de TB-O-BP.....	109
15	Cambios mensuales en la densidad de tallos de pasto ovillo en la asociación 10:20:70% de TB-O-BP.....	109

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

En México, la superficie total sembrada, en el año 2009, fue de 21, 855,443 ha, de las cuales en el 11 % de esa superficie creció alguna especie de gramínea forrajera. De estas últimas 2, 387, 028 ha fueron cosechadas sumando un rendimiento total de 45, 546, 215 toneladas de materia seca; calculándose un promedio de 19 t ha⁻¹ (INEGI, 2009; SAGARPA, 2009). Mucho del forraje cosechado fue empleado para alimentar el ganado lechero de los sistemas de producción animal intensivos de la zona centro de México.

Los propietarios de estos sistemas enfrentan la situación de la estacionalidad en la producción de forraje como consecuencia de la influencia del clima. Por lo tanto, para planificar la superficie a sembrar y seleccionar correctamente la especie o especies a incluir en una pradera es conveniente conocer como se distribuye el rendimiento de las especies forrajeras a través del año y los cambios que ocurren en la composición botánica de la pradera (Castro *et al.*, 2012).

El enfoque de ganadería sustentable obliga a estudiar praderas asociadas, gramíneas y leguminosas, con la finalidad de conocer como se distribuye el rendimiento de forraje y su capacidad de intercepción de la radiación solar con relación a praderas monófitas (Zaragoza *et al.*, 2009). Se argumenta a favor de las praderas asociadas que al incluir una leguminosa se prolonga la persistencia de la pradera cuando esta es pastoreada (Quero *et al.*, 2007). Sin embargo, existe poca información sobre la asociación de una gramínea-leguminosa en relación al crecimiento individual de cada especie, la contribución de las mismas al rendimiento total y su respuesta a la

defoliación (Karsten y Carlassare, 2002; Matthew *et al.*, 2001; Lemaire, 2001; McKenzie *et al.*, 1999). Es de particular interés el rendimiento total y de cada especie, así como su distribución estacional (Karsten y Carlassare, 2002).

Las especies forrajeras frecuentemente sembradas, como única especie en la pradera de zonas templadas, son la alfalfa (*Medicago sativa*), trébol blanco (*Trifolium repens*), ballico perenne (*Lolium perenne L.*), festuca alta (*Festuca arundinacea*) y pasto ovillo (*Dactylis glomerata L.*). Como únicas especies han mostrado crecer más y acumular más peso seco por corte, en la primavera y el verano que en el otoño e invierno y que cuando alguna de ellas se asociaron las leguminosas parecen ser menos estacionales en su rendimiento (Camacho y García, 2002). Este patrón de acumulación de peso seco parece ser común aun en praderas con más de dos especies forrajeras (Sanderson *et al.*, 2005).

1.1. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

El objetivo general del estudio fue determinar la mejor asociación de dos gramíneas y una leguminosa en rendimiento de forraje, tasa de crecimiento (TC), composición botánica, tasa de recambio de tejido y dinámica de ahijamiento.

OBJETIVOS PARTICULARES

El primer objetivo particular del estudio fue determinar la mejor asociación de dos gramíneas y una leguminosa, sembradas a diferentes proporciones, en términos de rendimiento anual, distribución estacional, tasa de crecimiento, composición botánica y composición morfológica.

El segundo objetivo particular de esta investigación fue determinar la densidad, tasa de rebrotación y estabilidad de la población de tallos de diferentes asociaciones de dos gramíneas (*Dactylis glomerata* y *Lolium perenne*) y una leguminosa (*Trifolium repens*) en condiciones de pastoreo, durante un año.

El tercer objetivo particular del presente estudio fue evaluar la respuesta fisiológica de los pastos ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y ovilla (*Dactylis glomerata* L.), en elongación, senescencia y crecimiento neto foliar en $\text{mm tallo}^{-1} \text{d}^{-1}$ y $\text{mg tallo}^{-1} \text{d}^{-1}$; peso por tallo (en mg tallo^{-1}) y producción neta de forraje ($\text{g MS m}^{-2} \text{d}^{-1}$), sembrados a diferentes asociaciones con trébol blanco (*Trifolium repens* L.) y solos, en condiciones de pastoreo.

CAPÍTULO 2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Características de las especies evaluadas

2.1.1 Ballico perenne (*Lolium perenne* L.)

El ballico perenne es una gramínea amacollado, originaria de Europa y norte de África, se adapta bien a regiones de clima frío, con inviernos no muy severos. Desarrolla un sistema radical superficial, ramificado y adventicio en los nudos basales del fitomero; es persistente debido a su capacidad de producir numerosos tallos y formar macollos densos (Muslera y Ratera, 1991).

Las plantas de ballico producen inflorescencia en racimos compuestos de 1 a 3 espigas persistentes (raramente 6), con 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 2 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. Su inflorescencia en espiga con el raquis rígido y las espiguillas con una sola gluma que llega a 2/3 partes de la longitud de la espiguilla, con 2-11 flores, lemas no aristadas y anteras de 2-3 mm de longitud (Aizpuru *et al.*, 1999; Duthil, 1989).

En México, el ballico perenne se siembra en regiones templadas con temperatura media anual entre 10 a 18 °C, y con temperatura del mes más caluroso no mayor a 30 °C (Nuñez *et al.*, 1995). Devesh (2005), menciona que esta especie es

preferida para pastoreo, aunque su persistencia disminuye al ser expuesta a un pastoreo frecuente.

Variaciones en la temperatura ambiental, influyen en la tasa de crecimiento del ballico perenne, las mayores tasas de acumulación de peso seco ocurren de 18 a 25 °C, y las menores en la temporada fría y húmeda. Tolera el frío, pero es sensible al calor y a la sequía. Su crecimiento se estabiliza a partir de los 25 °C y se detiene a los 35 °C. El 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 los 31 °C y en la noche exceden los 25 °C (Muslera y Ratera, 1991). Por esta razón y a su gran capacidad de amacollamiento y para producir tallos es la gramínea más empleada en zonas templadas, como única especie o asociada a alfalfa o trébol blanco (Daly *et al.*, 1996). Se estimó un rendimiento de materia seca, en Europa y el medio oeste, para el primer año de 10-12 t MS ha⁻¹. Las producciones de los años siguientes suelen ser inferiores, estabilizándose en 8-10 t MS ha⁻¹, si las condiciones son favorables (Balfourier *et al.*, 2000).

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

El Pasto ovilla es una planta perenne de 30-150 cm, con pseudotallos y vainas foliares comprimidos en su base, hojas con lígula larga, inflorescencia en panícula unilateral, de alargada a ovada, en ocasiones con las ramas basales separadas del resto y alargadas, espiguillas comprimidas en grupos densos y unilaterales en el extremo de las ramas, espiguilla 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). Presenta buena adaptación a distintas

condiciones climáticas. Tolera la sequía, el calor y la sombra. Con respecto a los suelos, prefiere los terrenos calizos y ricos en materia orgánica, pero vive bien en los silíceos no demasiado ácidos (pH entre 6-8), no soporta bien el encharcamiento, pero tolera cierta salinidad (Duthil, 1989; Juscafresca, 1983).

Una característica agronómica del pasto ovilla es su fácil germinación, pero lento establecimiento en praderas. La densidad de siembra recomendada es de 15 - 20 kg ha⁻¹, aún a esta densidad el crecimiento de otras especies es favorable por lo que invaden la pradera; sin embargo, con el tiempo las plantas de pasto ovilla dominan la pradera y se establece una pradera muy persistente (Duthil, 1989).

Aizpuru *et al.* (1999) reportan que el pasto ovilla superó al ballico perenne en zonas con sequías prolongadas. Produjo forraje de buen valor nutritivo previo a la inflorescencia de las plantas, una vez en floración la digestibilidad del forraje disminuyó. Además, mencionaron que el forraje del pasto ovilla es menos digestible y apetecible que el ballico perenne, aunque respondió bien a la defoliación, tolero el pisoteo del ganado cuando no fue sobre utilizado. Por otra parte, Devesh (2005) señala que el pasto ovilla es quizás la especie forrajera perenne más cultivada debido a que el forraje que se cosecha es muy apetecido por el ganado, a que las plantas son muy resistentes al pastoreo, crecen bien en suelos superficiales y ligeros, toleran muy bien la sequía, aunque no crece bien bajo condiciones de inundación.

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

El trébol blanco es nativo de Europa, norte de África, y Asia occidental y de distribución cosmopolita. Es cultivado en zonas templadas de Nueva Zelandia (Ratray, 2005; L'Huiller, 1987). Es una leguminosa (Fabaceae) del género *Trifolium*, que se

caracteriza por la formación de hojas compuestas de tres folíolos, y por su habilidad de fijar nitrógeno en el suelo. Rzedowski (2001) menciona que es una planta perenne, con una 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; hojas glabras, con el pecíolo de 5-25 cm de largo, con tres folíolos, casi sésiles, anchamente elíptico-ovados o casi orbiculares, de 1-3 cm de largo, frecuentemente con una marca blanca; ápice redondeado, base cuneada. Hojas alternas, estipuladas, con pecíolos largos, trifoliadas. Folíolos sub sentados, de ovoides a elípticos, planos y marginados u obtusos por el ápice, finamente dentados, con una mancha blanquecina en el centro (Aizpuru *et al.*, 1999). Inflorescencia de 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, 2-3 veces más larga que el cáliz.

Los frutos son una legumbre oblonga-linear, de 4-5 mm de largo con 3-4 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). Crece en campos de golf, jardines, cultivos y praderas. Se le encuentra en ambientes diferentes, tolera muy bien las cosechas a ras de suelo. Crece en distintos tipos de pH y suelos, pero 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).

Las flores secas y sus semillas constituyen una nutritiva harina para mezclar con otros alimentos, y el agua de la infusión muy buena como té.

El Trébol blanco se adapta a una diversidad de climas, suelos y altitudes. Su crecimiento óptimo 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 secano en áreas templadas y en regadío en áreas más secas (Juscafresca, 1983; Ratray, 2005).

Muslera y Ratera (1991) mencionan que se establece sin dificultad, aunque la siembra de la 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 fertilizante nitrogenado, sombreado prolongado, intervalos amplios entre cortes, etc.). La densidad de siembra es de 1.5 a 3 kg ha⁻¹ en praderas mixtas y se recomienda que la proporción de trébol blanco establecido no supere el 40% (White y Hodgson, 1999a).

En praderas asociadas con ballico perenne, las producciones medias oscilan entre 12 y 14 t MS ha⁻¹. El forraje que produce es rico en proteína y muy digestible (Brock y Tilbrook, 2000; Brock *et al.*, 1989). La ingesta única de trébol blanco puede provocar meteorismo. La mejor forma de aprovechamiento es mediante pastoreo. Resiste muy bien 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 plantas de Trébol fijan nitrógeno en los nódulos de las raíces y lo liberan al suelo (Brock y Tilbrook, 2000). La fijación de nitrógeno es por bacterias del género *Rhizobium* que viven en simbiosis dentro de los nódulos, cuando los nódulos se desintegran el nitrógeno liberado es transferido a las raíces de los pastos que crecen junto a las plantas de trébol. Aún cuando las plantas de las gramíneas se benefician, estas causan una reducción en la producción de la leguminosa, al atenuar la intensidad de radiación solar que llega a las plantas de trébol, así como a la competencia por agua y nutrientes (Buxton, 1994).

Las plantas de trébol blanco se propagan por estolones que producen raíces en los nudos al estar en contacto con el suelo húmedo. De esta manera invaden la pradera y pueden reemplazar a las plantas que originalmente se establecieron. Estas persisten por un tiempo prolongado especialmente con pastoreos ligeros (Ratray, 2005; Brock *et al.*, 1989).

La temperatura tiene un marcado efecto en el crecimiento del trébol blanco, más aún cuando está asociado con gramíneas. Brock y Tilbrook (2000), reportan que la temperatura óptima para el crecimiento, mayor número y desarrollo de hojas y estolones es mayor a los 24 °C (Clark *et al.*, 1995).

2.2. Factores que afectan la producción de forraje

2.2.1 Ambientales

La finalidad de la producción de forraje es capturar y transformar la radiación solar en energía química (NADPH y ATP) que las utilizan para reducir el dióxido de carbono a sacarosa en el proceso enzimático conocido como ciclo de Calvin (Salisbury y Roos, 1992). Este proceso ocurre en cada ciclo de crecimiento en una pradera

siempre regulado por las condiciones atmosféricas originando cambios en la magnitud de las tasas 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 tasa de crecimiento, acumulación de peso seco por unidad de área y de tiempo, es producto de las reacciones enzimáticas de la fotosíntesis, junto con la fijación de radiación solar, responsables de la cantidad de dióxido de carbono que es capturado y reducido a sacarosa por unidad de área foliar y tiempo (Salisbury y Roos, 1992). Esta última fase de la fotosíntesis es fuertemente influenciada por humedad disponible en el suelo, el nivel de fertilidad y las propiedades físicas del suelo de una pradera (Moliterno, 2002; Matthew *et al.*, 2001; Lemaire, 2001; Perreta *et al.*, 1997; Simpson y Vulnevor, 1987).

La temperatura mínima diaria del ambiente, donde crece una pradera, 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 tropicales ocurrirá a temperaturas entre 35 y 39 °C, y en leguminosas tropicales entre 30 y 35 °C. Cuando las plantas están expuestas a temperaturas de 20 °C la tasa de fotosíntesis será menor, y casi insignificante a temperaturas entre 0 y 15 °C (Baruch y Fisher, 1991) y consecuentemente la cantidad de peso seco que se acumula en la pradera es menor.

En gramíneas templadas, temperaturas superiores a la óptima causan que la enzima responsable de la reacción de carboxilación tenga mayor afinidad por el oxígeno originándose así el fenómeno de fotorrespiración reduciéndose la tasa de

fotosíntesis (Salisbury y Roos, 1992), y consecuentemente la tasa de crecimiento de la pradera (Duran *et al.*, 1999; Jiménez y Martínez, 1984). Esto es, porque el peso seco acumulado por día es en realidad la cantidad de fibra formada a partir de la sacarosa y otras hexosas formadas en el 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). Además de la temperatura, la precipitación y humedad en el suelo influyó sobre la tasa de acumulación de peso en praderas de ballico perenne con trébol rojo (*T. pratensis*) y trébol blanco (Browman, 1955).

Clark *et al.*, 1995, han mostrado que la asociación ballico perenne-trébol blanco expuesta a elevadas concentraciones de CO₂ y temperatura incrementaron la tasa de fotosíntesis y por consiguiente la producción de forraje. Las concentraciones de CO₂ de (350 y 700 µmol mol⁻¹) no produjeron diferencias en la tasa de elongación, la longitud de la lámina y la senescencia de ballico perenne; así como la tasa de aparición de hojas en el trébol blanco. Sin embargo, la combinación de las concentraciones de CO₂ con tres temperaturas (10/4, 16/10 y 22/16 °C día/noche) afectó el peso del área foliar y del pecíolo, por unidad de longitud, del trébol blanco. Los incrementos fueron de 4, 23 y 13 % con el aumento de la temperatura (10/4, 16/10 y 22/16 °C). El mayor rendimiento de materia seca, a elevadas concentraciones de CO₂, se atribuyó a un balance en las respuestas del trébol blanco y ballico perenne (Clark *et al.*, 1995).

La disponibilidad de agua para el crecimiento de una pradera suele afectar el contenido de proteína cruda (PC), la digestibilidad de la fibra detergente neutro (DFDN), la digestibilidad total *in Vitro* (DTIV), y la fibra detergente neutro (FDN), y por consecuencia la calidad del forraje que se cosecha. Jensen *et al.* (2003) estimaron

altas concentraciones de PC, DTIV y bajos valores para FDN para las variedades tetraploides de ballico comparado con las variedades diploides. Además, observaron cuando el estrés hídrico aumento se incrementó en un 9 % el contenido de PC y DFDN del forraje.

Las plantas responden al déficit hídrico con cambios morfológicos y fisiológicos que les permiten disminuir la pérdida de agua y mejorar la eficiencia en consumo de agua. El déficit hídrico afecta negativamente la expansión del área foliar (Passioura, 1982). Esto porque el primer efecto del déficit hídrico, a nivel celular, es la reducción de la elongación y división celular (Turner y Begg, 1978). Las consecuencias de lo anterior son: reducción de la tasa de crecimiento foliar, menor tamaño de las hojas, reducción de la tasa de aparición de tallos, número de hojas vivas por tallo, y aumentos de los procesos de senescencia de hojas y macollos (Turner y Begg, 1978). Así que, la vida media foliar tiende a ser más corta y las pasturas menos densas en las condiciones de estrés hídrico.

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 que 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 involucra la remoción parcial o total de tejido vegetal, como hojas, tallos, yemas centrales y axilares, y la modificación de la morfología de plantas

individuales y de la pradera en general (Gillet, 1984). La recuperación de las plantas después de una defoliación depende de la cantidad y tipo de tejido removido, y de su estado fenológico al momento de la defoliación (Richards, 1993).

Cuando un herbívoro defolia una pradera afecta el área foliar fotosintéticamente activa, el desarrollo y crecimiento de tallos, hojas y raíces, altera el microambiente con respecto a la intensidad de luz, temperatura y humedad del suelo (Watkin y Clements, 1978). Las consecuencias de la defoliación a nivel de planta incluyen reajuste en el metabolismo y restitución del área foliar fotosintéticamente (Culnevor *et al.*, 1989), y aumento o disminución en la densidad de nuevos tallos según la plasticidad de las plantas defoliadas (Richards, 1993; Matthew *et al.*, 2001). Al modificarse el microclima, a nivel de la pradera, el suelo se expone a la radiación directa, si esta es intensa se eleva la temperatura del suelo reduciendo el crecimiento de las plantas forrajeras, aumentando la respiración y afectando negativamente el balance de carbono (Gillet, 1984). Al final, todos estos cambios influyen en el rendimiento de forraje de una defoliación a otra.

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 modificadas 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. Brougham (1957), demostró que la productividad de un pasto puede estar influida por la severidad de defoliación, siendo más importante el efecto en determinadas épocas del año. Tales

efectos pueden ser mayores cuando existe un déficit de nitrógeno; en ballico perenne la digestibilidad disminuye en la época de menor crecimiento y al aumentar el intervalo entre defoliaciones, causando una pérdida en la calidad del forraje (Curll *et al.*, 1985).

De acuerdo con Lemaire (2001), una defoliación ligera ocasiona poca reducción en la tasa de asimilación de C y puede tener efectos positivos sí, al remover hojas de plantas vecinas, se elimina el sombreado entre plantas; en cambio, después de una defoliación severa, el abastecimiento de C se reduce significativamente, en relación a la demanda para mantenimiento y crecimiento; esto implica que el balance de carbono en la planta sea temporalmente negativo, hasta la generación de nueva área foliar.

Velasco *et al.* (2001) al estudiar el rendimiento del pasto ovillo, observó que conforme disminuye el intervalo de corte de 6 a 2 semanas se redujo significativamente la producción de forraje. Lo anterior se puede deber a que las intensidades de corte frecuentes y severas, reducen el peso promedio por tallo, debido a la disminución en las reservas de carbohidratos de las plantas (Volenec y Nelson, 1983).

2.3.1. Efecto de la severidad y frecuencia de defoliación

Hodgson (1979) consigna que para el buen 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 las plantas forrajeras, determinan el rendimiento de forraje 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 de tiempo determinado, generalmente, en una estación o durante todo el año; en este período, la planta intenta recuperar el

tejido fotosintético que le ha sido extraído y, dependiendo de las condiciones ambientales y el intervalo entre cosechas, podría lograrse 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 de forraje de una pradera debe considerar la mayor permanencia del estado vegetativo, mayor número de rebrotes y una mayor cantidad de hojas (Perreta y Vegetti, 1997), por lo que existe un 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 Died (1982), evaluaron durante dos años, tres leguminosas y tres gramíneas cosechadas a cero, siete y catorce centímetros, 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 *et al.* (2009) evaluó el efecto de la frecuencia de pastoreo (28 y 35 d durante primavera, verano y otoño) y en invierno de 35 a 42 d, con tres alturas de forraje residual, pastoreo severo (3-6 cm), intermedio (7-10 cm) y ligero (11-14 cm) en

una asociación de alfalfa – pasto ovillo, reportando que los pastoreos severos, favorecieron el rendimiento de alfalfa ($P < 0.05$) y redujeron el de pasto ovillo, así como la presencia de malezas; en contraste, las defoliaciones ligeras promovieron el mayor rendimiento del pasto ovillo y una mayor acumulación de material muerto. El pastoreo ligero y poco frecuente incrementó la altura de la pradera, peso, densidad de tallos y área foliar del pasto ovillo, mientras que los pastoreos severos y frecuentes favorecieron a la alfalfa.

Carlassare y Karsten (2002), evaluaron dos intensidades de pastoreo (ligero y severo) en praderas dominadas por pasto ovillo y pasto azul (*Poa pratensis*). El pastoreo ligero fue de 27 a 7 cm, y el pastoreo severo de 20 a 5 cm. Al final del experimento, el pastoreo ligero produjo 50 % más forraje, mientras que por corte fue de aproximadamente el 23 % en 2.3 años de duración. La alta producción fue mantenida por el pasto ovillo (51 % mas forraje cosechado en las defoliaciones ligeras *versus* las severas) durante la sequia, y en periodos de temperatura elevada e independientes de la estación.

2.4. Importancia del rebrote en el rendimiento de forraje

El potencial de rebrote de una planta forrajera se ha considerado como el tiempo que le toma a la planta recuperar la biomasa removida después de una defoliación (Hernández-Garay *et al.*, 2000). Hunt (1990) definió al rebrote como el material que se acumula en el tiempo sobre el nivel del suelo, después de una defoliación. El rebrote de las gramíneas perennes proviene de la reproducción vegetativa y aparición de tallos, dicho proceso es influenciado por las fitohormonas (auxinas y citoquininas),

disponibilidad de nutrientes, área foliar remanente, capacidad fotosintética, competencia intra e interespecífica entre plantas, etc. (Tomlinson y O'Connor, 2004).

Así, el rebrote y el rendimiento de materia seca de una pradera después de la defoliación, dependen del área foliar remanente, ya que la altura de defoliación afecta de manera directa el potencial fotosintético de las plantas y la ganancia diaria de carbono (Lemaire, 2001). Por lo que las diferencias de una especie en el potencial de rebrote se deben a diferencias en la estructura del área foliar remanente y al contenido de carbohidratos solubles (Ganderats y Hepp, 2003; Perreta *et al.*, 1997; Beltrán *et al.*, 2002; Hernández-Garay *et al.*, 2002; Clavero *et al.*, 2000).

El manejo de la defoliación es importante para tener un 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 la densidad y tamaño de 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. Meristemos de crecimiento

Existen dos aspectos del crecimiento de las plantas; el primario, que consiste en el crecimiento en longitud de los brotes y de las raíces, y el segundo, relacionado con el crecimiento en grosor del tallo y de la raíz (Salisbury y Roos, 1992). La región del crecimiento del tallo se encuentra en el ápice del tallo, el cual está formado por una zona apical de división celular, en la cual, las hojas y los 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 nuevas, que son productoras de auxinas, necesarias para promover el desarrollo de nuevo tejido foliar y radical (Bidwell, 1979).

La zona donde se realizan las divisiones celulares se encuentran 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 de 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. La formación celular en el meristemo apical también continuamente añade células al tallo que se encuentra en formación. Los primordios foliares y el tallo joven tienen un desarrollo característico que implica el crecimiento y desarrollo por una extensa división celular, 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 crece en lentitud (Bircham, 1981; Hendricson *et al.*, 2005; Matthew *et al.*, 2000).

Los ápices en la etapa vegetativa están cerca de la superficie del suelo por lo que en ocasiones la defoliación los elimina, afectando a las hojas adultas y a hojas en

crecimiento. Las hojas basales generalmente, no son cosechadas pero están en avanzado desarrollo y se tornan senescentes.

Cuando las gramíneas se encuentran en estado vegetativo, los meristemas de crecimiento se encuentran a nivel o por debajo de la superficie del suelo, fuera del alcance de los animales en pastoreo y la tasa de rebrote no es afectada y se recupera rápidamente, mientras que en la 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 un mayor efecto que la pérdida de biomasa, área foliar o fuentes nutrimentales (Briske, 1991; Chapman y Lemaire, 1993).

2.4.1.2. Reservas de carbohidratos

Los carbohidratos forman el grupo de sustancias más abundantes de la naturaleza, su composición está dada por los elementos carbono, hidrógeno y oxígeno; son el primer producto del proceso de la fotosíntesis, por lo cual el resto de los compuestos formados en la planta se consideran derivados de estos mediante reacciones independientes a la fotosíntesis. En las plantas, los carbohidratos están clasificados en estructurales (celulosa, hemicelulosa, pectina, etc.) y son aquellos involucrados en la estructura rígida en la planta; y los no estructurales (glucosa, fructuosa, sucrosa, xilosa, almidón, etc.), comúnmente llamados solubles en agua o de reserva (Smith, 1972).

La velocidad de recuperación de las plantas forrajeras, está en función del almacenamiento de productos energéticos, los cuales son utilizados rápidamente en la

respiración y en los procesos de crecimiento (Duthil, 1989; Hanson *et al.*, 1988). En diferentes plantas se ha encontrado que los carbohidratos no estructurales totales, están formados por: glucosa, fructuosa, sucrosa, almidón, xilosa, rafinosa, sacarosa, estaquinoso, arabiosa y galactosa (Smith, 1972); sin embargo, su conocimiento y distribución varía entre y dentro de especies, encontrándose que en gramíneas de origen templado, predominan la sucrosa y fructuosa mientras que en las de origen tropical predominan la sucrosa y almidón (White, 1973).

En una pradera con suficientes reservas de carbohidratos y una cantidad adecuada de hojas, la tasa de crecimiento de las hojas puede mantenerse alta después de la defoliación (Hodgson, 1990; Briske, 1986). Con defoliaciones ligeras por un periodo prolongado, la acumulación de materia seca puede disminuir debido a la alta tasa de senescencia y descomposición de las hojas inferiores, como consecuencia del autosombreo (Mott, 1981; Chapman y Lemaire, 1993).

La disponibilidad de recursos o sustancias de reservas modifica la prioridad de asignación en la planta, pues se pueden alterar la relación raíz-parte aérea y la magnitud de recursos entre estas partes (Briske *et al.*, 1996). La reducción instantánea de la fotosíntesis produce una detención en la asimilación de carbono y una translocación de reservas de carbohidratos previamente almacenadas (Richard, 1993). Estos efectos se propagan rápidamente por la planta reduciendo el crecimiento radical, la respiración y la absorción de nutrientes en las 24 h 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 las 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).

2.4.1.3. Índice de área foliar

Según Hodgson (1990) el índice de área foliar (IAF) se refiere a la superficie de las hojas presentes por unidad de área de suelo. A medida que el IAF aumenta, menor será la cantidad de la luz que pueda llegar al suelo y mayor será la tasa de crecimiento. Cuando prácticamente toda la luz incidente es interceptada, la tasa de crecimiento es máxima y el IAF es el óptimo. Puede ocurrir que la superficie de hojas sea excesiva; por lo tanto el IAF es superior al óptimo y las hojas basales no reciben suficiente luz. En estos casos, es común observar un incremento en el amarillamiento y muerte de las hojas ubicadas en la base del tallo (Baguet y Bavera, 2001).

El IAF es el responsable de la interceptación de luz y, por lo tanto, de la velocidad de rebrote. Donde la combinación de elementos morfo genéticos como la aparición de hojas, elongación y vida media determinan tres características estructurales de las praderas: tamaño de hoja, densidad de tallos y número de hojas vivas (Chapman y Lemaire, 1993). La interceptación de luz está en función de la cantidad de hojas fotosintéticamente activas, así como la disposición de éstas en el tallo y la radiación

solar incidente en la zona. A medida que el área foliar aumenta, la cantidad de luz interceptada será mayor y, por consecuencia, el crecimiento de los pastos será mayor (Hodgson, 1990).

El IAF altera la calidad de la luz que incide sobre una pradera, puede modificar algunas variables a nivel de planta individual, y cambiar sus características estructurales, tales como densidad y tamaño de los tallos. El ambiente lumínico de una cubierta vegetal es normalmente heterogéneo. La parte superior del mismo, recibe la totalidad de la luz incidente, disminuyendo progresivamente conforme los estratos foliares se encuentran cerca de la superficie del suelo. Por lo que cada defoliación implica un cambio en la calidad e intensidad de la luz que es interceptada, provocando que conforme se incrementa la masa de hojas, se aumente el tamaño de los tallos y disminuya la densidad de tallos (Mazzanti *et al.*, 1994; Lemaire, 2001).

Dependiendo de la cantidad de luz, la tasa de crecimiento del forraje aumenta hasta que el 95 % a 100 % de la luz incidente es interceptada (Hodgson, 1990). El crecimiento depende en mayor grado del área foliar fotosintéticamente activa, la cual incrementa progresivamente conforme se forman y crecen los nuevos tallos y hojas (Matthew y Hodgson, 1997). Por su parte, Villegas (2002), encontró que la acumulación de material vegetativo, tiene una relación directa con el IAF, pero no con el número de hojas por tallo. Velasco *et al.* (2001), mencionan que se detectó un alto grado de asociación lineal entre la acumulación de materia seca de las hojas verdes y el IAF en cada estación del año, aunque se registraron ciertas variaciones principalmente al final del período de rebrote. Estos resultados evidencian que el IAF es la variable fisiológica

que mejor describe la respuesta del ovillo a la defoliación, ya que guarda una relación estrecha con la producción de forraje.

Las diferencias en el potencial de rebrote de una especie, pueden deberse no sólo a diferencias en la estructura del área foliar remanente, sino también al contenido de carbohidratos solubles (Gillet, 1984; Ganderats y Hepp, 2003; Perreta y Vegetti, 1997; Hernández-Garay *et al.*, 2002; Clavero *et al.*, 2000). De esta manera, el comportamiento de una gramínea frente al pastoreo está relacionado con el potencial de reemplazo del área foliar que la planta tenga (Peterson, 1962; Hyder, 1972; Briske, 1991). La altura del cultivo, conjuntamente con la densidad del follaje, determinan la cantidad de materia seca que se produce; mientras que, la relación hoja:tallo, así como la diversidad entre especies determinan la calidad de la materia seca disponible (Hodgson, 1990; Castillo *et al.*, 2009).

2.4.1.4. Fotosíntesis

El crecimiento de las plantas es una 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 (Richards, 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. Esta respuesta es conocida

como fotosíntesis compensatoria, donde se refleja un rejuvenecimiento de las hojas o una inhibición de la declinación en la capacidad fotosintética de las 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 (Mc Naughton, 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 cubra las demandas de respiración y crecimiento. Este suministro de asimilados puede ser derivado de la fotosíntesis, de los tejidos foliares remanentes o de los 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 el hábito de crecimiento de las especies forrajeras determinan la capacidad de recuperación al manejo de la defoliación. 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, reduciéndose 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 (Wright e Illius, 1995). Según estos autores en la hoja, las propiedades mecánicas dependen de la 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).

2.5. Variables que intervienen en el rendimiento de forraje

2.5.1. Morfogénesis en especies forrajeras

El término morfogénesis abarca los cambios estructurales que se producen a través del crecimiento y desarrollo de un organismo, y puede ser definido a partir de los 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 la 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 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 senece, regulado por variables ambientales y por las características propias de la pradera. (Lemaire y Agnusdei, 2000). Por lo que, 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 hojas y su vida media, son las variables que determinan mayoritariamente 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. 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 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 una mayor superficie fotosintética y así permite promover una 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 más eficientemente la intensidad lumínica que las hojas maduras y viejas (Gold y Caldwell, 1989).

La producción de forraje es el resultado del balance entre el crecimiento y la senescencia de la hoja (Bircham y Hodgson, 1983). La planeación del pastoreo ayuda a eficientar la cosecha de la hoja, antes de que entre en una etapa avanzada de senescencia (Mazzanti *et al.*, 1994; Chapman y Lemaire, 1993; Lemaire y Agnusdei, 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 y seudotallos, 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 (MacAdam *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. Al respecto Bahmani *et al.* (2000) proponen el siguiente modelo teórico del comportamiento de las plantas en las variables morfogénicas en la elongación de hojas (Figura 1).

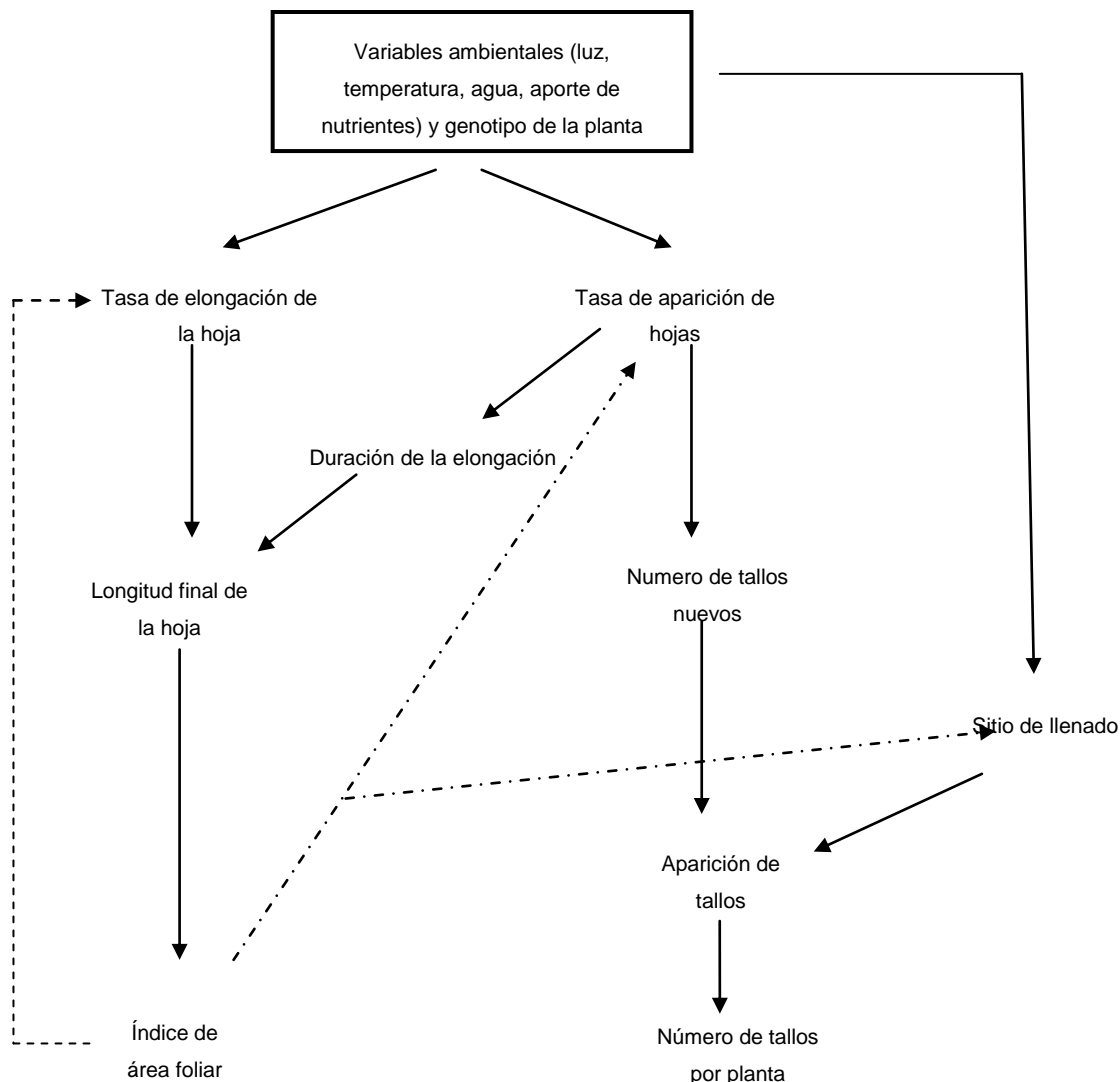


Figura 1. Relación medio ambiente – pastos o forrajes.

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). Ellos 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 m^2 en cinco y cuatro ciclos de evaluación durante un periodo de dos años.

2.5.3. Relación entre la dinámica de tallos y el 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 fitomero 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 una hoja, nudo, entrenudo, meristemo axilar y meristemo intercalar. El número y longitud de los 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 una manera secuencial y organizada, de tal manera que la forma y el 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, derivados del desarrollo secuencial de fitómeros, confiere tanto la capacidad de sustitución de los que mueren,

como la protección de los meristemas de crecimiento a los daños provocados por la defoliación (White y Hodgson, 1999a).

Por otra parte, en una asociación de gramíneas y leguminosas las unidades de crecimiento primario son los tallos y 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 estolones, y es influenciada por la tasa de aparición de nuevos tallos y estolones y por la tasa de crecimiento individual de cada uno de ellos. En cualquier pradera asociada los tallos y 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 la densidad de tallos y el peso individual de cada uno de ellos. Al respecto, cuando la densidad de tallos es alta o la pradera se encuentra en estado vegetativo, el peso individual de los tallos es más importante, por lo que la persistencia y producción de las especies forrajeras depende del balance entre la producción de nuevos tallos y la 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).

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 senescente y descomposición (Valentine y Matthew, 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 tallos grandes 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 ambos

componentes: el número de tallos y el peso individual de cada uno de ellos. Por su parte, Da Silva *et al.* (1993, 1994) encontraron que los componentes de la pradera que contribuyeron al rendimiento variaron durante un periodo de estudio de 2 años; durante 1990/91, el crecimiento extra provino principalmente del ballico perenne, pero en 1991/92 dependió principalmente del trébol blanco.

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, la ganancias de peso, la productividad de los animales bajo confinamiento o pastoreo y evitan el uso de fertilizantes nitrogenados, ya que el nitrógeno es aportado por la simbiosis que realizan con microorganismos del genero rizobium.

El aprovechamiento adecuado de praderas puras o mixtas, requiere del conocimiento sobre el manejo agronómico, distribución estacional del rendimiento y la 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 crecimiento, rendimiento estacional y anual (Matthew *et al.*, 2001; Lemaire, 2001). Cuando se evalúan praderas mixtas con más de dos especies Sanderson *et al.* (2005) reportaron que en la época húmeda no se presentan diferencias en la producción de materia seca, con un promedio de 9, 800 kg MS ha⁻¹ en todas las asociaciones evaluadas; pero durante la

época de estiaje, las praderas con un menor número de especies asociadas (2 especies), produjeron menor cantidad de forraje que aquellas asociaciones con más de 6 especies (4800 vs 7600 kg MS ha⁻¹). Lo cual es importante, dado que las especies forrajeras expresan su aptitud diferencial ante las condiciones fisiográficas, ambientales y de manejo que enfrentan.

2.7. Composición botánica

La composición botánica es una variable que proporciona una idea del comportamiento de las especies en una pradera, la cual puede ser explicada por métodos que describen aspectos de productividad, crecimiento de la planta, 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 pasto 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 menor 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 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, como lo es la altura de la 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 el 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 una 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 la masa de forraje (Rayburn y Lozier, 2007).

Los métodos de muestreo indirectos fueron utilizadas por Velasco *et al.* (2005) para evaluar el rendimiento de forraje del ballico perenne en praderas puras bajo diferentes frecuencias de corte. Ellos observaron que al aumentar la frecuencia de defoliación se disminuyó el promedio de altura de la planta y por lo tanto el rendimiento de forraje ($P < 0.05$), en todas las estaciones del año. Particularmente en verano y primavera, al cortar cada 6 semanas las plantas dispusieron de mejores condiciones para su 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 ($P < 0.05$).

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, Gangulli *et al.* (2000) mencionan que la lectura de plato es mejor que la toma de datos con regla, ya que presenta una mayor 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 la revisión de literatura

El crecimiento y rendimiento de las especies forrajeras, varía a través del año, como consecuencia de factores ambientales y de manejo, siendo la temperatura la que tiene 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 y deben cosecharse cuando las plantas presente una alta tasa de crecimiento foliar.

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-Echebarría, P. M., Urrutia, P., Zorrakin, I. 1999. Claves ilustradas de la flora del país vasco y territorios limítrofes. Servicio central de publicaciones del gobierno vasco, Vitoria, España.
- Allen, P. L. 1977. Plantas comestibles, (New York City: Houghton Mifflin Company, 1977), P. 56.
- Azevedo, M. J., Miranda, F. D., Nascimento, J. D., Menezes, S. P., Noronha, F. V. C. D., Melo, M. L. 2006. Características morfogênicas e estruturais de capim-massai submetido a adubação nitrogenada e desfolhação. Revista Brasileira de Zootecnia. 35(3):665-671.

- Baguet, H. A. y Bavera, G. A. 2001. Fisiología de la planta pastoreada. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional del Río Cuarto. Provincia de Córdoba, Argentina. http://www.produccionovina.com.ar/produccioymanejo/pasturas/pastoreosistemas/04fisiologia_de_la_planta_pastoreada.htm
- Bahmani, I., Hazard, L., Varlet – Grancher, C., Betin, M., Lemaire, G., Matthew, C. and Thom, E. R. 2000. Differences in tillering of long and short leaved perennial ryegrass genetic lines under full light and shade treatments. *Crop Science*. 40 : 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 Applied Genetic*. 101: 131–138.
- Baruch, Z. and Fisher, M. J. 1991. Factores climáticos de competencia que afectan el desarrollo de la planta en el crecimiento. En: Establecimiento y renovación de pasturas. Conceptos, experiencia y enfoques de la investigación, Red de Investigación y Evaluación de Pastos Tropicales. CIAT. Colombia pp. 103-142.
- Beltrán, L. S., Pérez, P. J., Hernández, G. A., García, M. E., Kohashi, S. J. y Herrera, H. J. G. 2002. Respuesta fisiológica del pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) a diferentes alturas de defoliación. *Agrociencia*. 36: 547-556. 2002.
- Bidwell, R. G. S. 1979. Fisiología Vegetal. A. G. T. Editor. A. A. México. 784 p.
- Bircham, J. D. 1981. The effects of change in herbage mass on herbage growth, senescence and net production rates in a continuously stoked mixed species swards. In: Wright C. E. editor. Plant physiology and herbage production. Occasional Symposium No. 13. British Grassland Society, Hurley. 1981:85-87.

- Bircham, J. D., and 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*. 38:323-331.
- Braga, G. J., Silveira, P. C. G., Rodríguez H. V., De Cerqueira L. P. H., Aparecido M. A., Barros, M. F. 2009. Quantifying herbage mass on rotationally stocked palisadegrass pastures using indirect methods. *Science Agricola*. v. 66, n.1, p. 127-131.
- Briske, D. D., Boutton, T. W. and Wang, Z. 1996. Contribution of flexible allocation priorities to herbivore tolerance in C4 perennial grasses: an evaluation with 13 Clabelling. *Oecologia*. 105:151-159.
- Briske, D. D. 1991. Development morphology and physiology of grasses. In: *Grazing Management: an ecological perspective*. Heitschmidt, R. K., Stuth J. W. (eds.). Timber Press, Portland, Oregon, USA. pp. 85-108.
- Briske, D. D. 1986. Plant response to defoliation: morphological considerations and allocation priorities. In: Joss PJ, Lynch PW, Williams OB editors; *Rangelands: A resource under siege*, Cambridge Univ. Press; 1986:425-427.
- Brock, J. L., and Caradus, J. R., Hay, M. J. M. 1989. "Fifty years of white clover research in New Zealand." *Proceedings New Zealand Grassland Association* 50: 25-39.
- Brock, J. L., and Tilbrook, J. C. 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: 335-343.

- Brougham, R. W. 1957. Pasture growth rate studies in relation to grazing management. Proceeding New Zealand Society Animal Production. (17):46-55.
- Browman, R. W. 1955. A study in rate of pasture growth. Australian Journal Agricultural Research. (6):804-812.
- Buxton, D. R., Fales, S. L. 1994. Plant environment and quality. In: Faher G. C., editor. Forage quality, evaluation and utilization. Madison (Ne): University of Nebraska. American Society of Agronomy, 1994:155-199.
- Camacho, G. J. L., y García, M. J. G. 2002. Producción y calidad del forraje de cuatro variedades de alfalfa asociadas con Trébol Blanco, Ballico perenne, Festuca alta y Pasto Ovillo. Veterinaria México. Vol. 34 No. 2 Abril-Junio 2002, pág. 149-177.
- Campos, P. D. S., Magalhães, A. L. J., Cóser, A. C., Carvalho, C. R. 2004. Rising plate meter and plant height to estimate the herbage mass in *Cynodon ssp.* Swards. Ciencia Rural. 34(2):599-601.
- Carlassare, M., Karsten, D. H. 2002. Species contribution to seasonal productivity of a mixed pasture under two grazing height regimes. Agronomy Journal. 94:840-850.
- Carrere, P., Louault, F., Soussana, J. F. 1997. Tissue turnover within grass-clover mixed swards grazed by sheep. Methodology for calculating growth, senescence and intake fluxes. The Journal of Applied Ecology. Vol 34, No. 2, (Apr., 1997), pp. 333-348.
- Castillo, E. G., Valles, M. B., Jarillo, R. J. 2009. Relación entre materia seca presente y altura en gramas nativas del trópico mexicano. Técnica Pecuaria en México. 47(1)79-92.

- Castro, R. R., Hernández G. A., Pérez P. J., Hernández G. J., Quero C. A. R., Enríquez Q. J. F., Martínez H. P. A. 2012. Comportamiento productivo de cinco asociaciones gramíneas-leguminosas bajo condiciones de pastoreo. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 35(1):87-95.
- Chapman, D. F. and Lemaire, G. 1993. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. *Proceedings of the XVII International Grassland Congress*. New Zealand and Australia. pp. 95 -104.
- Clark, H., Newton P.C.D., Bell C.C., Glasgow E.M. 1995. The influence of elevated CO₂ and simulated seasonal changes in temperature on tissue turnover in pasture turves dominated by ryegrass (*Lolium perenne*) y white clover (*Trifolium repens*). *Journal of Applied Ecology*, 1995, 32, 128-136.
- Clavero, T., Caraballo, L. y González, R. 2000. Respuesta del pasto elefante enano *Pennisetum purpureum* cv Mott. Al pastoreo. Producción de biomasa y características de crecimiento. *Revista Facultad de Agronomía (LUZ)*. 17:71-77.
- Clerget, B., Dingkuhn, M., Gozé, E., Rattunde. H. F. W., Ney B. V. 2008. Variability of phyllochron, plastochron and rate of increase in height in photoperiod-sensitive *Sorghum* Varieties. *Annals of Botany*. 101(4):579-594.
- Culnevor, R. A., Davidson, I. A., Simpson, R. J. 1989. Regrowth by swards of subterranean clover after defoliation, carbon exchange in shoot, root and nodule. *Annals Botany*. 64:557-567.
- Curll, M., Wilkins, R., Snaydon, R., Shanmugalingam, V., 1985. The effects of stocking rate and nitrogen fertilizer on a perennial ryegrass-white clover sward. I. Sward and sheep performance. *Grass and Forage Science*. 40: 129-140.

- Da Silva, S. C., Matthew. C., Matthews, P. N. P., Hodgson, J. 1993. Influence of spring grazing management on summer and autumn production of dairy pastures. Proceeding of the XVII International Grassland Congress: 859-860.
- Da Silva, S. C., Hodgson, J., Matthews, P. N. P., Matthew, C. W. 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):466-472.
- Daly, M. J., Hunter, R. M., Green, G. N., 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, J. L. 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. pp. 85-127.
- Deregibus, V. A., Sánchez R. A., Casal J. J. 1983. Effects of light quality on tiller production in *Lolium spp.* Plant Physiology. 72: 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>

- Duran, J. L., Schäufele, R., Gastal, F. 1999. Grass leaf elongation rate as a function of developmental stage and temperature: Morphological analysis and modeling. *Annals of Botany*. 83: 577-588.
- Duthil, J. 1989. Producción de forrajes. 4ª edición. Ediciones Mundiprensa. España. 443 p.
- Estrada A. J. 2001. Pastos y forrajes para el trópico colombiano. Ed. Universidad de Caldas. Colombia. 506 p.
- Fernández, H. H. 2004. Estimación de la disponibilidad de pasto. INTA, Estación experimental Balcarde, Área de producción animal, Balcarde, Buenos Aires, Argentina. 23 p.
- Ganderats, F.S., Hepp K.C. 2003. Mecanismos de crecimiento de *Lolium perenne*, *Festuca arundinacea* y *Dactylis glomerata* en la zona intermedia de Aysén. *Agricultura Técnica*. 63(3):259-265.
- Gao, Y. and Wilman, D. 1994. Leaf development in eight related grasses. *Journal Agricultural Science*. 123:41-46.
- Gangulli, A. C., Vermeire, L. T., Mitchell, R. B., Wallace, M. C. 2000. Comparison of four nondestructive techniques for estimating standing crop in shortgrass plants. *Agronomy Journal*. 92:1211-1215.
- Gillet, M. 1984. Las gramíneas forrajeras. Ed. Acribia. Zaragoza España.
- Gold, W. G. and Calwell, M. M. 1989. The effects of the spatial pattern of defoliation on regrowth of a tussock grass, responses. *Oecologia*. 80: 289-296.

- Graming, G. G., and Stoltenberg, D. E. 2007. Leaf appearance base temperature and phyllichron for common grass and broadleaf weed species. *Weed Technology*. 21(1):249-254.
- Hanson, A. A., Barnes, R. D. K. y Hill, A. 1988. *Alfalfa and alfalfa improvement*. American Society of Agronomy Inc. Madison, USA. 1084 p.
- Hendricson, J R., Berdhal J. D., Liebig M. A., Karn J. F. 2005. Tiller persistence of eight intermediate wheatgrass entries grazed at three morphological stages. *Agronomy Journal*. 97:1390-1395.
- Hernández-Garay, A., Martínez, H. P. A., Mena, U. M., Pérez, P. J., Enríquez, Q. J. F. 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. y Hodgson, J. 2000. The influence of defoliation height on dry-matter partitioning and CO₂ exchange of perennial ryegrass miniature sward. *Grass and Forage Science*. 54:1-5.
- 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*. 54:347-356.
- Hernández-Garay, A., Hodgson, J. G., 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 of Agricultural Research*. 40:25-35.

- Hodgson, J. y Da Silva, S. C. 2002. Options in tropical pasture management. *In Proc. Annual Meeting of Brazilian Society of Animal Science, 39th, Recife, Brazil. 29 July-1 Aug. pp 180-202.*
- Hodgson, J. 1990. *Grazing Management. Science into Practice.* Longman Scientific and Technical. Essex, England. 203 p.
- Hodgson, J. 1979. Nomenclature and definitions in grazing studies. *Grass and Forage Science.* 34: 11-18.
- Horrocks, R. D. and Vallentine, J. F. 1999. *Harvested Forages.* Academic Press. Oval Road, London. United States of America. 426 p.
- Hunt, R. 1990. *Plant growth curves. The Functional Approach to Plant Growth Analysis.* Edward Arnold. London, England. 248 p.
- Hyder, D. N. 1972. Defoliation in Relation to Vegetative Growth. *In: V. B. Youngner and C. M. McKell (Eds.). The Biology and Utilization of Grasses.* Academic Press. New York. pp 304-317.
- INEGI, 2009. Superficie sembrada de los principales cultivos anuales en el año agrícola 2009, por cultivo. <http://www.inegi.org.mx/>
- Jensen, B. K., Waldron B. L., Asay K. H., Johnson D. A., Monaco T. A. 2003. Forage nutritional characteristics of orchard grass and perennial ryegrass at five irrigation levels. *Agronomy Journal.* 95:668-675.
- Jiménez, M. A. y Martínez, H. P. A. 1984. *Utilización de praderas.* Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 85 p.
- Juncafresca, B. 1983. *Forrajes, fertilizantes y valor nutritivo.* 2ª edición. Editorial Aedos Barcelona, España. 203 p.

- Karsten, H. D. y Carllassare, M. 2002. Describing the botanical composition of a mixed species northeastern U.S. Pasture rotationally grazed by cattle. *Crop Science*. 42:882-889.
- Karsten, H. D., MacAdam J. W. 2001. Effect of drought on growth, carbohydrates, and soil water use by Perennial Ryegrass. Tall Fescue, and White Clover. *Crop Science*. 41:156-166.
- Kigel, J. 1980. Analysis of regrowth patters and carbohydrate levels in *Lolium multiflorun* Lam. *Annals of Botany*. 45:91-101.
- L'Huiller, P. J. 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*. 30:149-157.
- Lemaire, G. 2001. Ecophysiology of grasslands Aspects of forage plant populations in grazed swards. Proc XIX International Grassland Congress. Brazilian Society of Animal Husbandry Sociedade Brasileira de Zootecnia. Sao Pedro, San Paulo. Brasil. 29-37 p.
- Lemaire, G., y Agnusdei, M., 2000. Leaf tissue turnover and efficiency of herbage utilization. p 265-287. *In* Lemaire G., *et al.* (ed.) *Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology*. CAB International, Wallingford, UK.
- MacAdam, J. W., Volenec J. J., Nelson C. J. 1989. Effect of nitrogen on mesophyll cell division and epidermal cell elongation in tall leaf blades. *Plants Physiology* 89:549-556.

- Matthew, C., Assuero, S.G., Black, C.K. and Sackville, N. R. 2000. Tiller dynamics of grazed swards. *In* Lemaire, G. *et al.* (ed.) Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology, CAB International, Wallingford, UK. 127-150 p.
- Matthew, C. y Hodgson J. 1997. Form and function of grass. CD ROM. Grass view. Institute of Natural Resources, Massey University, New Zealand.
- Matthew, C., Quilter, S. J., Korte, C. J., Chu, A. C. P., Macckay, A. D. 1989a. Stolon formation and significance for tiller dynamics in perennial ryegrass. Proceedings of the New Zealand Grassland Association. 50: 255-259.
- Matthew, C., Xia, J. X., Hodgson, J., Chu, A. C. P. 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: 521-522.
- Mazzanti, A. G., Lemaire, G. and 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: 111-120.
- McKenzie, B. A., Kemp, P. D., Moot, D. J., Matthew, C., Lucas, R. J. 1999. Environmental effects on plant growth and development. In: White J, Hodgson J editors. New Zealand Pasture Crop Science. Auckland, N. Z: Oxford University Press. 29-44.
- McNaughton, S. J. 1983. Compensatory plant growth as a response to herbivoria. *Oikos*. 40:329-336.
- Moliterno, E. A. 2002. Variables básicas que definen el comportamiento productivo de mezclas forrajeras en su primer año. *Agrociencia*. VI (1): 40-52.

- Mott, G. O. 1981. Potential productivity of temperate and tropical grassland systems. Proc. XIV International Grassland Congress. Berkshire, England. pp 35-41.
- Muñoz, R. A., Devesa, J. A., Talavera, S. 2000. *Trifolium* L. En: Castroviejo *et al.* (eds): Flora Ibérica, Vol. VII (II) [Leguminosae (partim)]. Servicio de publicaciones del CSIC; Madrid. España. pp 579-1119.
- Muslera, P. E. y Ratera C. G. 1991. Praderas y Forrajes, Producción y Aprovechamiento. 2ª Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 674 p.
- Núñez, H. G., Hernández, Y. C., Santamaría, C. J. y Márquez, O. J. 1995. Producción de forrajes bajo condiciones limitadas de agua para riego. LALA. Ciclo Internacional de Conferencias sobre Nutrición y Manejo. Comarca Lagunera, Durango. pp 29-37.
- Osman, A. E., y Abu Diek A. A. 1982. Effects of defoliation on yield and forage quality of some tropical grasses, legumes and their mixtures. *Experimental Agricultura*. 18:157-166.
- Quero, C. A. R., Enríquez Q. F. J., Miranda J. L. 2007. Evaluación de especies forrajeras en América tropical, avances o *status quo*. *Interciencia*. 32:566-571.
- Passioura, J. B. 1982. Water in the soil-plant atmosphere continuum. In O. L. Lange, P. S. Nobel, C. B. Osmond, and H. Ziegler (eds.), *Physiological plant ecology II*. Water relations and carbon assimilation. Springer Verlag, New York. 12:5-33.
- Perreta, M. y Vegetti, A. 1997. Formas de crecimiento y efectos del corte en gramíneas forrajeras. *Revista Fave* 1: 68-80.
- Peterson, R. A. 1962. Factors affecting resistance to heaving grazing in needle-thread grass. *Journal of Range Management*. 15: 183-189.

- Ratray, P. V. 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, E. B and Lozier, J. D. 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, C. A. 1956. Elementary Morphology of Grass Growth and how it affects utilization. Ninth Annual Meeting, American Society of Range Management, Denver, Colorado.
- Richard, J. H., Joseph, C. N. y Joseph, M. D. 1997. Malezas del Nordeste, (Ithaca, NY: Cornell University Press, 1997). pp 236-237.
- Richard, J. H. 1993. Physiology of plants recovering from defoliation. In: Proceedings of the XVII International Grassland Congress. New Zealand and Australia. pp. 85-94.
- Rzedowski, G. C., 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. 1406 p.
- SAGARPA, 2009. Producción Agrícola en México. Centro de Estadística Agropecuaria. Servicio de información y estadística agroalimentaria y pesquera. <http://www.siap.gob.mx/>
- Salisbury, F.B.; Ross, C.W. 1992. Plant physiology. 4.ed. California:Wadsworth Publishing Company. 682 p.

- Sanderson, M. A., Soder, K. J., Muller, L. D., Klement, K. D., Skinner, R. H., Goslee, S. C. 2005. Forage mixture productivity and botanical composition in pastures grazed by dairy cattle. *Agronomy Journal*. 97:1465-1471.
- Schnyder, H., Schäufele R., Visser R., Nelson C. J. 2000. An integrated view of C and N uses in leaf growth zones of defoliated grasses. *In*: Lemaire G., Hodgson J., Morales A. Cavalho P. C., 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, R. J. and Vulvenor, R. A. 1987. Photosynthesis, carbon partitioning and herbage yield. *Temperate Pastures*. pp. 113 – 114.
- Skinner, R. H., Nelson, C. J. 1995. Elongation of the grass leaf and its relationship to the phyllochron. *Crop Science*. 35:4-10.
- Skinner, R. H. and Nelson C. J. 1992. Estimation of potential tiller production and site usage during tall fescue canopy development. *Annals of Botany*. 70:493-499.
- Smith, D. 1972. Total nonstructural carbohydrate concentrations in the herbage of several legumes and grasses at first flower. *Agronomy Journal*. 64:705-706.
- Speeding, C. R. W. 1971. *Grassland Ecology*. Clarendon press. Oxford, Great Britain. 221 p.
- Tomlinson, K. W. and O'Connor, T. G. 2004. Control of tiller recruitment in bunchgrasses: uniting physiology and ecology. *Functional Ecology*. 18: 489-496.

- Turner, N.C. and Begg, J.E. 1978. In Plant Relations in Pastures (J.R.Wilson, Ed). Pp. 50-66. Melbourne: CSIRO.
- Valentine, I., and 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. 11-27 p.
- Velasco, Z. M. E., Hernández G. A., González, H. V. A. 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, Z. M. E., Hernández, G. A., González, H. V. A., Pérez, P. J., Vaquera, H. H., Galvis, S. A. 2001. Curva de crecimiento y acumulación estacional del pasto Ovillo (*Dactylis glomerata* L.). Técnica Pecuaria en México. 39(1):1-14.
- Villegas, A. Y. 2002. Análisis de crecimiento estacional y componentes del rendimiento de cuatro variedades de alfalfa. Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Posgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México. 91 p.
- Volenec, J. J. and Nelson, C. J. 1983. Responses of tall fescue leaf meristem to N fertilization and harvest frequency. Crop Science. 23:720-724.
- Waller, S.S., Moser L. E., Reece P. E. y Gates G.A. 1995. Understanding grass growth: the key to profitable livestock production. Kansas City, MO: Trabon Printing Co. Inc. 20 p.
- Watkin, B and Clements R. 1978. The effects of grazing animals on pastures. In: Wilson, J. R. (ed.). Plant relations in pastures. CSIRO, East Melbourne, Australia, pp. 273-289.

- White, L. M. 1973. Carbohydrates of reserves of grasses, a review. *Journal of Range Management*. 26:13-17.
- White, J., and Hodgson, J. 1999a. Pasture establishment. *In: Pasture and Crop Science*. Oxford University Press. New Zealand. pp 104-106.
- White, J., and Hodgson, J. 1999b. Plant interactions in pastures and crops. *In: Pasture and Crop Science*. Oxford University Press. New Zealand. pp 45-55.
- Wright, W And A.W. Illius . 1995. A comparative study of the fracture properties of five grasses. *Functional Ecology* 9: 269-278.
- Zaragoza, E. J., Hernández, G. A., Pérez, P. J., Herrera, H. J. G., Osnaya, G. F., Martínez, H. P. A., González, M. S., Quero, C. A. R. 2009. Análisis de crecimiento estacional de una pradera asociada alfalfa-pasto Ovillo. *Técnica Pecuaria en México*. 47(2):173-188.

**CAPÍTULO 3. PRODUCTIVIDAD DE SIETE ASOCIACIONES Y DOS PRADERAS
PURAS DE GRAMÍNEAS Y UNA LEGUMINOSA EN CONDICIONES DE PASTOREO**

PRODUCTIVIDAD DE SIETE ASOCIACIONES Y DOS PRADERAS PURAS DE
GRAMÍNEAS Y UNA LEGUMINOSA EN CONDICIONES DE PASTOREO

Miguel Ángel Moreno Carrillo, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2012

RESUMEN

Con el objetivo de encontrar la mejor asociación que maximicé el rendimiento de forraje (MS), se estudiaron diferentes asociaciones de dos gramíneas *Dactylis glomerata* L., pasto ovillo (O) y *Lolium perenne* L., ballico perenne (BP) y una leguminosa *Trifolium repens* L.; trébol blanco (TB) en condiciones de pastoreo. Se utilizaron nueve asociaciones: 30:20:50 %; 10:70:20 %; 00:00:100 %; 00:100:00 %; 40:00:60 %; 30:50:20 %; 20:40:40 %; 40:60:00 % y 10:20:70 % de trébol blanco, pasto ovillo y ballico perenne, que se distribuyeron en 36 unidades experimentales, en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Las variables evaluadas fueron: rendimiento de materia seca, tasa de crecimiento, composición botánica y morfológica. Las praderas fueron defoliadas por ovinos, cada cuatro semanas en primavera-verano y cada seis durante otoño-invierno. Se encontró que la asociación 10:20:70 % TB:O:BP mostró el mayor rendimiento de MS superando en 66 % a la asociación 10:70:20 % y a la pradera pura de ovillo ($P < 0.05$). Incluyendo todas las asociaciones, el mayor rendimiento de MS y tasa de crecimiento se presentó en primavera-verano y el menor en otoño-invierno con 69 y 31 % del rendimiento anual. En promedio, el ballico perenne, el pasto ovillo y el trébol blanco aportaron 47, 21 y 13 % respectivamente, al rendimiento anual de forraje. La mejor asociación fue 10:20:70 % TB-O-BP.

Palabras clave: *Dactylis glomerata*, *Lolium perenne*, *Trifolium repens*, praderas asociadas, rendimiento de forraje.

HERBAGE YIELD OF SEVEN ASSOCIATION AND TWO PURE SWARDS OF
GRASSES AND ONE LEGUME UNDER GRAZING CONDITIONS

Miguel Ángel Moreno Carrillo, Dr.
Colegio de Postgraduados, 2012

ABSTRACT

In order to find the best association that maximizes herbage yield (DM), different associations of two grasses *Dactylis glomerata* L., orchard grass (O) and *Lolium perenne* L., perennial ryegrass (PR) and one legume *Trifolium repens* L., white clover (WC) under grazing conditions. Nine associations were used: 30:20:50 %; 10:70:20 %; 00:00:100 %; 00:100:00; 40:00:60 %; 30:50:20 %; 20:40:40 %; 40:60:00 % and 10:20:70 % of white clover, orchard grass and perennial ryegrass, distributed into 36 experimental units under a totally random block design with four repetitions. The evaluated variables were: herbage yield, growth rate, botanical and morphological composition. The swards were defoliated by sheep every four weeks in spring-summer, and every six weeks during fall-winter. The 10:20:70 % WC:O:PR association showed the highest herbage yield, 66 % more than the 10:70:20 % association and the pure orchard grass sward ($P < 0.05$). Including all associations, the higher herbage yield and growth rate were recorded in spring-summer, and the lower in fall-winter with 69 and 31 % of the annual herbage yield. On average, perennial ryegrass, orchard grass, and white clover proportioned 47, 21, and 13 % respectively, to herbage yield. The best association was 10:20:70 % WC-O-PR.

Key words: *Dactylis glomerata* L., *Lolium perenne* L., *Trifolium repens*, associated swards, herbage yield.

INTRODUCCIÓN

En México, la ganadería es una de las principales actividades económicas, debido a que más del 50 % de la superficie nacional se dedica a esta actividad. El pastoreo se realiza en todos los estados de la república mexicana y utiliza cerca del 62.5 % del total de los 2, 000,000 de km² de tierra que existen en el país (CONAGRO, 2006). Los forrajes constituyen una parte importante en la dieta de los rumiantes en las unidades ganaderas, por ser el alimento más barato (Pérez *et al.*, 2002). En la zona central del país existen sistemas de producción animal que tienen como componente importante el uso de praderas puras y asociadas. Al respecto, INEGI (2009) menciona que en México la superficie total sembrada fue de 21, 855,443 ha, con una superficie establecida de pastos cultivados de 2, 436, 860 ha, de las cuales se cosecharon 2, 387, 028 ha y un volumen de producción de 45, 546, 215 toneladas de materia seca (MS). Al respecto, SAGARPA (2009) señala que el rendimiento de pastos cultivados es de 19 ton MS ha⁻¹.

El establecimiento de praderas puras o asociadas de mayor rendimiento y valor nutritivo de forraje permite disminuir los costos de producción en comparación con el uso de dietas balanceadas y asegurar una alta producción animal (Camacho y García, 2002; Gonzales *et al.*, 2004). En estas explotaciones, la finalidad del manejo de praderas, es mantener una alta y sostenida producción de forraje de buena calidad durante el año, la cual se puede lograr conociendo el potencial de rebrote de las especies presentes y su adaptación a las condiciones ambientales. El clima tiene influencia directa en el crecimiento, desarrollo y rendimiento de las plantas, por afectar directamente la tasa de fotosíntesis y por consecuencia la tasa de crecimiento de una

pradera, la tasa de aparición y expansión de la lámina foliar, aparición y muerte de tallos y estolones, así como, en el crecimiento radical. Cada especie forrajera tendrá los máximos valores de los parámetros antes citados cuando crecen en la zona térmica óptima (Mc Kenzie *et al.*, 1999, Matthew *et al.*, 2001; Lemaire, 2001; Daly *et al.*, 1996).

El uso de leguminosas solas o asociadas con gramíneas permite mejorar el rendimiento, su distribución estacional y calidad nutricional del forraje, que a su vez, mejoran las ganancias de peso, producción de leche, y fertilidad del suelo por el aporte de nitrógeno atmosférico, así como, una mejor intercepción de luz. Sanderson *et al.* (2005), señalan que el rendimiento es menor en praderas puras o con dos especies que aquellas con más de tres. En la zona templada del país, el trébol blanco, ballico perenne y ovilla, son especies que se emplean bajo condiciones de pastoreo debido a su fácil establecimiento, rápida cobertura del suelo, buen crecimiento y elevada producción de forraje (Castro *et al.*, 2012). Sin embargo, existen pocos estudios relacionados con la proporción de cada especie que permita obtener un mayor rendimiento de forraje y una mejor distribución estacional, sin deterioro de la pradera. Por lo que el objetivo del estudio fue determinar la mejor asociación de dos gramíneas (*Dactylis glomerata* L.; *Lolium perenne* L.) y una leguminosa (*Trifolium repens* L.), sembradas a diferentes proporciones, en términos de rendimiento anual, distribución estacional, tasa de crecimiento, composición botánica y composición morfológica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del área de estudio

El estudio se realizó en una pradera asociada de trébol blanco (*Trifolium repens*), pasto ovilla (*Dactylis glomerata L.*) y ballico perenne (*Lolium perenne L.*), ubicada en el Campo Experimental del Colegio de Posgraduados, en Montecillo, Texcoco, Estado de México. 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; la menor temperatura promedio mensual es de 11.6 °C y ocurre en enero y la mayor en mayo con 18.4 °C (García, 1988).

Establecimiento de praderas

La pradera fue establecida en diciembre del 2009 y la toma de datos fue de marzo de 2010 a abril de 2011. Las gramíneas se sembraron en hileras separadas a 15 cm, mientras que la leguminosa se sembró en forma perpendicular a las gramíneas con una distancia entre hileras de 40 cm. La densidad de siembra empleada por especie fue de 10 kg ha⁻¹ de pasto ovilla, 20 kg ha⁻¹ de ballico perenne y 5 kg ha⁻¹ de trébol blanco, respectivamente. En el Cuadro 1 se muestran las diferentes proporciones empleadas por especie.

Las asociaciones se distribuyeron aleatoriamente en 36 parcelas experimentales de 7 por 8 m (56 m²), siguiendo las recomendaciones para un diseño experimental en bloques completamente al azar con cuatro repeticiones. Las praderas no fueron

fertilizadas y en la época de estiaje fueron regadas hasta capacidad de campo cada dos semanas.

Antes de iniciar las mediciones, en el mes de marzo de 2010, las praderas fueron defoliadas por ovinos, para uniformizar la altura aproximada de 5 cm sobre el nivel del suelo. Posteriormente, la frecuencia de defoliación vario con la estación del año; cada cuatro semanas durante primavera-verano y seis semanas en otoño-invierno, de acuerdo con las recomendaciones de Velasco *et al.* (2001; 2005), para pasto ovillo y ballico perenne en praderas puras. Para un mejor manejo de los ovinos, las praderas fueron delimitadas con cerco eléctrico.

Variables medidas

Rendimiento de forraje

Para estimar el rendimiento de forraje en cada parcela, se establecieron dos cuadros fijos de 0.25 m², donde se cortó el forraje presente a 5 cm de altura, antes del pastoreo, con tijeras. Inmediatamente después, las praderas fueron defoliadas por ovinos a una altura aproximada de 5 cm. El material cosechado se lavó y secó en una estufa de aire forzado por 48 h a 55 °C y se pesó. La acumulación de forraje estacional y anual en cada asociación, se obtuvo al sumar la cantidad de forraje cosechado en los cortes correspondientes a los meses de cada estación y en todos los meses del año, respectivamente.

Tasa de crecimiento del cultivo (TCC)

Con la cantidad para rendimiento de forraje (FC, en kg MS ha⁻¹), en base seca, cosechada en cada corte y el tiempo transcurrido entre una defoliación a otra (t, en días), se calculó la tasa de crecimiento de la pradera (TCC, en kg MS ha⁻¹ d⁻¹):

$$\text{TCC} = \text{FC}/t$$

Composición botánica y morfológica

Se determinó la composición botánica del forraje cosechado a la mitad de cada estación. Se tomó una submuestra de aproximadamente 20 % del total del forraje cosechado para separar las especies forrajeras, pasto ovillo, ballico perenne y trébol blanco, el material muerto, otros pastos y maleza. Los componentes morfológicos (hojas y tallos) de plantas de pasto ovillo, ballico perenne y trébol blanco fueron separados. Cada componente botánico y morfológico fue colocado en bolsas de papel identificadas con el nombre del componente, fecha de corte y tratamiento experimental, las cuales se pusieron en una estufa de aire forzado a 55 °C durante 48 h, al final del periodo referido cada bolsa fue pesada.

Análisis estadístico

Para estimar el efecto de los tratamientos (asociaciones) sobre las variables respuesta (rendimiento de forraje, tasa de crecimiento del cultivo, composición botánica y morfológica), considerando periodos estacionales se utilizó el análisis de varianza para diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones, el cual fue implementado en el PROC GLM del SAS, para comparar las medias de tratamientos se utilizó el procedimiento de Tukey.

Datos climáticos

Los promedios mensuales de temperatura a la intemperie (máxima, media y mínima) y la precipitación mensual durante el periodo de estudio, se obtuvieron de la estación meteorológica del Colegio de Postgraduados, situada a 100 m del sitio experimental (Cuadro 2).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento de forraje

A excepción de la asociación 10:70:20 % de trébol blanco (TB), pasto ovillo (O) y ballico perenne (BP) y de la pradera pura de ovillo, que registraron el menor rendimiento anual de materia seca, no se presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos (Cuadro 3). El rendimiento anual mostró el siguiente orden descendente: 10:20:70 % TB-O-BP > 100 % BP > 20:40:40 % TB-O-BP > 30:20:50 % TB-O-BP > 40:60 % TB-BP > 40:60 % TB-O > 30:50:20 % TB-O-BP > 10:70:20 % TB-O-BP > 100 % O. La asociación 10:20:70 % de TB-O-BP, presentó el mayor rendimiento de materia seca (12,611 kg MS ha⁻¹) superando en 65.7 % a la asociación 10:70:20 % de TB-O-BP y en 66.3 % a la pradera pura de pasto ovillo ($P < 0.05$). La asociación 10:20:70 % de TB-O-BP y la pradera pura de BP registraron los valores más altos de rendimiento de materia seca, con un aporte de ballico perenne del 70 y 86 %, seguido del trébol blanco con 11 % y el pasto ovillo con 8 %, respectivamente.

Los resultados (Cuadro 3) muestran que independientemente de la asociación el 69 % del rendimiento anual se presentó en primavera y verano, y el 31 % en otoño e invierno, siendo la estación de invierno la que tuvo el menor valor con 12 % ($P < 0.01$).

En primavera el mayor rendimiento lo mostraron la pradera pura de BP y la asociación 10:20:70 % TB-O-BP ($P < 0.01$) con 40 y 32 %, del rendimiento anual y solo fueron estadísticamente diferente a las asociaciones 10:70:20 % TB-O-BP, 30:50:20 % TB-O-BP, 40:60 % TB-O y a la pradera pura de ovido ($P < 0.01$). Sin embargo, en verano, otoño e invierno no se presentaron diferencias estadísticas entre asociaciones.

Independientemente de la asociación, la distribución promedio estacional del rendimiento fue 33, 36, 19 y 12 % para primavera, verano, otoño e invierno ($P < 0.05$), respectivamente, la cual se atribuyen a las condiciones ambientales, particularmente a temperatura por su influencia directa sobre la fotosíntesis (Mc Kenzie *et al.*, 1999, Matthew *et al.*, 2001; Lemaire, 2001; Daly *et al.*, 1996) cuyas consecuencias son diferencias en el rendimiento de forraje (Cuadro 2). Además, la temperatura influye sobre parámetros morfológicos de las especies estudiadas, estrechamente relacionados con el rendimiento, como la tasa de aparición, expansión de las hojas, y el índice de área foliar (Velazco *et al.*, 2001 y 2005; Clark *et al.*, 1995; Brock *et al.*, 1989).

Con base al rendimiento estacional y anual (Cuadro 4) se calculó, que en promedio, el peso seco del ballico perenne correspondió al 50 % del rendimiento anual, en todas las asociaciones. Se estimó que el máximo peso seco del ballico perenne, en el rendimiento total, fue en primavera-verano (80 %) y el menor peso seco en el invierno (6 %). En la pradera con solo BP se cosecharon 9,286 kg MS ha⁻¹ superando en 172 y 193 % el rendimiento anual de otras asociaciones con 20 % de BP.

El pasto ovido fue la gramínea que registró el menor rendimiento en las asociaciones, con un promedio anual de 2,251 kg MS ha⁻¹ (Cuadro 4). Para el verano

se estimó el mayor rendimiento para esta gramínea, el 46 % del rendimiento anual ($P < 0.01$). En La pradera pura de ovilla y la asociación TB-O-BP con 10:20:70 % se cosecharon 4,553 y 961 kg MS de pasto ovilla ha^{-1} , los cuales respectivamente fueron el mayor y menor rendimiento ($P < 0.01$). La escasa contribución del ovilla al rendimiento anual pudo deberse a que el nivel de defoliación fue severo resultando un rebrote lento (Zaragoza *et al.*, 2009; Turner *et al.*, 2007) quizás el número de hojas y tipo de hojas remanentes después de la defoliación para asegurar un crecimiento vigoroso del pasto ovilla; por las que el crecimiento inicial, de las plantas del pasto ovilla, dependió de las reservas de carbohidratos que almacenan en las raíces y tallos (Mendoza *et al.*, 2010; Villegas *et al.*, 2006; Valentine y Matthew, 1999)..

En la mayoría de las asociaciones estudiadas, el menor peso cosechado fue para el trébol blanco, en promedio de 1,581 kg MS ha^{-1} por asociación, sin diferencias entre ellas en el verano, otoño e invierno ($P > 0.05$). Al comparar el rendimiento de las estaciones, se detectó un incremento progresivo con el cambio de estaciones, de primavera a invierno y diferencias entre las asociaciones 40:60 % TB-BP y 10:20:70 % de TB-O-BP ($P < 0.05$). Contrario a lo observado en las gramíneas, para el trébol blanco se registró el menor peso seco en el rendimiento de forraje en primavera-verano (37 % del total).

El menor peso seco del trébol blanco, en comparación con las gramíneas, en el forraje cosechado se atribuye a que las plantas de trébol estaban en proceso de establecimiento y a la atenuación de la radiación solar por el sombreado que producen las plantas de ballico perenne (Brock *et al.*, 1989; Rattray, 2005; Karsten y MacAdam, 2001).

Estos resultados no son concordantes con los obtenidos por Castro *et al.* (2012) para cinco asociaciones de ballico perenne, pasto ovillo y trébol blanco. Ellos registraron el mayor rendimiento de forraje (17,270 kg MS ha⁻¹), al combinar TB, O y BP en 40, 20 y 40 %. En esta combinación el rendimiento anual del trébol blanco fue de 10,000 kg MS ha⁻¹. De igual manera Brock *et al.* (1989), registraron el mayor peso seco para el trébol blanco, en primavera-verano, asociado a gramínea de clima templado.

El mayor rendimiento de forraje registrado para el trébol blanco, en las estaciones de otoño e invierno, en las siete asociaciones estudiadas puede ser una evidencia de su tolerancia al pastoreo debido a su hábito de crecimiento erecto (Hodgson, 1990; Brock *et al.*, 1989). Por el contrario, el ballico perenne acumuló más peso seco en la primavera y verano, cuando la temperatura ambiental fue mayor que el invierno (Black *et al.*, 2006; Durán *et al.*, 2011). Las temperaturas mínimas al final del otoño y en el invierno, cercanas a los cero grados centígrados, causaron que el ballico perenne y el pasto ovillo acumularan menos peso seco (Cuadro 2), tal como lo comprobó Hudson *et al.*, (2010).

Tasa de crecimiento del cultivo

La tasa de crecimiento del cultivo (TCC) estacional de las nueve asociaciones se presenta en el Cuadro 5. La TCC de las praderas con solo ovillo y con las asociaciones 10:70:20 y 30:50:20 % (TB-O-BP) fue de 24 y 25 kg MS ha⁻¹ d⁻¹ y fueron las menores ($P < 0.01$). Estas TCC fueron 63 y 56 % menores a las TCC de las praderas con la asociación 10:20:70 % (TB-O-BP), respectivamente; las cuales no fueron diferentes ($P > 0.05$) a las TCC del resto de las asociaciones y a la pradera pura de ballico perenne.

En general, se calculó la mayor TCC promedio para los crecimientos del verano con 40 kg MS ha⁻¹ d⁻¹, superaron en un 11, 67 y 167 % a las TCC de la primavera, el otoño y el invierno, respectivamente (P < 0.05). En la primavera, la menor (27 kg MS ha⁻¹ d⁻¹) y mayor (52 kg MS ha⁻¹ d⁻¹) TCC se calcularon para las praderas puras de O y BP (P < 0.05; Cuadro 5). Las TCC calculadas para el verano, demostraron que todas las asociaciones y praderas puras estudiadas acumularon peso a tasas similares (P > 0.05) como lo observó Velasco *et al.* (2001 y 2005) para praderas puras de ovillo y ballico perenne en el verano.

Las menores TCC calculadas para el otoño y el invierno cuando hubo numerosos eventos de heladas en la zona donde se establecieron las praderas (Cuadro 2). Aun cuando las TC para el trébol blanco fueron mayores en el otoño, fueron inferiores a las TCC reportadas por Sevilla *et al.* (2001) para praderas puras de trébol blanco. Estos autores observaron TCC para el trébol blanco fueron dependientes de las temperaturas ambientales

Las TCC de las praderas asociadas fueron inferiores a las calculadas para las praderas puras de ballico perenne y para la asociación con mayor proporción de ballico (10:20:70 % de TB, O y BP) en la primavera y verano. Estos resultados coinciden con lo observado por Velasco *et al.* (2001, 2005) quienes registraron las mayores TC durante el verano en praderas puras de BP. Tal comportamiento, generalmente se atribuye a la habilidad de las plantas del BP y TB para competir por luz, agua y nutrientes cuyos efectos se evidencian en la tasa de aparición y elongación del área foliar (Durand *et al.*, 1999).

Las TCC promedio de las praderas con las asociaciones gramíneas-leguminosas de $62 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ para la primavera y de $47 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ para el verano se asociaron a la precipitación del año 2003 como lo encontró Sanderson (2010). El año 2002 fue un año menos húmedo comparado con el año 2003, y las TCC fueron menores para la asociación ovillo-trébol blanco comparado con otras asociaciones de gramíneas-leguminosas.

Composición botánica y morfológica

En general, el peso seco del BP, O y TB correspondió al 47, 21 y 13 % de rendimiento total anual; el 19 % restante fue para material muerto, otros pastos y malezas (Figura 1). La contribución del BP y O al rendimiento de las praderas puras fue de 86 y 60 % respectivamente. El peso seco del BP fue el más variable, de 70 a 40 % del rendimiento total, en las asociaciones con TB y BP (40 y 60 %) y con TB, O y BP (30:50:20 %), respectivamente (Figura 1), la diferencia entre el rendimiento total de ambas asociaciones fue de $3,372 \text{ kg MS ha}^{-1}$ (Cuadro 4). El peso seco del TB en el rendimiento total de las asociaciones TB-O (40:60 %) y TB-O-BP (10:20:70 %) fue de 25 y 11 %, respectivamente (una diferencia de $752 \text{ kg MS ha}^{-1}$, entre ellas). Para el O se calculó una diferencia de $2,853 \text{ kg MS ha}^{-1}$ del rendimiento total de las asociaciones TB-O (40:60 %) y TB-O-BP (10:20:70 %).

En el rendimiento total de la asociación TB, O y BP (10:20:70 %), el peso seco del BP fue del 70 %, seguido del peso seco del TB (11 %), y del O (8 %). En las asociaciones de TB con O (40:60 %; TB-O) y ballico perenne (40:60 %; TB-BP) el peso seco del material muerto, y maleza junto con otros pastos fue del 30 % y 15 %, respectivamente.

respectivamente. En las asociaciones con las 3 especies forrajeras, pero con mayor proporción de O (10:70:20 y 30:50:20 %; TB-O-BP), el peso seco del material muerto, maleza y otros pastos fue mayor al 15 %. En contraste, en aquellas asociaciones con mayor proporción de BP (30:20:50 y 10:20:70 %; TB-O-BP), el porcentaje de material muerto, malezas y otros pastos fue menor al 15 %. Para las praderas puras de O y BP se calculó un 40 y 15 % de componentes no deseables, respectivamente (Figura 1).

La contribución de cada componente morfológico al rendimiento de las asociaciones se presenta en la Figura 2. El porcentaje de hoja y tallo en la pradera pura de O fue de 59 y 2 %; en BP fue de 64 y 22 %, respectivamente. La asociación con TB y BP (40:60 %) registró 52, 17 % de hoja y tallo en BP y de 12 y 4 % de hoja y peciolo en TB; mientras que para la pradera TB y O (40:60 %) fue de 44, 1 % para hoja, tallo de O y de 18 y 6 % para hoja y peciolo de TB.

Para las asociaciones con menor porcentaje de O (30:20:50 y 10:20:70 %; TB-O-BP), se calculó un porcentaje de hoja y tallo 15 y 1 %, respectivamente. Pero para las asociaciones con mayor combinación de BP se calculó una aportación mayor al 40 y 15 % para hoja y tallo; mientras que la hoja y peciolo de TB fue de 8 y 3 % en la asociación con TB, O y BP (10:20:70 %) y un 14 y 5 % para las combinaciones con 30 % de TB (Figura 2).

El lento establecimiento del O, junto con la intensidad de pastoreo utilizada en este estudio, quizás influyeron en la productividad del O favoreciendo la invasión de malezas (Coleman y Sollenberger, 2007) y otros pastos como ocurrió en la pradera pura de O y asociadas con mayor proporción de ovillo (Figuras 1 y 2).

Los resultados del presente estudio coinciden con los reportados por Castro *et al.* (2012), para cinco asociaciones de TB, O y BP. Para las praderas con asociación TB y O, calcularon el menor rendimiento de forraje (12,140 kg MS ha⁻¹), la menor tasa de crecimiento (32 kg MS ha⁻¹ d⁻¹), y el menor rendimiento de TB (5130 kg MS ha⁻¹), pero un mayor rendimiento de O (4420 kg MS ha⁻¹). Sin embargo, estos autores reportan un porcentaje de 40, 29 y 18 % para el TB, BP y O del rendimiento total anual, contrario a lo calculado en este estudio donde BP resultó ser la especie perenne dominante.

CONCLUSIONES

En las praderas con la asociación 10, 20 y 70 % de trébol blanco, ovinillo y ballico perenne se cosecho el mayor rendimiento anual y se calculó la mayor tasa de crecimiento promedio. En la primavera-verano se cosecho el mayor rendimiento anual de forraje y la mayor tasa de crecimiento para las praderas pura de ballico perenne y con 10 % de trébol blanco, 20 % de ovinillo y 70 % de ballico perenne. El ballico perenne fue la especie forrajera dominante y su peso seco correspondió a un 47 % del rendimiento anual, seguido del pasto ovinillo (21 %) y el trébol blanco (13 %). Las hojas fueron el componente morfológico que predominó en el forraje cosechado en las praderas con una sola especie y con dos o tres especies forrajeras.

LITERATURA CITADA

Black A D, D J Moot, R J Lucas (2006) Development and growth characteristics of Caucasian and white clover seedlings, compared with perennial ryegrass. Grass Forage Sci. 61(4):442-453.

- Brock J L, J R Caradus, M J M Hay (1989) Fifty years of white clover research in New Zealand. *In: Proceedings of the New Zealand Grassland Association* pp: 50: 25-39.
- Camacho G J L, García M J G (2002) Producción y calidad del forraje de cuatro variedades de alfalfa asociadas con trébol blanco, ballico perenne, festuca alta y pasto ovillo. *Vet. Méx.* 34: 149-177.
- Castro R R, G A Hernández, P J Pérez, G J Hernández, C A R Quero, Q J F Enríquez, H P A Martínez (2012) Comportamiento productivo de cinco asociaciones gramíneas-leguminosas bajo condiciones de pastoreo. *Revista Fitotecnia Mexicana.* 35(1):87-95.
- Clark H, P C D Newton, C C Bell, E M Glasgow (1995) The influence of elevated CO₂ and simulated seasonal changes in temperature on tissue turnover in pasture turfs dominated by ryegrass (*Lolium perenne*) y white clover (*Trifolium repens*). *J. of App. Ecol.* 32: 128-136.
- Coleman S W, L E Sollenberger (2007) Plant-herbivore interactions. p. 123-136. *In: R. F Barnes et al. (ed.) Forages: The science of grassland agriculture, Vol. 2, 6th ed. Blackwell Publ., Ames, IA.*
- CONAGRO (2006) La ganadería en México. Documento informativo. <http://www.conagro.com/novedades/ganaderia.html>
- Daly M J, R M Hunter, G N Green, L Hunt (1996) A comparison of multi-species pasture with ryegrass-white clover pastures under dry land conditions. *Proceeding New Zealand Grassland Association.* 58:53-58.

- Durand J L, R Schäufele, F Gastal (1999) Grass leaf elongation rate as a function of developmental stage and temperature: Morphological analysis and modeling. *Annals of Botany* 83: 577-588.
- Durán P N, C J A Ruiz, E D R González, H G Núñez, R F J Padilla, R S H Contreras (2011) Temperaturas cardinales de desarrollo en la etapa siembra-emergencia de 11 pastos forrajeros. *Rev. Méx. Cienc. Pecu.* 2(3):347-357.
- García E (1988) Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4ª ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 217 p.
- González A S X, S H Días, T R López, G E Aizpuru, C H M Garza, R F Sánchez (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.
- Hodgson J (1990) *Grazing Management: Science into Practice.* Longman Scientific & Technical. Harlow, England. 204 p.
- Hudson D J, R H Leep, T S Dietz, A Kravchenko (2010) Integrated warm-and cool-season grass and legume pastures: I. Seasonal forage dynamics. *Agron. J.* 102:303-309.
- INEGI (2009) Superficie sembrada de los principales cultivos anuales en el año agrícola 2009, por cultivo. <http://www.inegi.org.mx/>
- Karsten H D, J W MacAdam (2001) Effect of drought on growth, carbohydrates, and soil water use by perennial ryegrass. Tall fescue, and white clover. *Crop Science.* 41:156-166.

- Lemaire G (2001) Ecophysiology of grasslands Aspects of forage plant populations in grazed swards. Proceeding of the XIX International Grassland Congress. São Pedro, São Paulo. Brasil. pp: 29-37.
- Matthew C G, E N Val Loo, E R Tom, L A Dawson, D A Care (2001) Understanding shoot and root development. Proceeding of the XIX International Grassland Congress. São Pedro, São Paulo, Brasil. pp:19-27.
- McKenzie B A, P D Kemp, D J Moot, C Matthew, R J Lucas (1999) Environmental effects on plant growth and development. *In*: New Zealand Pasture and Crop Science. J White, J Hodgson (eds). Auckland, N. Z. Oxford University. pp: 29-44.
- Mendoza P S I, G A Hernández, P J Pérez, C A R Quero, E J A S Escalante, R J L Zaragoza, R O Ramírez (2010) Respuesta productiva de la alfalfa a diferentes frecuencias de corte. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 1(3):287-296.
- Ortiz S C (1997) Colección de monolitos. Montecillo, Texcoco, Edo. México. México: Depto. Génesis de Suelos. Edafología, IRENAT. Colegio de Postgraduados. 17p.
- Pérez B M T, G A Hernández, P J Pérez, H. J. G Herrera, G. R. Bárcena (2002) Respuesta productiva y dinámica de rebrote del Ballico perenne a diferentes alturas de corte. *Técnica Pecuaria en México.* 40(3):251-263
- Ratray P V (2005) Clover management, research, development and extension in the New Zealand pastoral industries. Report. Sustainable Farming Fund. Commissioned by Sustainable Farming Fund (SFF). New Zealand.
- SAGARPA (2009) Producción Agrícola en México. Centro de Estadística Agropecuaria. Servicio de información y estadística agroalimentaria y pesquera. <http://www.siap.gob.mx/>

- Sanderson M A, K J Soder, L D Muller, K D Klement, R H Skinner, S C Goslee (2005) Forage mixture productivity and botanical composition in pastures grazed by dairy cattle. *Agron. J.* 97:1465-1471.
- Sanderson M (2010) Nutritive value and herbage accumulation rates of pastures sown to grass, legume, and chicory mixtures. *Agron J.* 102:728-733.
- Sevilla G A, A Pasinato, J M García (2001) Curvas de crecimiento de forrajeras templadas irrigadas. *Archives of Latin America Animal Production* 9:91-98.
- Turner L R, D J Donaghy, P A Lane, R P Rawnsley (2007) Distribution of water-soluble carbohydrate reserves in the stubble of prairie grass and orchardgrass plants. *Agron J.* 99:591-594.
- Valentine I, C Matthew (1999) Plant growth, development and yield. *In: White J. Hodgson J editors. N Z Pasture Crop Sci. Auckland, New Zealand: Oxford University Press; 11-27.*
- Velasco Z M E, G A Hernández, H V A González, P J Pérez, H H Vaquera, S A Galvis (2001) Curva de crecimiento y acumulación estacional del pasto ovilla (*Dactylis glomerata* L.). *Téc. Pecu. Méx.* 39:1-14.
- Velasco Z M E, G A Hernández, H V A González (2005) Rendimiento y valor nutritivo de Ballico perenne (*Lolium perenne* L.) en respuesta a la frecuencia de corte. *Téc. Pecu. Méx.* 43:274:258.
- Villegas A Y, G A Hernández, P J Pérez, C C López, H J Herrera, Q J Enríquez, V A Gómez (2004) Patrones estacionales de crecimiento de dos variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Téc. Pecu. Méx.* 42(2):145-158.

Zaragoza E J, G A Hernández, P J Pérez, H J G Herrera, G F Osnaya, H P A Martínez,
M S González, C A R Quero (2009) Análisis de crecimiento estacional de una
pradera asociada alfalfa-pasto ovilla. Téc. Pecu Méx. 47:173-188.

Cuadro 1. Porcentaje de cada especie empleada en las diferentes asociaciones estudiadas.

Tratamiento	Porcentaje en la asociación			Total
	Ovillo	Ballico	Trébol	
1	20	50	30	100
2	70	20	10	100
3	0	100	0	100
4	100	0	0	100
5	0	60	40	100
6	50	20	30	100
7	40	40	20	100
8	60	0	40	100
9	20	70	10	100

Cuadro 2. Promedios mensuales de temperatura, precipitación y número de heladas registradas durante el periodo experimental. Estación meteorológica del Colegio de Posgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México.

Mes	Temperatura °C			Numero de Heladas	Precipitación mm
	Máxima	Mínima	Promedio		
Marzo 2010	32	-3	15.3	4	15.2
Abril 2010	34	0	17.4	0	39.5
Mayo 2010	36	-3	20	0	10.5
Junio 2010	36	4	20.7	0	49.2
Julio 2010	33.5	5.5	18.7	0	208.6
Agosto 2010	29	5	18	0	149.5
Septiembre 2010	29.5	-4	17.3	2	44.3
Octubre 2010	30	-4.5	13	14	0
Noviembre 2010	29.5	-13	9.7	10	0
Diciembre 2010	23.4	-6.4	8.5	2	0
Enero 2011	29	-7.5	11.1	20	44
Febrero 2011	30	-8	13.2	8	3
Marzo 2011	26.8	0.6	13.7	0	1.8
Abril 2011	36	2	19.6	0	12.2

Cuadro 3. Rendimiento de forraje estacional y anual (kg MS ha⁻¹), de siete asociaciones y dos praderas puras de gramíneas y leguminosas.

Estación del año	Asociaciones									EEM	Sig.	Prom.
	30:20:50 TB:O:BP	10:70:20 TB:O:BP	100 BP	100 O	40:60 TB:BP	30:50:20 TB:O:BP	20:40:40 TB:O:BP	40:60 TB:O	10:20:70 TB:O:BP			
Primavera	3120 AB ab	2620 B a	4329 A a	2260 B	3165 AB a	2528 B ab	3122 AB a	2367 B ab	4084 A a	112	**	3066 A
Verano	3756 a	2757 a	3867 ab	2523	3023 a	3120 a	3430 a	3406 a	4312 a	112	NS	3355 A
Otoño	1887 ab	1209 b	1534 bc	1604	1984 ab	1440 ab	2051 ab	1759 b	2767 ab	112	NS	1804 B
Invierno	1028 b	1027 b	1134 c	1194	1192 b	926 b	1201 b	979 b	1449 b	112	NS	1126 C
Promedio	2448 AB	1903 B	2716 AB	1895 B	2341 AB	2003 B	2451 AB	2128 AB	3153 A		**	
EEM	288	288	288	288	288	288	288	288	288			112
Sig.	**	**	**	NS	*	*	**	**	**			**
Rendimiento Anual	9790 AB	7612 B	10863 AB	7581 B	9363 AB	8014 AB	9803 AB	8510 AB	12611 A		*	

Diferente literal mayúscula, en la misma hilera, indican diferencias significativas entre asociaciones (P<0.01).

Diferente literal minúscula, en la misma columna, indican diferencias significativas entre estaciones del año para cada asociación (P<0.01).

TB= Trébol Blanco, O= Ovillo, BP=Ballico perenne; EEM= Error estándar de la media; Sig.= Significancia, *(P<0.05), **=(P<0.01); Prom.=Promedio.

Cuadro 4. Rendimiento de forraje estacional y anual por especie deseable de las siete asociaciones y dos praderas puras de gramíneas y leguminosas.

Estación del año	Asociaciones								EEM	Sig.	Prom.	
	30:20:50 TB:O:BP	10:70:20 TB:O:BP	100 BP	100 O	40:60 TB:BP	30:50:20 TB:O:BP	20:40:40 TB:O:BP	40:60 TB:O				10:20:70 TB:O:BP
Trébol blanco (kg MS ha⁻¹)												
Primavera	160 AB	102 B			126 AB b	146 AB	135 AB	290 A	107 AB c	37	*	152 B
Verano	460	290			349 ab	457	474	723	247 bc	37	NS	429 A
Otoño	628	384			446 a	446	629	663	394 ab	37	NS	513 A
Invierno	441	392			505 a	426	593	442	635 a	37	NS	490 A
Promedio	422	292			356	368	458	530	346		NS	
EEM	104	104			104	104	104	104	104			37
Sig.	NS	NS			*	NS	NS	NS	**			**
Rendimiento Anual	1688	1167			1425	1474	1828	2118	1366		NS	
Pasto ovillo (kg MS ha⁻¹)												
Primavera	170 C	343 BC b			1385 A ab	452 BC ab	383 BC ab	931 AB b	137 C b	49	**	543 B
Verano	598 B	815 AB a			1772 A a	903 AB a	829 AB a	1864 A a	476 B a	49	*	1037 A
Otoño	228	266 b			921 ab	370 ab	362 ab	668 b	258 ab	49	NS	439 B
Invierno	116 B	195 AB b			475 A b	164 AB b	232 AB b	352 AB b	91 B b	49	**	232 C
Promedio	278 C	405 BC			1138 A	472 BC	451 BC	954 AB	240 C		**	
EEM	141	141			141	141	141	141	141			49
Sig.	NS	**			*	**	**	**	**			**
Rendimiento Anual	1111 BC	1619 BC			4553 A	1890 ABC	1806 ABC	3814 AB	961 C		**	
Ballico perenne (kg MS ha⁻¹)												
Primavera	2289 BC a	1646 C a	3705 A a		2553 ABC a	1355 C a	2223 BC a	3246 AB a		96	**	2431 A
Verano	2441 AB a	1259 B a	3608 A a		2311 AB a	1357 B a	1839 AB a	3426 A a		96	*	2320 A
Otoño	726 AB ab	305 B b	1189 AB b		1207 AB ab	314 B b	670 AB b	1751 A ab		96	*	880 B
Invierno	271 B b	202 B b	783 A b		472 AB b	145 B b	170 B b	454 AB b		96	**	357 C
Promedio	1432 BC	853 C	2321 A		1636 AB	793 C	1225 BC	2219 A			**	
EEM	187	187	187		187	187	187	187				96
Sig.	**	**	**		**	**	**	**	**			**
Rendimiento Anual	5726 ABC	3411 C	9286 A		6543 ABC	3171 C	4902 BC	8877 AB			**	

Diferente literal mayúscula, en la misma hilera, indican diferencias significativas entre asociaciones (P<0.01).

Diferente literal minúscula, en la misma columna, indican diferencias significativas entre estaciones del año para cada asociación (P<0.01)

TB= Trébol blanco, O= Ovillo, BP= Ballico perenne; EEM= Error estándar de la media; Sig.= Significancia, *(P<0.05), **=(P<0.01); Prom.= Promedio.

Cuadro 5. Tasa de crecimiento del cultivo promedio estacional y anual de siete asociaciones y dos praderas puras de gramíneas y leguminosas.

Estación del año	Asociaciones									EEM	Sig.	Prom.
	30:20:50 TB:O:BP	10:70:20 TB:O:BP	100 BP	100 O	40:60 TB:BP	30:50:20 TB:O:BP	20:40:40 TB:O:BP	40:60 TB:O	10:20:70 TB:O:BP			
	kg MS ha ⁻¹ d ¹											
Primavera	37 AB ab	31 B ab	52 A a	27 B	38 AB a	30 B ab	37 AB ab	28 B ab	49 A a	1	**	36 A
Verano	45 a	33 a	46 ab	30	36 a	37 a	41 a	41 a	51 a	1	NS	40 A
Otoño	26 ab	17 bc	20 b	22	27 ab	19 ab	27 ab	24 b	37 ab	1	NS	24 B
Invierno	14 b	14 c	16 b	16	16 b	13 b	16 b	13 b	19 b	1	NS	15 C
Promedio	30 AB	24 B	33 AB	24 B	29 AB	25 B	30 AB	26 AB	39 A		**	
EEM	4	4	4	4	4	4	4	4	4			1
Sig.	**	**	**	NS	*	*	**	**	**			**

Diferente literal mayúscula, en la misma hilera, indican diferencias significativas entre asociaciones (P<0.01).

Diferente literal minúscula, en la misma columna, indican diferencias significativas entre estaciones del año para cada asociación (P<0.01)

TB= Trébol blanco, O= Ovillo, BP= Ballico perenne, EEM= Error estándar de la media, Sig.= Significancia, *(P<0.05), **=(P<0.01), Prom.= Promedio.

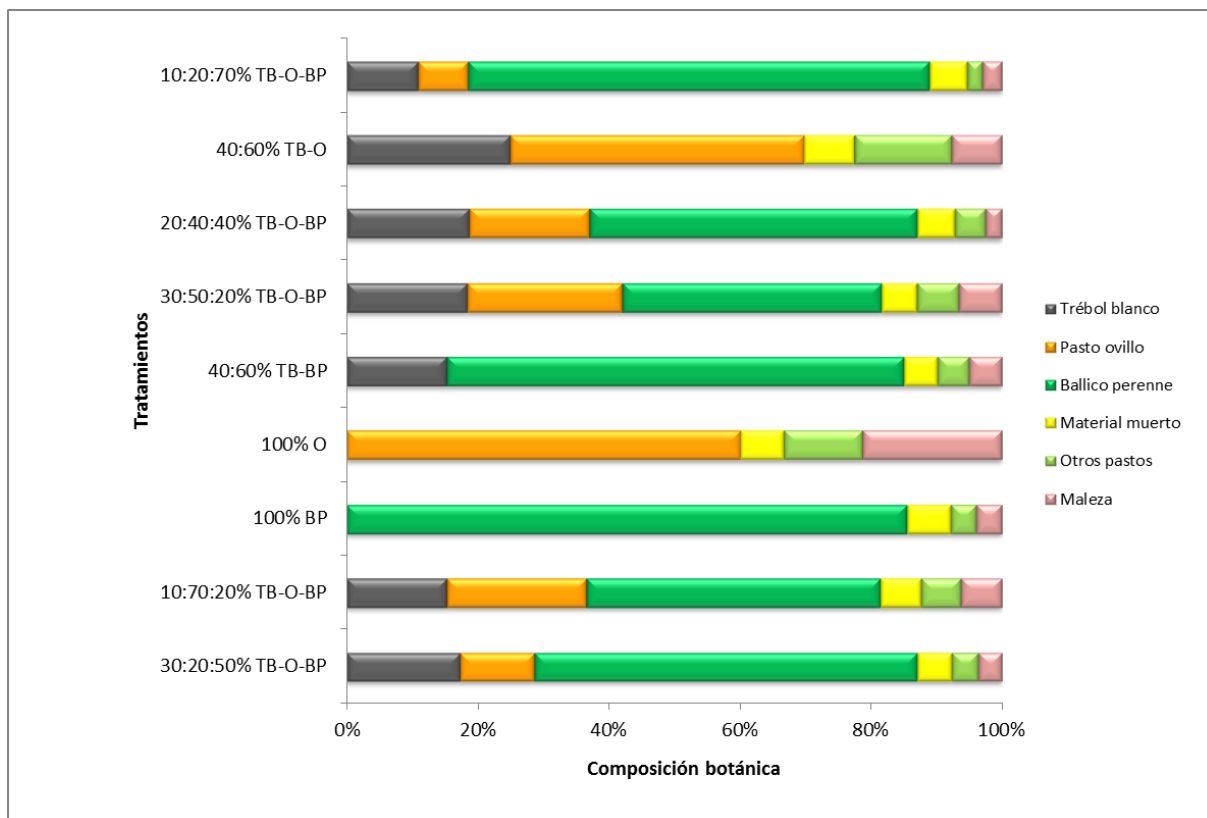


Figura 1. Porcentaje promedio de las especies deseables de siete asociaciones y dos praderas puras de gramíneas y leguminosas.

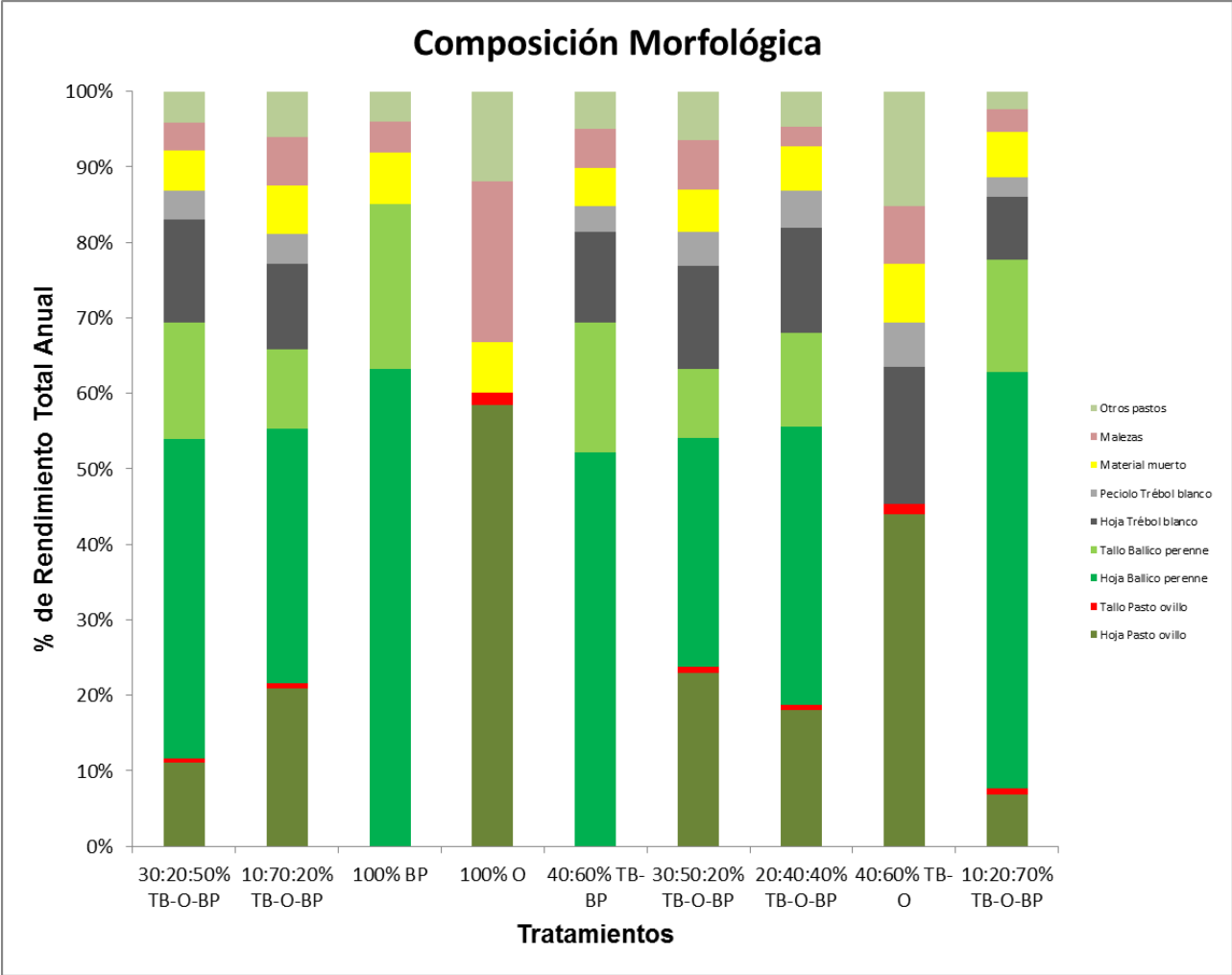


Figura 2. Composición morfológica, de siete asociaciones y dos praderas puras de gramíneas y leguminosas.

**CAPÍTULO 4. REBROTE Y ESTABILIDAD DE LA POBLACIÓN DE TALLOS EN
ASOCIACIONES DE GRAMÍNEAS Y LEGUMINOSA BAJO CONDICIONES DE
PASTOREO**

REBROTE Y ESTABILIDAD DE LA POBLACIÓN DE TALLOS EN ASOCIACIONES DE GRAMÍNEAS Y LEGUMINOSA BAJO CONDICIONES DE PASTOREO

Miguel Ángel Moreno Carrillo, Dr.
Colegio de Postgraduados, 2012

RESUMEN

El objetivo del estudio fue determinar la densidad, tasa de aparición y muerte de tallos y estabilidad de la población de tallos de diferentes asociaciones de dos gramíneas *Dactylis glomerata* L., pasto ovilla (O) y *Lolium perenne* L., ballico perenne (BP) y una leguminosa *Trifolium repens* L., trébol blanco (TB) en condiciones de pastoreo. Se utilizaron nueve asociaciones: 30:20:50 %; 10:70:20 %; 00:00:100 %; 00:100:00 %; 40:00:60 %; 30:50:20 %; 20:40:40 %; 40:60:00 % y 10:20:70 % de trébol blanco, pasto ovilla y ballico perenne, que se distribuyeron en 36 unidades experimentales, de acuerdo a un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Las variables evaluadas fueron: densidad y tasa de aparición, muerte y sobrevivencia de tallos y densidad de plantas. En el año, se registraron diferencias ($P < 0.05$) entre asociaciones en densidad poblacional de BP; sin embargo, se observó un comportamiento muy variable, siendo en la época de primavera cuando se registraron las mayores densidades. La asociación con 60 % de BP, presentó en otoño e invierno ($P < 0.05$) las mayores tasas promedio de aparición de tallos con $0.50 \text{ tallos} * 100 \text{ tallos} \text{ d}^{-1}$ en diciembre. Con respecto al pasto ovilla, se observó una gran variación en su comportamiento, dependiendo de la asociación. La mayor tasa de aparición promedio de tallos de pasto ovilla se presentó en diciembre ($0.47 \text{ tallos} * 100 \text{ tallos} \text{ d}^{-1}$), con dos picos de aparición durante el verano (agosto) y finales de otoño (noviembre y diciembre) ($P < 0.05$). Las plantas de ballico perenne presentaron menor dinámica de recambio de tallos durante el otoño-invierno, con bajas tasas de aparición y muerte de tallos, mientras que en estas estaciones del año, el pasto ovilla tuvo una mayor dinámica de recambio, con altas tasas de aparición y muerte de tallos.

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

REGROWTH AND TILLER POPULATION STABILITY OF GRASSES AND LEGUME
UNDER GRAZING CONDITIONS

Miguel Ángel Moreno Carrillo, Dr.
Colegio de Postgraduados, 2012

ABSTRACT

The objective of this experiment was to evaluate tiller density, tillers appearance and death rates and tiller population stability of different associations of two grasses *Dactylis glomerata* L., orchard grass (O) and *Lolium perenne* L., perennial ryegrass (PR) and one legume *Trifolium repens* L., white clover (WC) under grazing conditions. Nine associations were used: 30:20:50 %; 10:70:20 %; 00:00:100 %; 00:100:00; 40:00:60 %; 30:50:20 %; 20:40:40 %; 40:60:00 % and 10:20:70 % of white clover, orchard grass and perennial ryegrass, distributed into 36 experimental units under a totally random block design with four repetitions. The evaluated variables were: tiller density and tillers appearance, death and lowest survival rates and plant density. In the year, differences were ($P < 0.05$) associations between population density of BP; however, there was a highly variable behavior, being in the spring time when there were higher densities. The association with 60 % of BP, present in autumn and winter ($P < 0.05$) average the highest rates of tillers appearance with 0.50 tillers * 100 tillers d⁻¹ on December. Regarding orchard grass, there was a large variation in behavior, depending on the association. The highest rate of tillers appearance average of orchard grass presented in December (0.47 tillers * 100 tillers d⁻¹), appearance with two peaks during the summer (August) and late autumn (November and December) ($P < 0.05$). Perennial Ryegrass plants had lower turnover dynamics tillers in autumn-winter, with low appearance and death tillers rates, while in these seasons, orchard grass had greater turnover dynamic tillers, with high rates of tillers appearance and death.

Key words: *Dactylis glomerata* L., *Lolium perenne* L., *Trifolium repens* L., tiller density, tillers appearance and death rates.

INTRODUCCIÓN

En los sistemas de producción animal basados en praderas, después de la producción de forrajes la persistencia de las praderas es fundamental para lograr una producción sustentable. La persistencia de las praderas depende de la capacidad de las plantas forrajeras para renovar los tallos defoliados y mantener estable la población de tallos; esta capacidad depende de la influencia combinada del clima, la frecuencia y severidad de las defoliaciones sobre la tasa de aparición, de muerte y de sobrevivencia de tallos. La cantidad de tallos y la densidad poblacional de tallos varía entre especies y variedades forrajeras y por consecuencia su persistencia como comunidad vegetal (Ramírez *et al.*, 2011).

En las gramíneas la unidad básica de crecimiento es el hijuelo o fitomero, el conjunto de tallos por unidad de superficie forman una población, por lo tanto una pradera puede ser vista como una población de tallos. De esta manera un aumento en la población de tallos significa mayor producción de forraje, por ser el resultado del peso individual multiplicado por el número de tallos. La tasa de crecimiento de la pradera representa el promedio de las tasas de acumulación de peso seco de los tallos por unidad de tiempo, así que los factores ambientales y de manejo que influyen sobre la tasa de aparición de nuevos tallos y la tasa de crecimiento de los tallos determinan el rendimiento de forraje de una pradera (Hernández-Garay *et al.*, 1993; Volenec y Nelson, 1983; Nelson y Zarroug, 1981).

En una pradera de gramíneas, los tallos emergen, crecen y mueren continuamente a tasas variables según las condiciones ambientales, estación del año y manejo de la defoliación (Hernández-Garay *et al.*, 1999; Hernández-Garay *et al.*, 1997;

Hodgson, 1990). La cantidad de tallos que aparecen por unidad de tiempo esta estrechamente relacionados a la tasa de aparición de hojas, debido a que en la axila de cada hoja hay un grupo de células con potencial para formar tallos de manera secuencial (Matthew *et al.*, 2000).

Para mantener el nivel de productividad de una pradera debe adoptarse niveles y frecuencias de defoliación que estimulen el crecimiento o mantenimiento de la población de tallos (Hernández-Garay *et al.*, 1999; Hodgson, 1996). Defoliaciones frecuentes reducen la competencia por luz y aumenta la proporción de luz roja / (luz roja lejana + luz azul), produciendo una respuesta fotomorfogénica a favor de la formación de hojas cortas y una 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). El aumento en la aparición de tallos como consecuencia de mayor incidencia de la relación de luz roja/luz roja lejana, se ha demostrado en ballico italiano (*L. multiflorum*) y en ballico perenne (Gautier *et al.*, 1999).

Estudios realizados en Inglaterra, con ballico perenne, han observado picos máximos para tasa de aparición de tallos en primavera y otoño, así como después de la floración, con defoliaciones frecuente (Colvill y Marshall, 1984). En Nueva Zelanda, Matthew *et al.* (2000) indicaron que el diagrama de aparición y muerte de tallos en las diferentes estaciones del año permite apreciar variaciones mensuales y estacionales que a su vez ayudan a establecer estrategias de manejo que aseguran la persistencia y productividad de las especies forrajeras.

Phleum pratense posee un mecanismo de persistencia considerado como reproductivo, debido a que el rebrote proviene de la base de los tallos cosechados y su meristemo apical es eliminado durante la etapa de floración (Jewiss, 1966; citado por Matthew *et al.*, 2000). En cambio, *Paspalum notatum* pudo mantener una densidad poblacional de tallos estable durante cuatro años debido a que sus tallos son de vida larga, con bajas tasas de aparición y muerte a través del año (Hirata y Pakiding, 2001). En *Lolium perenne* cv. 'Nui', el recambio de tallos presenta variaciones en las tasas de aparición y muerte que dependen del manejo de la pradera y la estación del año; la mayor aparición de tallos ocurre después de la interrupción del crecimiento, durante la etapa reproductiva al inicio de verano, lo que favorece el incremento en la densidad de tallos (Hernández-Garay *et al.*, 1997). En contraste, *Lolium perenne* cv. 'Ruanui' tiene un mecanismo de persistencia considerado como vegetativo, debido a que el rebrote proviene de tallos sin florecer, a una tasa constante (Matthew *et al.*, 1993).

Las variaciones estacionales en las tasas de aparición, muerte y sobrevivencia de tallos, son importantes para comprender los mecanismos involucrados en la persistencia y renovación de tallos en las praderas. Sin embargo, los análisis independientes de estas tasas no indican la estabilidad de la población de tallos en determinada época; es decir, si la aparición de tallos con respecto a su muerte es suficiente para mantener la población en equilibrio. La estabilidad de la población de tallos de un pasto puede calcularse por medio de un índice que se obtiene de la relación entre los procesos de sobrevivencia y aparición de tallos, y permite un análisis integral de las variaciones de la población (Bahmani *et al.*, 2003; citado por Ramírez *et al.*, 2011).

En México no existen estudios de este tipo, que ayuden a entender la importancia de la dinámica de aparición y muerte de tallos como componentes del rendimiento de cualquier especie forrajera. El conocimiento de la dinámica poblacional de tallos durante el año es una referencia esencial para el manejo de praderas. Con la manipulación de la defoliación, se pueden modificar los picos mensuales y estacionales de aparición de tallos y, con ello, incrementar la densidad de tallos y la productividad de los pastos (Hodgson, 1990; Matthew *et al.*, 2001). Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue determinar la densidad, tasa de aparición y muerte, y estabilidad de la población de tallos de diferentes asociaciones de dos gramíneas (*Dactylis glomerata* L. y *Lolium perenne* L.) y una leguminosa (*Trifolium repens* L.) en condiciones de pastoreo, durante un año.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y duración del estudio

El estudio se realizó en una pradera asociada de trébol blanco (*Trifolium repens* L.), pasto ovido (*Dactylis glomerata* L.) y ballico perenne (*Lolium perenne* L.), ubicada en el Campo Experimental del Colegio de Posgraduados, en Montecillo, Texcoco, Estado de México. La pradera fue establecida en diciembre del 2009 y el experimento se llevó a cabo de marzo de 2010 a abril de 2011. 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; la menor temperatura promedio mensual es de 11.6 °C y ocurre en enero y la mayor en mayo

con 18.4 °C (García, 1988). Los datos mensuales de precipitación y temperaturas máximas, media y mínima, ocurridos durante el periodo experimental (Figura 1), se obtuvieron de la estación meteorológica del Colegio de Postgraduados, ubicado a 100 m del área experimental.

Establecimiento de praderas

Las gramíneas se sembraron en hileras separadas a 15 cm, mientras que la leguminosa se sembró en forma perpendicular a las gramíneas con una distancia entre hileras de 40 cm. La densidad de siembra empleada por especie fue de 10 kg ha⁻¹ de pasto ovillo, 20 kg ha⁻¹ de ballico perenne y 5 kg ha⁻¹ de trébol blanco, respectivamente. En el Cuadro 1 se muestran las diferentes proporciones empleadas por especie. Las asociaciones se distribuyeron aleatoriamente en 36 parcelas experimentales de 7 x 8 m, de acuerdo a un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Las praderas no fueron fertilizadas y en la época de estiaje, se proporcionaron riegos a capacidad de campo cada dos semanas.

Antes de iniciar el experimento, en el mes de marzo de 2010, las praderas fueron defoliadas por ovinos, para uniformizarlas a una altura aproximada de 5 cm sobre el nivel del suelo. Posteriormente, la frecuencia de defoliación vario con la estación del año; cada cuatro semanas durante primavera-verano y seis semanas en otoño-invierno, de acuerdo con las recomendaciones de Velasco *et al.* (2001; 2005), para pasto ovillo y ballico perenne en praderas puras. Para un mejor manejo de los ovinos, las praderas fueron delimitadas con cerco eléctrico.

Variables medidas

Dinámica poblacional de tallos

Para determinar los cambios estacionales en la densidad de tallos y en la tasa de aparición y muerte de los mismos, al inicio del experimento, en cada unidad experimental, se colocaron 2 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 y dos aros cuando la pradera solo contenía una especie. Posteriormente, cada mes, durante un año, los tallos 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.

Densidad y tasas de aparición y muerte y sobrevivencia de tallos

Los valores de aparición y muerte de tallos por planta se multiplicaron por el número de plantas m^{-2} ; con esos datos se estimó: la densidad poblacional de tallos (DPT; tallos m^{-2}) y sus respectivas tasas mensuales de aparición (TAT) y muerte (TMT), mediante la metodología sugerida por Hernández-Garay *et al.* (1997).

DPT= N° de tallos vivos existentes en cada muestreo.

$$TAT= \frac{N^{\circ} \text{ de tallos nuevos}}{DT \text{ del muestreo anterior}} (100)$$

$$TMT = \frac{\text{N}^\circ \text{ de tallos muertos}}{\text{DT del muestreo anterior}} (100)$$

La tasa de sobrevivencia de tallos (TST) se obtuvo de manera indirecta mediante la ecuación:

$$TST = 1 - TMT$$

Densidad de plantas (plantas m²)

Desde el inicio del experimento, por parcela, se fijaron dos áreas de un metro cuadrado, donde se contó antes de cada pastoreo, el número de plantas de cada especie.

Análisis estadístico

Para investigar el efecto de los tratamientos (asociaciones) sobre las variables de respuesta: tasas de aparición, muerte y sobrevivencia de tallos (considerando los meses del año del periodo de estudio), y densidad de plantas (considerando periodos estacionales) se utilizó el modelo de análisis de varianza correspondiente a un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones, el cual fue implementado con el procedimiento PROC GLM del paquete estadístico SAS, y para comparar las medias entre tratamientos ($P \leq 0.05$) se utilizó la prueba de Tukey. La demografía de tallos durante el estudio se presenta mediante un diagrama por mes, durante un año, con base en los estadísticos descriptivos (promedios) de cada generación de tallos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Demografía de tallos

En las figuras 2 a 15 se presentan los cambios en densidad de tallos a través del tiempo, de cada generación que apareció entre mediciones sucesivas, y su contribución a la población total de tallos en un momento determinado. Estos diagramas proveen una visión general del conjunto de datos y facilitan la comprensión y discusión de los resultados.

Densidad poblacional de tallos

En las figuras 2 a 15 se presentan los cambios mensuales en la densidad de tallos de ballico perenne y pasto ovilla durante el periodo de evaluación. En el año, se registraron diferencias ($P < 0.05$) entre asociaciones en densidad poblacional de ballico perenne (Figuras 2 a 8); sin embargo, en todas las asociaciones se observó un comportamiento muy variable, siendo en la época de primavera cuando se registraron las mayores densidades. Todas las asociaciones de ballico perenne presentaron las menores densidades de tallos en noviembre, producto del efecto negativo de las heladas que ocurrieron en ese mes (Figura 1), las que afectaron su sobrevivencia. Todas las asociaciones tuvieron la mayor aparición de tallos en primavera, el cual varió dependiendo del porcentaje de ballico perenne en la asociación.

Con respecto al pasto ovilla, se observó una gran variación en su comportamiento, dependiendo del porcentaje en la asociación (Figuras 9 a 15). Todas las asociaciones con pasto ovilla presentaron un incremento progresivo en la densidad de tallos a partir de los meses del verano, con un pico máximo en la aparición de tallos en diciembre, manteniendo o incrementando la densidad de tallos hasta el final del

estudio. La mayor mortalidad de tallos del pasto ovillo se registro en octubre en todas las asociaciones.

Se observo una considerable variación en los resultados obtenidos en los cuadros fijos, debido principalmente a la variación entre tratamientos, provenientes de las diferentes proporciones de gramíneas que se incluyeron en las asociaciones (Figuras 2 a 15). Otro factor que pudo influir en la falta de diferencias estadísticas entre asociaciones en algunos meses del año fue el tamaño tan pequeño de la muestra y la técnica de muestreo empleada, ya que aunque se selecciono aleatoriamente el área, siempre se procuro que existieran plantas en ella, para poder identificar a los tallos de cada gramínea. Al respecto, algunos autores (Davies, 1988; Matthew *et al.*, 1989) señalan que al marcar los tallos, se acelera su tasa de aparición, debido a los disturbios que ocasionan las mediciones realizadas, al permitir una mayor tasa de filtración de luz a la base de los tallos. Adicionalmente, se ha reportado en ballico que la densidad real de tallos en la pradera se puede incrementar hasta un 40% debido a la selección de macollos en la pradera (Castro, 2009).

Chapman y Lemaire (1993) indicaron 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 una influencia muy fuerte sobre las características inherentes de cada especie a través de la competencia interespecifica por agua, nutrientes, espacio, etc.

Tasa de aparición, muerte y sobrevivencia de los tallos

En el cuadro 2 se presenta la tasa de aparición, muerte y sobrevivencia de tallos del ballico perenne. Se registraron los mayores picos en la aparición de tallos en los

meses de primavera y verano. Sin embargo, no existieron diferencias estadísticas ($P > 0.05$) en los meses de mayo, junio y octubre. En el verano se presentaron diferencias estadísticas ($P < 0.05$) entre asociaciones, registrándose el valor más alto en el mes de agosto, particularmente en la asociación con 20:40:40% de TB-O-BP (0.42 tallos * 100 tallos d^{-1}). Mientras que en el otoño e invierno, la asociación con 40:60% de TB-BP, presento con efectos significativos las mayores tasas promedio de aparición, registrándose el valor más alto en el mes de diciembre, de 0.50 tallos * 100 tallos d^{-1} .

Por su parte, Korte y Harris (1987) consideran que la estacionalidad en la aparición de tallos se relaciona con la disponibilidad de agua en el suelo; por lo que la mayor tasa de aparición de tallos ocurrida en verano, pudo ser promovida por la época de lluvias, lo que hace difícil explicar lo ocurrido en otoño e invierno para la asociación 40:60 % TB-BP. Al respecto, Velasco *et al.* (2007), en praderas de ballico perenne, reportaron las mayores tasas de aparición de tallos en verano e invierno, las cuales duplicaron a las de otoño y primavera, no coincidiendo con los resultados observados en este estudio. Por su parte, Garduño *et al.* (2009), al evaluar el ballico perenne a diferentes frecuencias e intensidades de pastoreo, registraron la mayor densidad de tallos a finales del verano.

La tasa de mortalidad de tallos de pasto ballico perenne vario considerablemente entre asociaciones durante todo el periodo de evaluación (Cuadro 2) y fue estadísticamente diferente ($P < 0.05$) durante el invierno (diciembre a febrero). La asociación con 40 % de ballico perenne en junio, septiembre y octubre y la con 60 % de ballico perenne de diciembre a abril presentaron las mayores tasas de mortalidad ($P < 0.05$). Las mayores tasas promedio de mortalidad se presentaron en los meses de

julio, agosto y septiembre, en comparación con los demás meses del año de estudio. Similares resultados fueron observados por Garduño *et al.* (2009) quienes registraron la mayor mortalidad de tallos de ballico perenne en agosto y septiembre.

Los cambios estacionales en la dinámica de ahijamiento del pasto ovilla, indican diferencias significativas entre asociaciones ($P < 0.05$) durante los meses de agosto, noviembre y diciembre en la tasa de aparición de tallos (Cuadro 3). La mayor tasa de aparición promedio de tallos de pasto ovilla se presentó en diciembre ($0.47 \text{ tallos} * 100 \text{ tallos d}^{-1}$), con dos picos de aparición durante el verano (agosto) y finales de otoño (noviembre y diciembre) ($P < 0.05$).

La tasa de muerte de tallos fue estadísticamente diferente ($P < 0.05$) en los meses de junio, agosto, octubre, noviembre, febrero y abril entre asociaciones (Cuadro 3). Mientras que en la primavera (mayo - junio), la tasa de muerte fue mínima con un promedio de $0.05 \text{ tallos} * 100 \text{ tallos d}^{-1}$ ($P < 0.05$). En febrero y abril la asociación 10:70:20% de TB-O-BP registró las mayores muertes de tallos ($P < 0.05$) con 0.38 y $0.31 \text{ tallos} * 100 \text{ tallos d}^{-1}$, respectivamente.

Durand *et al.* (1999) mencionan que la velocidad de crecimiento de las plantas forrajeras depende de los factores ambientales, particularmente del clima, por lo que las variaciones observadas en la dinámica de ahijamiento (aparición y muerte de tallos) de ambas especies, podrían deberse a cambios drásticos en la calidad de luz y temperatura óptima para su crecimiento (Matthew *et al.*, 2001) y a la disminución progresiva en la biomasa de hojas verdes conforme crece la pradera (Hernández-Garay *et al.*, 2000), debido a que la tasa de formación de tallos se reduce como resultado de una respuesta fotomorfogénica de las plantas y del sombreado de las

capas inferiores de la pradera; asimismo, cuando varias especies se encuentran en su máximo potencial de crecimiento, el componente más importante para el rendimiento de forraje es el peso por tallo, por lo que la alta tasa de muerte de tallos registrada en verano, en ambas especies, se debió a la mayor tasa de crecimiento individual de cada tallo, lo que sombreo a los tallos pequeños, presentes en los estratos inferiores de la pradera, incrementándose la mortalidad de los mismos (Matthew *et al.*, 1996), y en otoño por el gran número de heladas.

Por su parte, Grant *et al.* (1981) mencionan que los cambios en la estructura del dosel de la pradera, con respecto al tamaño, densidad, tasa de aparición y muerte de tallos, es la respuesta al manejo, produciéndose un mecanismo homeostático, el cual influye en la tasa neta de producción de forraje, y esto se refleja en el comportamiento de cada especie en la pradera en asociaciones.

Densidad de plantas

Se registraron cambios estacionales en densidad de plantas ($P < 0.05$) y entre asociaciones (Cuadro 4). En general, la densidad de plantas de gramíneas tendió a disminuir en todas las asociaciones conforme transcurrió el periodo experimental, de 75 plantas m^{-2} en primavera a 62 plantas m^{-2} en invierno para pasto ovillo ($P < 0.05$), de 58 plantas m^{-2} en primavera a 35 plantas m^{-2} en invierno para pasto ballico perenne ($P < 0.05$). Lo contrario a lo que sucedió con la leguminosa, ya que el trébol tendió a aumentar en todas las asociaciones conforme transcurrió el experimento, de 23 plantas m^{-2} en primavera a 49 plantas m^{-2} en invierno ($P < 0.05$). La mayor densidad promedio de plantas de trébol blanco y pasto ovillo la presentó la asociación 40:60% TB-O con 54 plantas y 95 plantas m^{-2} ($P < 0.05$), respectivamente, en tanto que para el ballico

perenne fue la pradera pura con 64 plantas m^{-2} ($P < 0.05$). Ambas gramíneas perdieron plantas desde el inicio del verano hasta el término del estudio. Esto pudo deberse, a los meses que tenían de establecidas las asociaciones, ya que conforme paso el tiempo la persistencia y rendimiento de la pradera fue disminuyendo. Lo contrario a lo que mostro la leguminosa, ya que conforme paso el tiempo la persistencia y rendimiento de la pradera fue aumentando (las asociaciones fueron establecidas en diciembre de 2009) y por tanto tenía aproximadamente un año de establecido el trébol blanco, al final del estudio. En leguminosas como la alfalfa se han reportado promedio de vida útil de la pradera en el Valle de México de 3 años, cuando se dan entre 9 y 11 cortes (Améndola *et al.* 2005).

Por otra parte, Sevilla *et al.* (2001) mencionan que, la muerte de plantas es mayor en primavera y verano, al cabo de este periodo la densidad de plantas tiende a mantenerse; además, la densidad mínima necesaria de plantas para que no se afecte el rendimiento es de 30, por debajo de la cual, la pradera disminuye marcadamente la producción de forraje. Al respecto, Hernández-Garay *et al.* (1999) mencionan que, la densidad de tallos puede ser manipulada por la defoliación, modificando la frecuencia e intensidad de cosecha, se puede incrementar la densidad de tallos en pradera de ballico perenne.

CONCLUSIONES

En todas las asociaciones se observo un comportamiento muy variable en la tasa de aparición y muerte de tallos. La asociación con 40:60 % de TB-BP registró la mayor tasa de aparición de tallos de ballico perenne, y en el pasto ovillo fue la asociación 30:50:20 % de TB-O-BP. Las plantas de ballico perenne presentaron menor

dinámica de recambio de tallos durante otoño-invierno, con bajas tasas de aparición y muerte de tallos, mientras que en estas estaciones del año, el pasto ovillo tuvo una mayor dinámica de recambio, con altas tasas de aparición y muerte de tallos.

LITERATURA CITADA

- Améndola M R D, G E Castillo, H P A Martínez (2005) Pasturas y cultivos forrajeros. http://www.fao.org/ag/agp/agpc/doc/counprof/spanishtrad/mexico_sp/Mexico_sp.htm 52 p. (revisada el 08-07-11).
- Castro R R (2009) Patrón de rebrote y comportamiento productivo de la asociación de pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.), ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.). Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 110 p.
- Chapman D F, G Lemaire (1993) Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. Proceedings of the XVII International Grassland Congress. New Zealand and Australia. pp. 95 -104.
- Colvill K E, C Marshall (1984) Tiller dynamics and assimilate partitioning in *Lolium perenne* with particular reference to flowering. *Annals of Applied Biology* 104:543-557.
- Davies A (1988) The regrowth of grass swards. In: Jones M. B. and Lazenby A. (eds). *The Grass Crop*. Chapman and Hall. London. pp. 85-127.
- Durand J L, R Schäufole, F Gastal (1999) Grass leaf elongation rate as a function of developmental stage and temperature: Morphological analysis and modeling. *Annals of Botany* 83: 577-588.

- García E (1988) Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4^a ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 217 p.
- Garduño V S, P J Pérez, G A Hernández, H J G Herrera, H P A Martínez, T B M Joaquín (2009) Rendimiento y dinámica de crecimiento estacional de Ballico perenne, pastoreado con ovinos a diferentes frecuencias e intensidades. Técnica Pecuaria en México 47(2): 189-202.
- Gautier H, C Varlet-Grancher, L Hazard (1999) Tillering responses to the light environment and to defoliation in populations of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) selected for contrasting leaf length. Annals of Botany 83:423-429.
- Grant S A, G T Barthram, L Torvell (1981) Components of regrowth in grazed and cut *Lolium perenne* swards. Grass and Forage Science 36:155-168.
- Hernández-Garay A, C Matthew, J Hodgson (2000) The influence of defoliation height on dry-matter partitioning and CO₂ exchange of perennial ryegrass miniature sward. Grass and Forage Science (54):1-5.
- Hernández-Garay A, C Matthew, J Hodgson (1999) Tiller size/density compensation in perennial ryegrass miniature swards subject to differing defoliation heights and a proposed productivity index. Grass and Forage Science 54:347-356.
- Hernández-Garay A, C Matthew, J Hodgson (1997) Effect of spring grazing management on perennial ryegrass and ryegrass-white clover pastures. 2. Tiller and growing point densities and population dynamics. New Zealand Journal of Agricultural Research 40:37-50.

- Hernández-Garay A, C Matthew, J Hodgson (1993) Spring grazing management and tiller dynamics in a ryegrass/white clover pasture. *In: Proceedings of the New Zealand Journal Grassland Association Wairarapa, New Zealand. Pp:133-136.*
- Hirata M, W Pakiding (2001) Tiller dynamics in a bahia grass (*Paspalum notatum*) pasture under cattle grazing. *Tropical Grassland. 35:151-160.*
- Hodgson J (1996) Control del consumo de hierba. *In: Seminario Internacional Teórico-Práctico: Tópicos Selectos en Sistemas Sustentables de Producción Animal Bajo Pastoreo. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM. México. pp:41-54.*
- Hodgson J (1990) *Grazing Management: Science into Practice. Longman Scientific & Technical. Harlow, England. 204 p.*
- Korte C J, W Harris (1987) Stolon development in grazed 'Grassland Nui' perennial ryegrass. *New Zealand Journal of Agricultural Research 25:309-319.*
- Lemaire G (2001) Ecophysiology of grasslands Aspects of forage plant populations in grazed swards. *Proceeding of the XIX International Grassland Congress. São Pedro, São Paulo. Brasil. pp: 29-37.*
- Matthew C G, E N Val Loo, E R Tom, L A Dawson, D A Care (2001) Understanding shoot and root development. *Proceeding of the XIX International Grassland Congress. São Pedro, São Paulo, Brasil. pp:19-27.*
- Matthew C, S G Assuero, C K Black, N R Sackville H (2000) Tiller dynamics of grazed swards. *In: Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology. G Lemaire, J Hodgson, A de Moraes, C Nabinger, P C de F Carvalho (eds). CAB International. Wallingford, UK. pp:127-150.*

- Matthew C, A Hernández-Garay, J Hodgson (2000) Late control spring grazing management of perennial ryegrass swards: effect on sward structure and botanical composition. *In: Agron. New Zealand* 30:121-128.
- Matthew C, A Hernández-Garay, J Hodgson (1996) Making sense of the link between tiller density and pasture production. *New Zealand Grassland Association* 57:83-87.
- Matthew C, C K Black, B M Butler (1993) Tiller dynamics of perennation in three herbage grasses. *In: Proc. XIX International Grassland Congress. New Zealand and Australia.* pp:141-143.
- Matthew C, S J Quilter, C J Korte, A C P Chu, A D Macckay (1989). Stolon formation and significance for tiller dynamics in perennial ryegrass. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association* 50: 255-259.
- Mazzanti A G, G Lemaire, F Gastel (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: 111-120.
- Nelson C J, K M Zarrougt (1981) Tiller density and tiller weight as yield determinants of vegetative swards. *In: Plant Physiology and Herbage Production.* C E Wright (ed) Occasional Symposium, British Grassland society, Hurley. pp:25-29.
- Ortiz S C (1997) Colección de monolitos. Montecillo, Texcoco, Edo. México. México: Depto. Génesis de Suelos. Edafología, IRENAT. Colegio de Postgraduados. 17p.
- Ramírez R O, da S S Carneiro, G A Hernández, Q J F Enríquez, P J Pérez, C A R Quero, H J G Haro (2011) Rebrote y estabilidad de la población de tallos en el pasto *Panicum máximum* cv. 'Mombaza' cosechado en diferentes intervalos de corte. *Rev. Fitotec. Méx.* 34(3):213-220.

- Sevilla G A, A Pasinato, J M García (2001) Curvas de crecimiento de forrajeras templadas irrigadas. Archivos Latino americanos de Producción Animal 9(2):91-98.
- Velasco Z M E, G A Hernández, H V A González (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.
- Velasco Z M E, G A Hernández, H V A González (2005) Rendimiento y valor nutritivo de Ballico perenne (*Lolium perenne* L.) en respuesta a la frecuencia de corte. Téc. Pecu. Méx. 43:274:258.
- Velasco Z M E, G A Hernández, H V A González, P J Pérez, H H Vaquera, S A Galvis (2001) Curva de crecimiento y acumulación estacional del pasto ovilla (*Dactylis glomerata* L.). Téc. Pecu. Méx. 39:1-14.
- Volenec J J, C J Nelson (1983) Responses of tall fescue leaf meristem to N fertilization and harvest frequency. Crop Science 23:720-724.

Cuadro 1. Porcentaje de cada especie empleada en las diferentes asociaciones estudiadas.

Tratamiento	Porcentaje en la asociación			Total
	Ovillo	Ballico	Trébol	
1	20	50	30	100
2	70	20	10	100
3	0	100	0	100
4	100	0	0	100
5	0	60	40	100
6	50	20	30	100
7	40	40	20	100
8	60	0	40	100
9	20	70	10	100

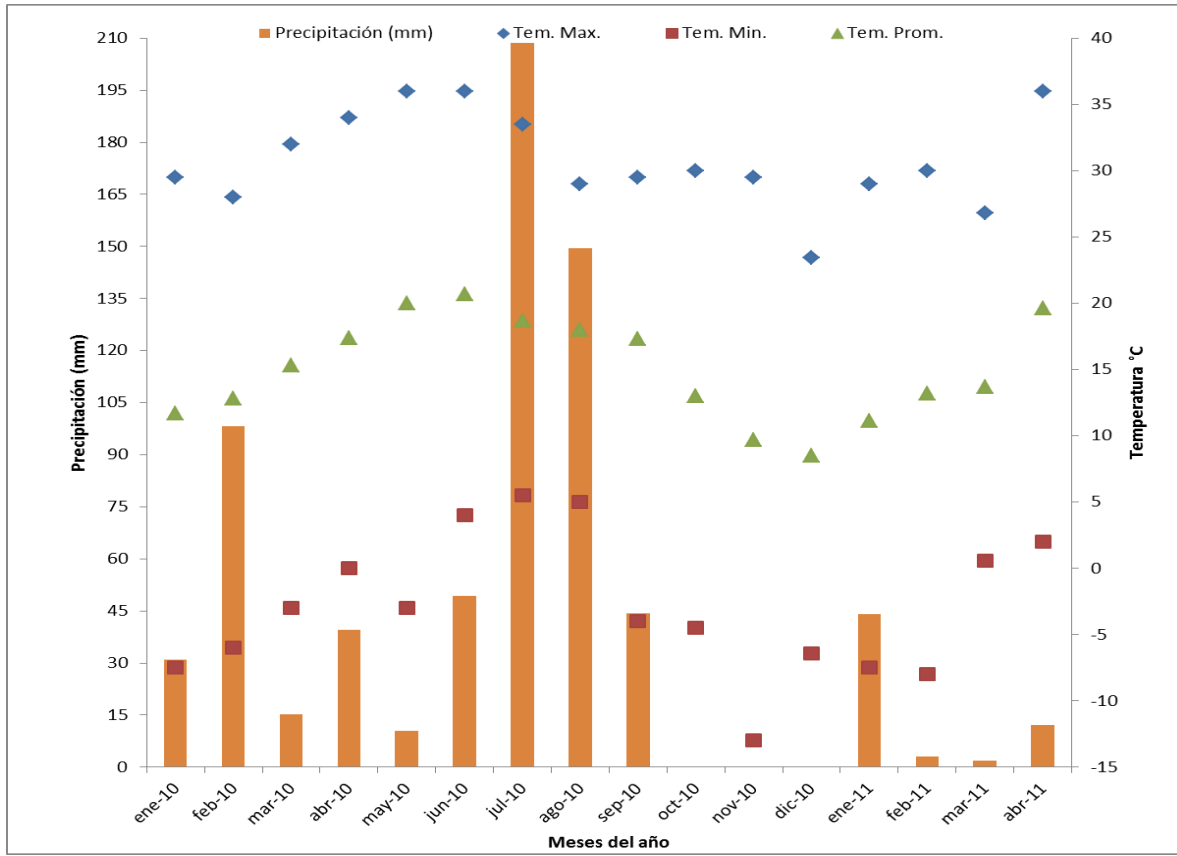


Figura 1. Datos mensuales de precipitación pluvial y temperatura máxima, media y mínima, durante el periodo experimental mar-2010 a abr-2011. Estación meteorológica del Colegio de Posgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México.

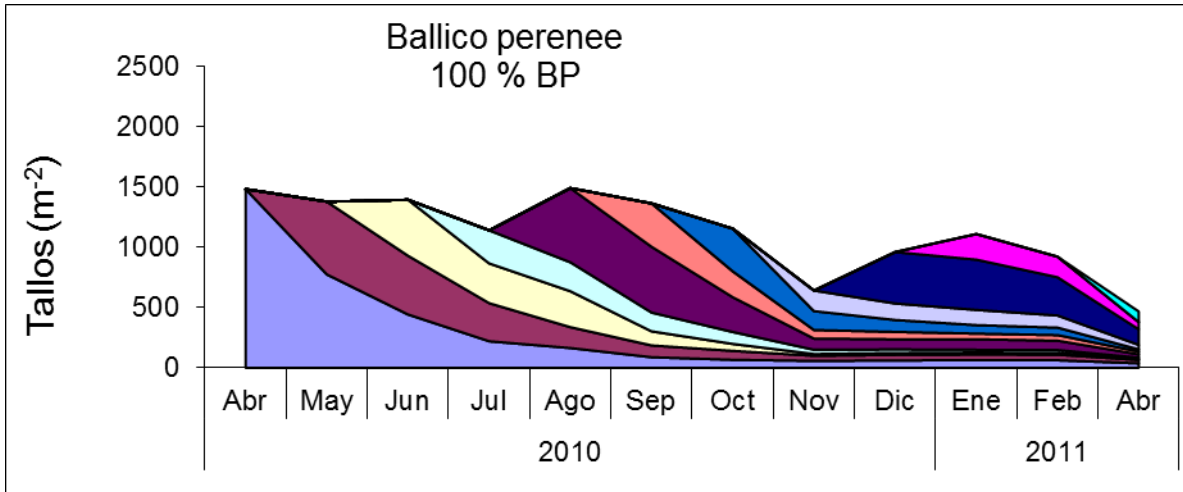


Figura 2. Cambios mensuales en la densidad de tallos de ballico perenne en la pradera pura.

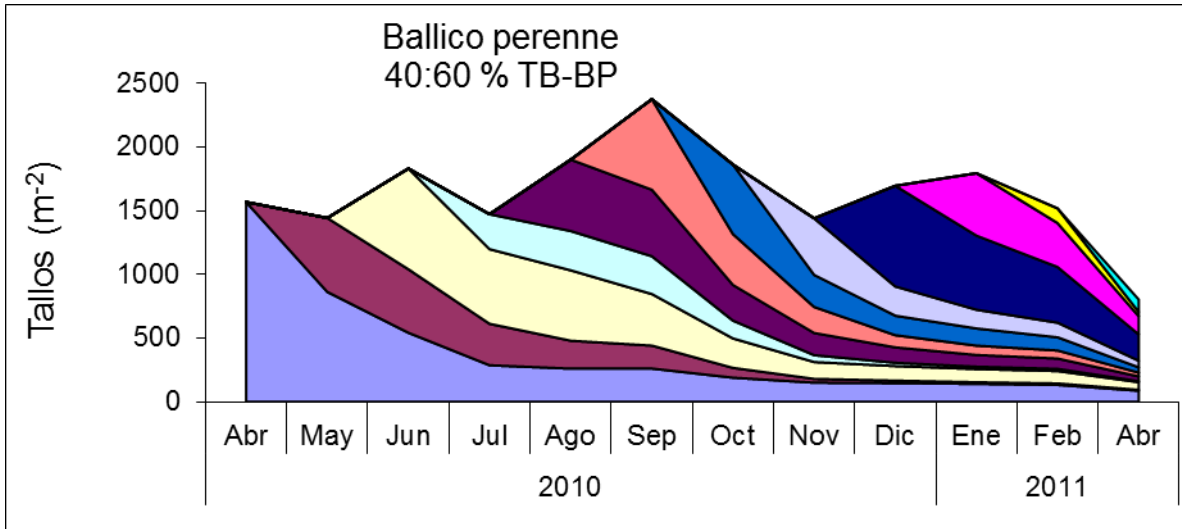


Figura 3. Cambios mensuales en la densidad de tallos de ballico perenne en la asociación con trébol blanco.

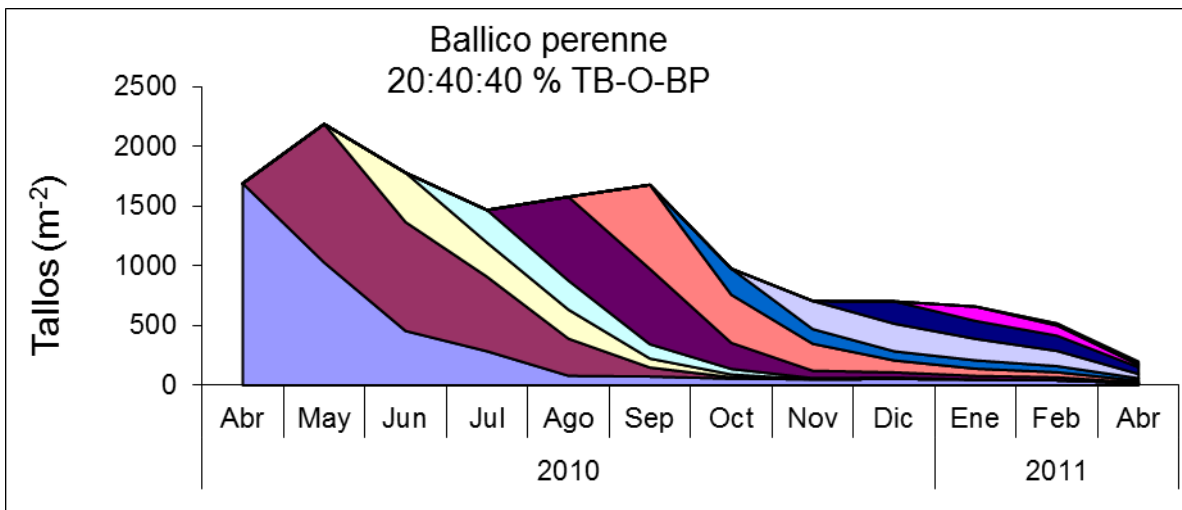


Figura 4. Cambios mensuales en la densidad de tallos de ballico perenne en la asociación con trébol blanco y 40 % de pasto ovillo.

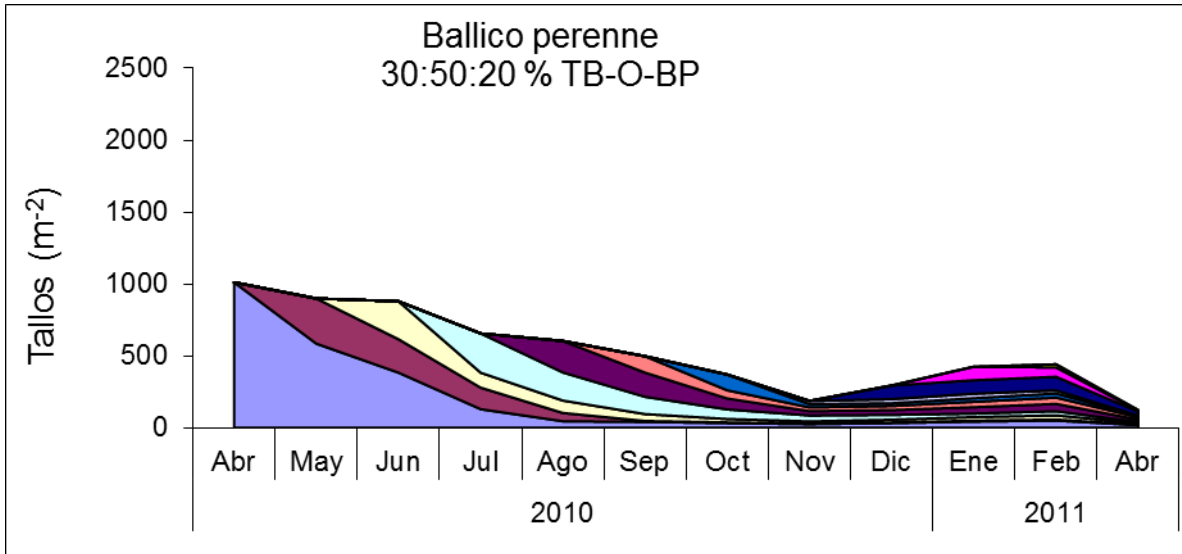


Figura 5. Cambios mensuales en la densidad de tallos de ballico perenne en la asociación con trébol blanco y 50 % de pasto ovillo.

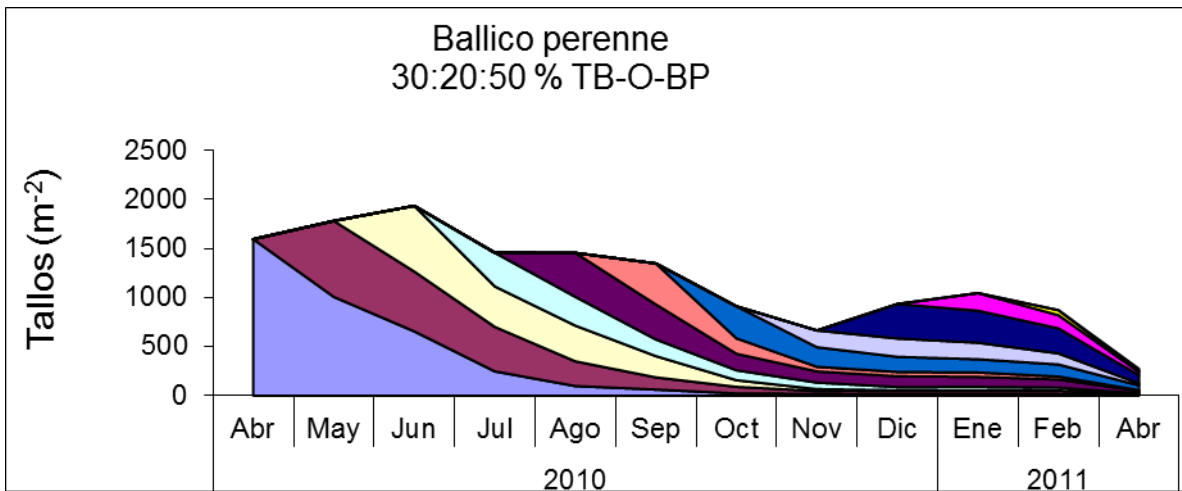


Figura 6. Cambios mensuales en la densidad de tallos de ballico perenne en la asociación con trébol blanco y 20 % de pasto ovillo.

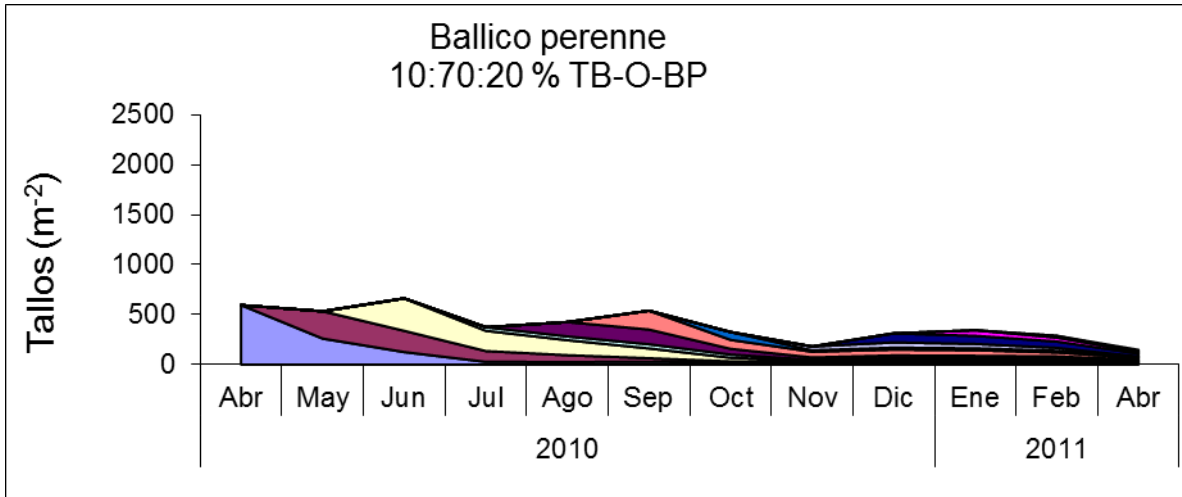


Figura 7. Cambios mensuales en la densidad de tallos de ballico perenne en la asociación con trébol blanco y 70 % de pasto ovillo.

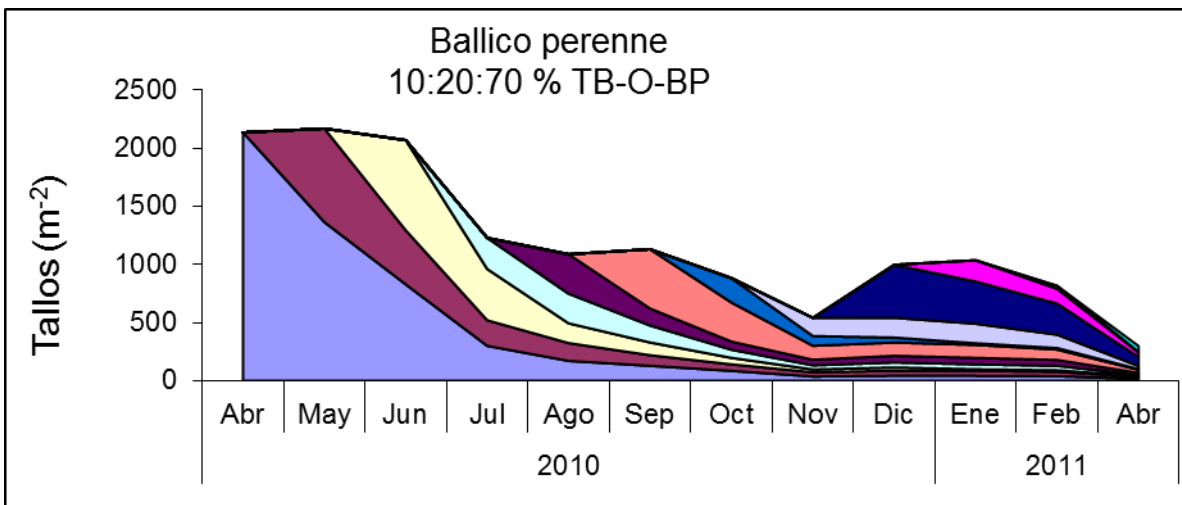


Figura 8. Cambios mensuales en la densidad de tallos de ballico perenne en la asociación 10:20:70% de TB-O-BP.

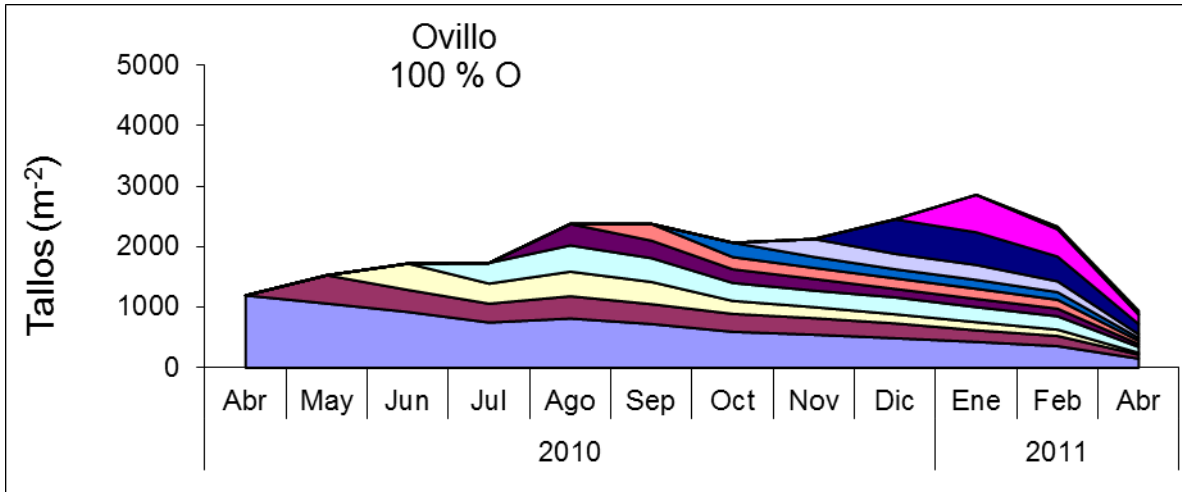


Figura 9. Cambios mensuales en la densidad de tallos de pasto ovillo en la pradera pura.

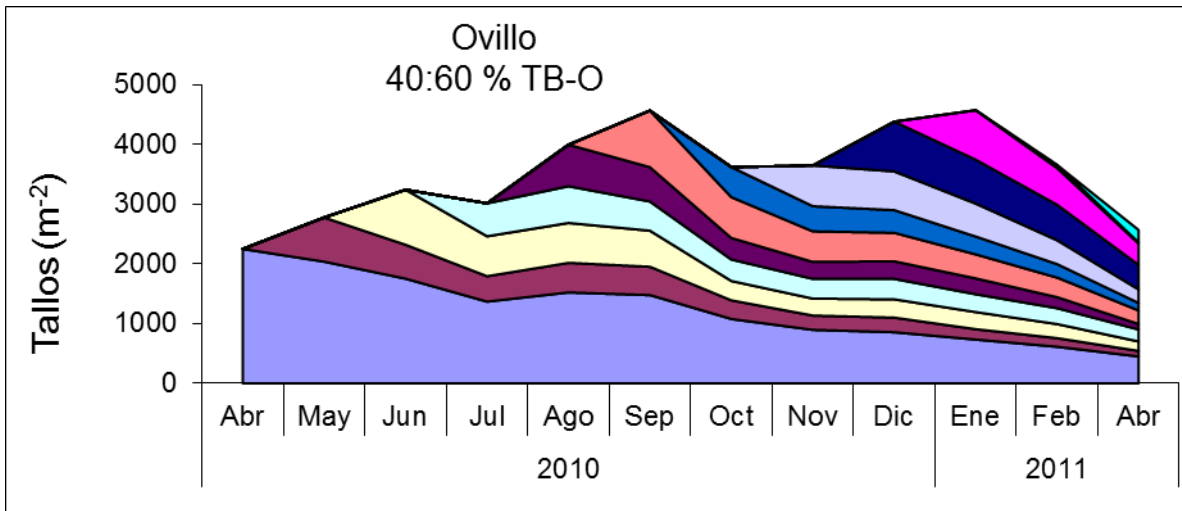


Figura 10. Cambios mensuales en la densidad de tallos de pasto ovillo en la asociación con dos especies.

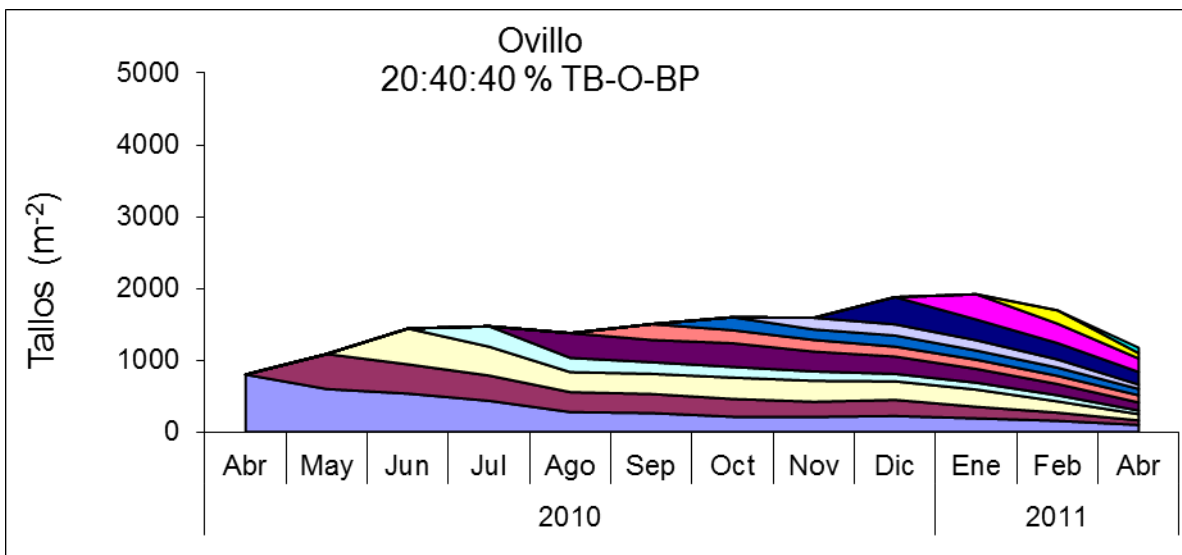


Figura 11. Cambios mensuales en la densidad de tallos de pasto ovillo en la asociación con tres especies.

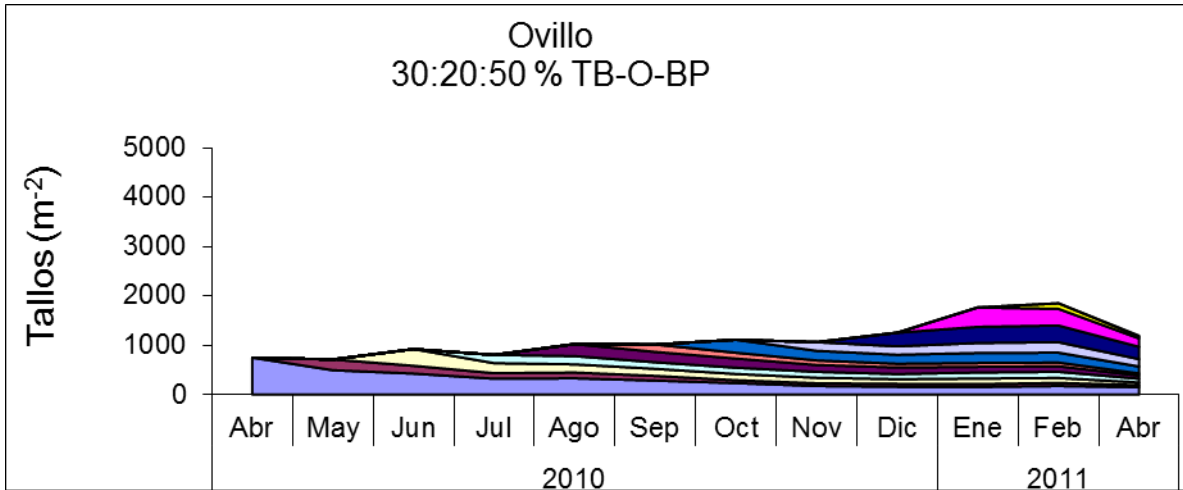


Figura 12. Cambios mensuales en la densidad de tallos de pasto ovillo en la asociación con 20% de O.

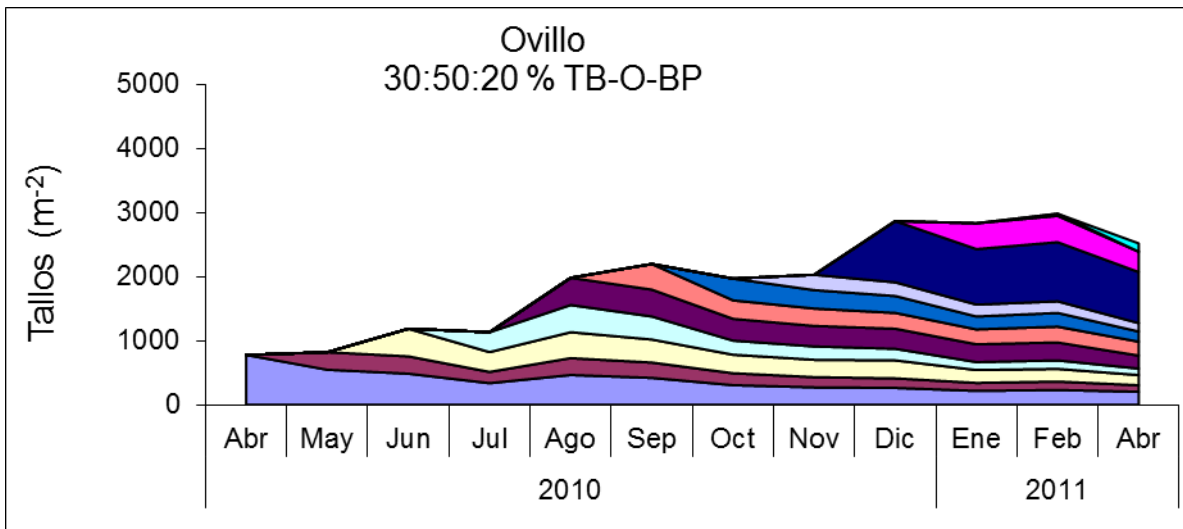


Figura 13. Cambios mensuales en la densidad de tallos de pasto ovillo en la asociación con 50% de O.

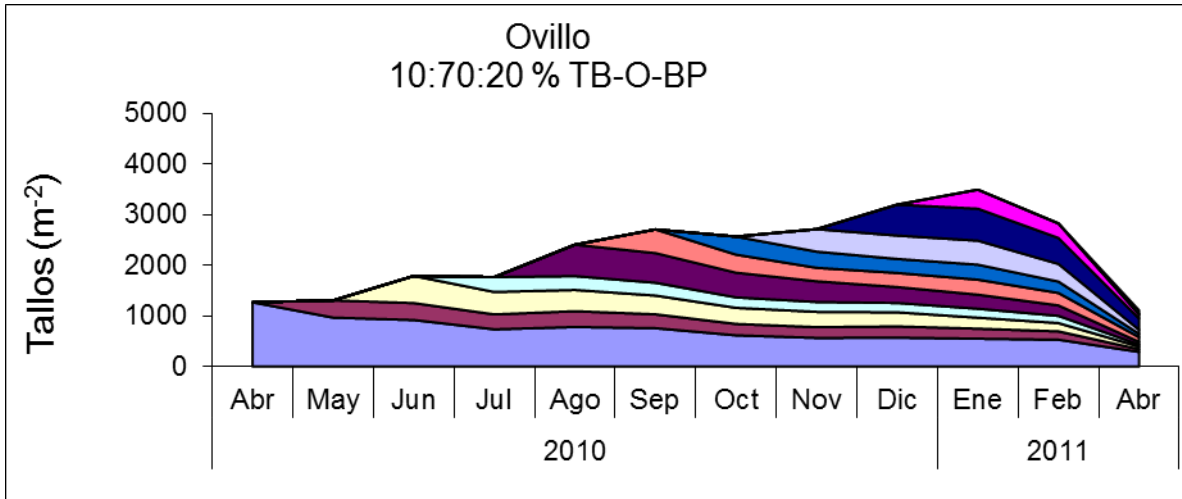


Figura 14. Cambios mensuales en la densidad de tallos de pasto ovillo en la asociación 10:70:20% de TB-O-BP.

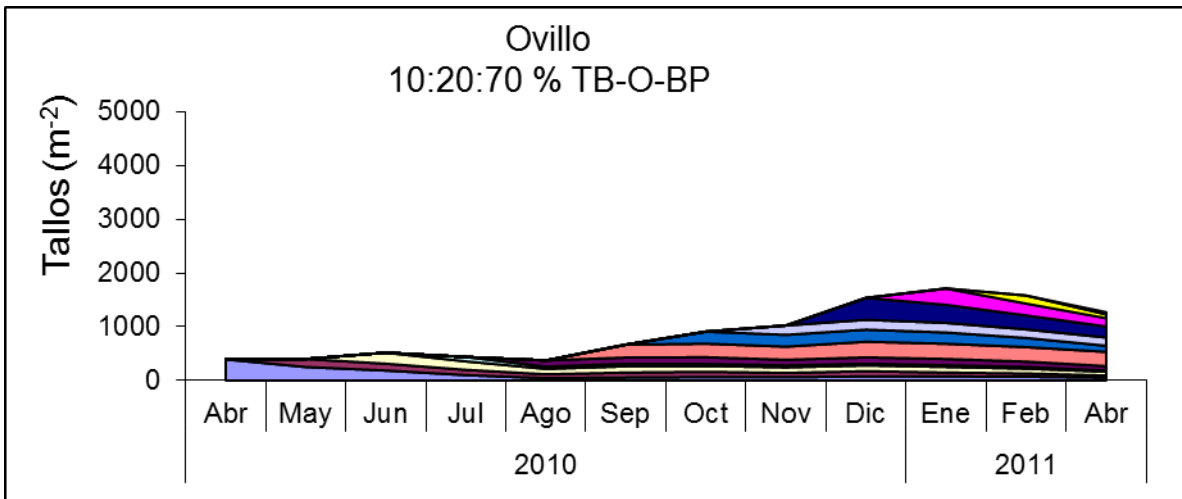


Figura 15. Cambios mensuales en la densidad de tallos de pasto ovillo en la asociación 10:20:70% de TB-O-BP.

Cuadro 2. Tasa de aparición, muerte y sobrevivencia de tallos de ballico perenne en seis asociaciones y una pradera pura de gramíneas – leguminosa.

Fecha de muestreo	Asociaciones							Sig.	EEM
	30:20:50% TB:O:BP	10:70:20% TB:O:BP	100% BP	40:60% TB:BP	30:50:20% TB:O:BP	20:40:40% TB:O:BP	10:20:70% TB:O:BP		
Tasa de aparición (Tallos * 100 tallos d ⁻¹)									
Mayo	0.42	0.35	0.33	0.33	0.32	0.67	0.38	NS	0.17
Junio	0.36	0.42	0.25	0.45	0.27	0.24	0.36	NS	0.09
Julio	0.3 AB	0.10 B	0.24 AB	0.26 AB	0.5 A	0.25 AB	0.20 AB	*	0.13
Agosto	0.26 AB	0.19 B	0.26 AB	0.28 AB	0.31 AB	0.42 A	0.16 B	*	0.07
Septiembre	0.20 AB	0.20 AB	0.14 B	0.30 AB	0.14 B	0.36 A	0.21 AB	*	0.06
Octubre	0.26	0.13	0.14	0.35	0.21	0.17	0.14	NS	0.08
Noviembre	0.11 AB	0.05 B	0.07 AB	0.22 A	0.04 B	0.14 AB	0.08 AB	**	0.04
Diciembre	0.26 AB	0.11 B	0.23 AB	0.50 A	0.16 AB	0.14 AB	0.26 AB	**	0.1
Enero	0.11 AB	0.06 B	0.09 AB	0.27 A	0.10 AB	0.08 B	0.08 B	*	0.06
Febrero	0.05 AB	0.03 AB	0.00 B	0.10 A	0.03 AB	0.02 AB	0.02 AB	*	0.03
Abril	0.03 AB	0.03 AB	0.05 AB	0.07 A	0.00 B	0.03 AB	0.05 AB	*	0.02
Tasa de muerte de tallos (Tallos * 100 tallos d ⁻¹)									
Mayo	0.16	0.18	0.16	0.14	0.14	0.2	0.21	NS	0.05
Junio	0.26 AB	0.23 AB	0.23 AB	0.22 B	0.26 AB	0.44 A	0.40 AB	*	0.07
Julio	0.55	0.37	0.34	0.41	0.61	0.4	0.7	NS	0.14
Agosto	0.28	0.31	0.3	0.27	0.28	0.39	0.27	NS	0.08
Septiembre	0.33 AB	0.14 C	0.20 BC	0.19 BC	0.31 ABC	0.39 A	0.23 ABC	*	0.07
Octubre	0.31 AB	0.27 AB	0.19 AB	0.34 AB	0.25 AB	0.41 A	0.13 B	**	0.06
Noviembre	0.17	0.19	0.22	0.3	0.21	0.23	0.18	NS	0.07
Diciembre	0.14 B	0.03 B	0.08 B	0.40 A	0.07 B	0.18 AB	0.06 B	**	0.06
Enero	0.05 AB	0.01 B	0.04 B	0.18 A	0.06 AB	0.07 AB	0.06 AB	*	0.04
Febrero	0.13 AB	0.08 AB	0.11 AB	0.24 A	0.10 AB	0.07 B	0.12 AB	*	0.06
Abril	0.12 AB	0.07 B	0.10 AB	0.20 A	0.08 B	0.09 AB	0.10 AB	*	0.04
Tasa de sobrevivencia de tallos (TST)									
Mayo	0.84	0.83	0.84	0.86	0.86	0.81	0.79	NS	0.05
Junio	0.74 AB	0.77 AB	0.78 AB	0.79 A	0.74 AB	0.56 B	0.61 AB	*	0.08
Julio	0.46	0.63	0.66	0.59	0.39	0.61	0.3	NS	0.14
Agosto	0.73	0.69	0.7	0.73	0.73	0.61	0.73	NS	0.08
Septiembre	0.67 BC	0.87 A	0.80 AB	0.82 AB	0.69 ABC	0.61 C	0.78 ABC	*	0.07
Octubre	0.69 AB	0.73 AB	0.81 AB	0.66 AB	0.75 AB	0.59 B	0.88 A	**	0.06
Noviembre	0.83	0.81	0.78	0.7	0.8	0.77	0.82	NS	0.07
Diciembre	0.86 A	0.97 A	0.92 A	0.61 B	0.94 A	0.82 AB	0.95 A	**	0.06
Enero	0.95 AB	0.99 A	0.96 A	0.83 B	0.94 AB	0.94 AB	0.94 AB	*	0.04
Febrero	0.88 AB	0.92 AB	0.90 AB	0.76 B	0.91 AB	0.93 A	0.88 AB	*	0.06
Abril	0.88 AB	0.93 A	0.90 AB	0.80 B	0.92 AB	0.91 AB	0.90 AB	*	0.04

Diferente literal mayúscula, en cada hilera, indican diferencias significativas (P<0.05), de las asociaciones en cada mes del año.

TB= Trébol blanco, O= Ovillo, BP= Ballico perenne, EEM= Error estándar de la media, Sig. = Significancia, * = (P<0.05), ** = (P<0.01).

Cuadro 3. Tasa de aparición, muerte y sobrevivencia de tallos de pasto ovillo en seis asociaciones y una pradera pura de gramíneas – leguminosa.

Fecha de muestreo	Asociaciones							Sig.	EEM
	30:20:50% TB:O:BP	10:70:20% TB:O:BP	100% O	30:50:20% TB:O:BP	20:40:40% TB:O:BP	40:60% TB:O	10:20:70% TB:O:BP		
Tasa de aparición (Tallos * 100 tallos d ⁻¹)									
Mayo	0.16	0.17	0.15	0.13	0.22	0.24	0.13	NS	0.08
Junio	0.24	0.26	0.15	0.2	0.22	0.3	0.17	NS	0.07
Julio	0.22	0.24	0.2	0.28	0.2	0.31	0.12	NS	0.07
Agosto	0.20 AB	0.28 A	0.11 B	0.17 AB	0.21 AB	0.21 AB	0.15 AB	*	0.05
Septiembre	0.12	0.18	0.08	0.15	0.11	0.25	0.24	NS	0.07
Octubre	0.24	0.17	0.09	0.18	0.1	0.19	0.23	NS	0.07
Noviembre	0.12 AB	0.15 AB	0.08 B	0.09 AB	0.06 B	0.18 A	0.12 AB	*	0.03
Diciembre	0.23 AB	0.27 AB	0.20 AB	0.47 A	0.18 AB	0.27 AB	0.31 AB	**	0.07
Enero	0.23	0.13	0.18	0.17	0.15	0.24	0.19	NS	0.05
Febrero	0.09	0	0.02	0.02	0.13	0.03	0.14	NS	0.06
Abril	0.005	0.03	0.03	0.05	0.03	0.06	0.02	NS	0.02
Tasa de muerte de tallos (Tallos * 100 tallos d ⁻¹)									
Mayo	0.06	0.04	0.03	0.09	0.04	0.04	0.03	NS	0.03
Junio	0.08 AB	0.02 B	0.06 AB	0.02 B	0.06 AB	0.14 A	0.06 AB	**	0.03
Julio	0.16	0.09	0.05	0.06	0.08	0.15	0.12	NS	0.05
Agosto	0.06 AB	0.18 A	0.05 B	0.06 AB	0.08 AB	0.15 AB	0.08 AB	**	0.03
Septiembre	0.11	0.13	0.08	0.06	0.13	0.18	0.05	NS	0.04
Octubre	0.18 AB	0.19 AB	0.12 AB	0.13 AB	0.15 AB	0.27 A	0.09 B	*	0.06
Noviembre	0.11 AB	0.06 AB	0.04 AB	0.02 B	0.06 AB	0.13 A	0.02 B	*	0.03
Diciembre	0.1	0.1	0.1	0.09	0.09	0.13	0.1	NS	0.04
Enero	0.07	0.1	0.04	0.11	0.07	0.11	0.06	NS	0.03
Febrero	0.17 AB	0.38 A	0.17 AB	0.04 B	0.13 AB	0.22 AB	0.19 AB	*	0.09
Abril	0.20 AB	0.31 A	0.20 AB	0.08 B	0.17 AB	0.20 AB	0.20 AB	**	0.06
Tasa de sobrevivencia de tallos (TST)									
Mayo	0.94	0.96	0.97	0.91	0.97	0.96	0.97	NS	0.03
Junio	0.92 AB	0.99 A	0.94 AB	0.98 A	0.94 AB	0.86 B	0.94 AB	**	0.03
Julio	0.85	0.92	0.95	0.94	0.92	0.85	0.88	NS	0.05
Agosto	0.94 AB	0.82 B	0.95 A	0.94 AB	0.92 AB	0.85 AB	0.92 AB	**	0.03
Septiembre	0.9	0.87	0.92	0.94	0.87	0.82	0.95	NS	0.04
Octubre	0.82 AB	0.81 AB	0.88 AB	0.88 AB	0.86 AB	0.73 B	0.91 A	*	0.06
Noviembre	0.89 AB	0.95 AB	0.96 AB	0.98 A	0.95 AB	0.87 B	0.98 A	*	0.03
Diciembre	0.91	0.9	0.9	0.91	0.91	0.88	0.9	NS	0.04
Enero	0.94	0.9	0.96	0.89	0.93	0.89	0.94	NS	0.03
Febrero	0.83 AB	0.63 B	0.83 AB	0.96 A	0.87 AB	0.78 AB	0.81 AB	*	0.09
Abril	0.81 AB	0.69 B	0.81 AB	0.92 A	0.84 AB	0.80 AB	0.80 AB	**	0.06

Diferente literal mayúscula, en cada hilera, indican diferencias significativas (P<0.05), de las asociaciones en cada mes del año.

TB= Trébol blanco, O= Ovillo, BP= Ballico perenne, EEM= Error estándar de la media, Sig. = Significancia, * = (P<0.05), ** = (P<0.01).

Cuadro 4. Cambios estacionales en la densidad de plantas de siete asociaciones y dos praderas puras de dos gramíneas y una leguminosa.

Estación del año	Asociaciones								EEM	Sig.	Prom.	
	30:20:50 TB:O:BP	10:70:20 TB:O:BP	100 BP	100 O	40:60 TB:BP	30:50:20 TB:O:BP	20:40:40 TB:O:BP	40:60 TB:O				10:20:70 TB:O:BP
Trébol blanco (plantas m ⁻²)												
Primavera	29	11 b			24	27 b	25	35 b	12 b	6.19	NS	23 B
Verano	32 AB	15 B b			30 AB	32 AB b	25 AB	50 A ab	14 B ab	6.19	*	28 B
Otoño	44 AB	25 B ab			45 AB	40 AB ab	40 AB	71 A a	23 B ab	6.19	*	41 A
Invierno	45	49 a			49	52 a	43	59 ab	44 a	6.19	NS	49 A
Promedio	37 AB	25 B			37 AB	38 AB	33 AB	54 A	23 B		*	
EEM	8.69	8.69			8.69	8.69	8.69	8.69	8.69			2.34
Sig.	NS	*			NS	*	NS	*	*			**
Ovillo (plantas m ⁻²)												
Primavera	51 B	72 AB		101 A		74 AB	80 AB	103 A	45 B a	6.09	**	75 A
Verano	38 D	70 BC		98 AB		72 ABC	60 CD	102 A	30 D b	6.09	**	67 AB
Otoño	38 B	74 A		93 A		66 AB	67 AB	95 A	38 B ab	6.09	**	67 AB
Invierno	46 AB	72 AB		74 AB		62 AB	57 AB	80 A	42 B ab	6.09	**	62 B
Promedio	43 C	72 B		91 A		68 B	66 B	95 A	38 C		**	
EEM	3.97	3.97		3.97		3.97	3.97	3.97	3.97			2.3
Sig.	NS	NS		NS		NS	NS	NS	*			**
Ballico perenne (plantas m ⁻²)												
Primavera	67 AB a	30 C	70 AB a		66 AB a	37 BC a	63 AB a		74 A a	3.26	**	58 A
Verano	58 A a	24 B	70 A a		63 A ab	24 B ab	55 A a		68 A a	3.26	**	52 B
Otoño	43 A b	22 B	61 A ab		52 A bc	18 B b	44 A ab		54 A ab	3.26	**	42 C
Invierno	34 ABC b	21 C	54 A b		42 ABC c	22 BC b	30 BC b		43 AB b	3.26	**	35 D
Promedio	50 B	24 C	64 A		56 AB	25 C	48 B		59 AB		**	
EEM	3.07	3.07	3.07		3.07	3.07	3.07		3.07			1.23
Sig.	**	NS	*		**	*	**		**			**

Diferente literal mayúscula, en la misma hilera, indican diferencias significativas entre asociaciones (P<0.01).

Diferente literal minúscula, en la misma columna, indican diferencias significativas entre estaciones del año para cada asociación (P<0.01).

TB= Trébol blanco, O= Ovillo, BP= Ballico perenne; EEM= Error estándar de la media; Sig.= Significancia, *(P<0.05), **=(P<0.01); Prom.= Promedio.

**CAPÍTULO 5. RESPUESTA FISIOLÓGICA DEL PASTO BALLICO PERENNE Y
OVILLO SOLOS Y ASOCIADOS CON TRÉBOL BLANCO A DIFERENTES
PORCENTAJES, EN CONDICIONES DE PASTOREO**

RESPUESTA FISIOLÓGICA DEL PASTO BALLICO PERENNE Y OVILLO SOLOS Y ASOCIADOS CON TRÉBOL BLANCO A DIFERENTES PORCENTAJES, EN CONDICIONES DE PASTOREO

Miguel Ángel Moreno Carrillo, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2012

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar la tasa de recambio de tejido de los pastos ballico perenne (BP) (*Lolium perenne* L.) y ovillo (O) (*Dactylis glomerata* L.) solos y sembrados a diferentes proporciones con trébol blanco (TB) (*Trifolium repens* L.), en condiciones de pastoreo. Se utilizaron las siguientes proporciones: 30:20:50 %; 10:70:20 %; 00:00:100 %; 00:100:00 %; 40:00:60 %; 30:50:20 %; 20:40:40 %; 40:60:00 % y 10:20:70 % de trébol blanco, pasto ovillo y ballico perenne, distribuidos en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Las variables evaluadas fueron crecimiento foliar: elongación, senescencia y crecimiento neto foliar (en mm tallo⁻¹ d⁻¹ y en mg tallo⁻¹ d⁻¹); peso por tallo (mg tallo⁻¹) y producción neta de forraje (g MS m⁻² d⁻¹). Independientemente de la asociación, las mayores tasas de elongación y crecimiento neto foliar se presentaron en primavera y las menores en invierno para ballico perenne, mientras que el pasto ovillo registró las mayores en verano y las menores en primavera. En el peso por tallo de ballico perenne, la asociación 30:20:50 % TB-O-BP observo el mayor peso ($P < 0.05$) en verano. En ovillo la asociación 40:60 % TB-O fue diferente ($P < 0.01$) a la asociación 10:20:70% TB-O-BP en la época de verano. En producción neta de forraje las asociaciones con dos especies 40:60 % de TB-BP y de TB-O registraron los valores más altos en g MS m⁻² d⁻¹. Se recomienda continuar con investigación más detallada para obtener una proporción óptima que maximice el rendimiento de forraje de los pastos ballico perenne y ovillo, por lo tanto los valores obtenidos en este estudio, permiten una visión del comportamiento de las especies evaluadas.

Palabras clave: *Dactylis glomerata*, *Lolium perenne*, *Trifolium repens*, crecimiento foliar, peso por tallo, producción neta de forraje.

PHYSIOLOGICAL RESPONSE OF PERENNIAL RYEGRASS AND ORCHARD GRASS
ALONE AND ASSOCIATED WITH WHITE CLOVER AT DIFFERENT PERCENTAGES,
UNDER GRAZING CONDITIONS

Miguel Ángel Moreno Carrillo, Dr.
Colegio de Postgraduados, 2012

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the rate of tissue turnover pastures perennial ryegrass (BP) (*Lolium perenne* L.), and orchard grass (O) (*Dactylis glomerata* L.) alone y planted at different proportions with white clover (*Trifolium repens* L.) (TB), under grazing. We used the following proportions: 30:20:50 %; 10:70:20 %; 00:00:100 %; 00:100:00; 40:00:60 %; 30:50:20 %; 20:40:40 %; 40:60:00 % and 10:20:70 % of white clover, orchard grass and perennial ryegrass, distributed in a complete block design with four replicates. The variables evaluated were leaf growth: elongation, senescence and leaf net growth (in mm tiller⁻¹ d⁻¹ and in mg tiller⁻¹ d⁻¹); tiller weight (mg tiller⁻¹) and net production of forage (g DM m⁻² d⁻¹). Regardless of the association, the highest rates of elongation and leaf net growth occurred in spring and lowest in winter perennial ryegrass, while orchard grass in summer recorded the highest and lowest in spring. The tiller weight of perennial ryegrass, the association 30:20:50 % TB-O-BP recorded the highest weight ($P < 0.05$) in summer. In association orchard grass 40:60 % TB-O was different ($P < 0.01$) the association 10:20:70 % TB-O-BP in the summer. In net production of forage partnerships with two species of 40:60 % TB-BP and of TB-O recorded the highest values in g DM m⁻² d⁻¹. To continue with further investigation for optimal proportion to maximize forage yield of perennial ryegrass and orchard grass, therefore the values obtained in this study, provide an overview of the behavior of the species tested.

Key words: *Dactylis glomerata*, *Lolium perenne*, *Trifolium repens*, leaf growth, tiller weight, net production of forage.

INTRODUCCIÓN

La principal función de las plantas verdes es interceptar la luz solar en el follaje y absorber agua y nutrimentos a través de las raíces para asegurar el abastecimiento de energía para su crecimiento y desarrollo (Hodgson, 1990). Las plantas forrajeras están adaptadas para esos fines, pero deben contar con mecanismos de adaptación para sobrevivir al efecto de cosechas frecuentes y severas. El impacto de la cosecha está determinado por la cantidad y tipo de tejido removido, área foliar remanente, frecuencia de cosecha y estado fisiológico de las plantas (Bahmani *et al.*, 2000).

El crecimiento vegetativo de una pradera, depende de tres características principales: aparición, elongación y vida media de la 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 determina el Índice de Área Foliar de la pradera, el cual es el responsable de la interceptación de luz, por tanto, de su velocidad de rebrote (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 sénece, regulado por variables ambientales y por las características propias de la pradera (Lemaire y Agnusdei, 2000). Por lo que, 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 especie y variedad. 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, elongación de hojas y su vida media, son las variables que determinan mayoritariamente los cambios estructurales de las plantas 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. 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 Filocromo y su unidad es grados día (Skinner y Nelson, 1995; Graming y Stoltenberg 2007; Azebedo *et al.*, 2006; Clerget *et al.*, 2007).

Las diferencias productivas y de capacidad de rebrote entre especies se dan por las tasas de aparición y expansión de las hojas. Una alta tasa de expansión foliar produce rápidamente una mayor superficie fotosintética y 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 más eficientemente la intensidad lumínica que las hojas maduras y viejas (Gold y Caldwell, 1989).

La producción de forraje es el resultado del balance entre el crecimiento y la senescencia de la hoja (Bircham y Hodgson, 1983). La planeación del pastoreo ayuda a eficientar la cosecha de la hoja, antes de que entre en una etapa avanzada de senescencia (Mazzanti *et al.*, 1994; Lemaire y Agnusdei, 2000). Esto asegura una alta utilización del forraje producido y evita el deterioro de la estructura de la pradera por

una excesiva acumulación de tallos,seudotallos, y material muerto (Hodgson y Da Silva, 2002). En ballico perenne (*Lolium perenne*) se demostró que el rendimiento de forraje depende del balance entre la densidad de tallos y el crecimiento individual por tallo, relación que depende de la altura de corte (Hernández-Garay *et al.*, 1999; Pérez *et al.*, 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 (MacAdam *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).

Estudios de la tasa de recambio de tejido, ayudan a entender la dinámica de crecimiento entre defoliaciones sucesivas, lo cual permite un manejo más eficiente en términos de producción animal por unidad de superficie (Velasco *et al.*, 2001). Sin embargo, en pasto ovido y ballico perenne la información disponible con relación al manejo óptimo durante las diferentes estaciones del año es escasa, a pesar de su importancia práctica, por lo que el objetivo del presente estudio fue evaluar la tasa de recambio de tejido de los pastos ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y ovido (*Dactylis glomerata* L.), solos y asociados con trébol blanco (*Trifolium repens* L.), en condiciones de pastoreo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y duración del estudio

El experimento se realizó en una pradera asociada de trébol blanco (*Trifolium repens*), pasto ovillo (*Dactylis glomerata*) y ballico perenne (*Lolium perenne*), ubicada en el Campo Experimental del Colegio de Posgraduados, en Montecillo, Texcoco, Estado de México. La pradera fue establecida en diciembre del 2009 y el período de evaluación se llevó a cabo de marzo de 2010 a abril de 2011. 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; la menor temperatura promedio mensual es de 11.6 °C y ocurre en enero y la mayor en mayo con 18.4 °C (García, 1988). Los promedios mensuales de temperatura, precipitación y número de heladas, ocurridos durante el periodo experimental (Cuadro 1), se obtuvieron de la estación meteorológica del Colegio de Postgraduados, ubicado a 100 m del área experimental.

Establecimiento de praderas

Las gramíneas se sembraron en hileras separadas a 15 cm, mientras que la leguminosa se sembró en forma perpendicular a las gramíneas con una distancia entre hileras de 40 cm. La densidad de siembra empleada por especie fue de 10 kg ha⁻¹ de pasto ovillo, 20 kg ha⁻¹ de ballico perenne y 5 kg ha⁻¹ de trébol blanco, respectivamente. En el Cuadro 2 se muestran las diferentes proporciones empleadas por especie. Las asociaciones se distribuyeron aleatoriamente en 36 parcelas experimentales de 7 por 8 m (56 m²), de acuerdo a un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Las

praderas no fueron fertilizadas y en la época de estiaje, se proporcionaron riegos a capacidad de campo cada dos semanas.

Antes de iniciar el experimento, en el mes de marzo de 2010, las praderas fueron defoliadas por ovinos, para uniformizarlas a una altura aproximada de 5 cm sobre el nivel del suelo. Posteriormente, la frecuencia de defoliación vario con la estación del año; cada cuatro semanas durante primavera-verano y seis semanas en otoño-invierno, de acuerdo con las recomendaciones de Velasco *et al.* (2001; 2005), para pasto ovilla y ballico perenne en praderas puras. Para un mejor manejo de los ovinos, las praderas fueron delimitadas con cerco eléctrico.

Variables estudiadas

Crecimiento foliar

El crecimiento foliar se evaluó a mediados de cada estación del año. Para ello, un día después del pastoreo, en cada unidad experimental, se delimitó un transepto de dos metros de largo y se seleccionaron de manera aleatoria cinco tallos de cada especie de gramínea, los cuales fueron identificados con anillos de alambre de diferente color. Inmediatamente después se realizaron las siguientes mediciones en cada tallo: la longitud de lámina foliar (desde la base de la lígula hasta el ápice en hojas verdes ó hasta la base del tejido clorótico en hojas en proceso de senescencia). Posteriormente, estas mediciones se realizaron cada semana hasta un día antes del siguiente pastoreo. Sólo el tejido foliar verde fue registrado, por lo que la senescencia se obtuvo de manera indirecta por la diferencia de las longitudes de hojas en proceso de senescencia, entre mediciones sucesivas. Con estos datos, fue posible estimar la

tasa de elongación foliar, crecimiento neto foliar, y senescencia por especie, como resultado del promedio de los cinco tallos seleccionados por repetición.

Elongación, crecimiento neto y senescencia foliar de gramíneas

La tasa de elongación foliar por tallo (TEF; mm tallo⁻¹ d⁻¹), se calculó para hojas en crecimiento, como la diferencia entre la sumatoria de las longitudes de las láminas foliares al final (LF_f) e inicio (LF_i), dividida entre el número de días transcurridos (ND) entre mediciones sucesivas (Hernández-Garay *et al.*, 1997).

$$TEF = \frac{(LF_f - LF_i)}{ND}$$

La tasa de senescencia foliar por tallo (TSF; mm tallo⁻¹ d⁻¹) se obtuvo para hojas en proceso de senescencia, como la diferencia entre la sumatoria de las longitudes de las láminas foliares al inicio (LF_i) menos la final (LF_f), dividida entre el número de días transcurridos (ND), entre mediciones sucesivas (Hernández-Garay *et al.*, 1997).

$$TSF = \frac{(LF_i - LF_f)}{ND}$$

La tasa de crecimiento neto foliar por tallo (CNF; mm tallo⁻¹ d⁻¹), se calculó como la diferencia entre la tasa de elongación foliar (TEF) y la tasa de senescencia foliar (TSF), (Hernández-Garay *et al.*, 1997), donde el CNF es:

$$CNF = TEF - TSF$$

Después de cada medición de tasa de recambio de tejido, se separaron en dos categorías las hojas verdes de diez tallos, de cada gramínea. Las hojas que estaban creciendo se clasificaron como jóvenes, y las restantes como maduras; no se usaron las senescentes. Se registró la longitud tanto de las hojas jóvenes, como de las

maduras, y se registró su peso en fresco. Posteriormente, se colocaron en un sobre por separado, se secaron en una estufa de aire forzado por 48 h a 55 °C, hasta que alcanzaron un peso constante, y se registró su peso (mg). Con los datos de longitud y peso seco se determinó la relación entre ellos, y se emplearon para calcular el crecimiento en mg cm^{-1} , con sus respectivas variantes.

Peso por tallo

Un día antes del pastoreo, a mediados de cada estación del año, se cosecharon a ras de suelo, diez tallos del pasto ovillo y ballico perenne, los cuales se secaron, y se registró su peso. El peso por tallo (mg tallo^{-1}) se obtuvo al dividir el número de tallos entre diez.

Producción neta de forraje (PNF)

Con los datos de crecimiento neto por tallo ($\text{mg tallo}^{-1} \text{ d}^{-1}$), densidad de tallos por planta y número de plantas (tallos m^{-2}) se calculó la producción neta de forraje, en todas las asociaciones, mediante la siguiente fórmula:

$$\text{PNF} = (\text{PH} * \text{CN}) * \text{PT}$$

Donde:

PNF = Producción neta de forraje ($\text{g MS m}^{-2} \text{ d}^{-1}$), PH = Peso de hoja (en mg), CN = Crecimiento neto foliar ($\text{mm tallo}^{-1} \text{ d}^{-1}$) y PT = Población de tallos (tallos m^{-2}).

Análisis estadístico

Para investigar el efecto de las asociaciones sobre las variables respuesta: elongación, senescencia, crecimiento neto foliar, peso por tallo y producción neta de forraje, considerando los meses del año del período de evaluación, se utilizó el análisis de varianza para diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones, el

cual fue implementado en el PROC GLM del SAS (2002), para comparar las medias de tratamientos ($P \leq 0.05$) se utilizó el procedimiento de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Crecimiento foliar

Crecimiento foliar del pasto ballico perenne ($\text{mm tallo}^{-1} \text{d}^{-1}$)

La tasa de recambio de tejido estacional de las seis asociaciones y de la pradera pura se presenta en el Cuadro 3. En las estaciones de primavera y verano se presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre asociaciones en elongación, senescencia y crecimiento neto foliar (Cuadro 3). La mayor tasa de recambio de tejido se presentó durante la primavera con la asociación 40:60 % TB y BP con un valor en la tasa de elongación y crecimiento neto foliar de ballico perenne de 61.2 y 52.3 $\text{mm tallo}^{-1} \text{d}^{-1}$, respectivamente, superando en 45 y 36 % a la asociación con 30:50:20 % de TB-O-BP ($P < 0.05$). Sin embargo, en senescencia foliar la asociación 20:40:40 % (TB-O-BP) registró el valor más alto (10.5 $\text{mm tallo}^{-1} \text{d}^{-1}$) en primavera superando estadísticamente ($P < 0.05$) a la asociación 30:50:20 % (TB-O-BP), mientras que en el verano la asociación 10:20:70 % (TB-O-BP) tuvo la mayor senescencia foliar ($P < 0.05$) y la menor la registró la pradera pura (Cuadro 3).

En la estación de otoño e invierno no se presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre asociaciones en elongación y crecimiento neto foliar (Cuadro 3). La mayor tasa de recambio de tejido que se presentó durante el otoño en la asociación 40:60 % de TB y BP con un valor en la tasa de elongación y crecimiento neto foliar del ballico perenne de 34.5 y 29.9 $\text{mm tallo}^{-1} \text{d}^{-1}$ ($P > 0.05$), respectivamente. Sin embargo, la senescencia foliar si presento diferencias ($P < 0.05$); la pradera pura registró el valor

más alto ($8.8 \text{ mm tallo}^{-1} \text{ d}^{-1}$) superando a las asociaciones (Cuadro 3). Al respecto, Ying *et al.* (2005) evaluaron el efecto del número de defoliaciones por año (1, 2, 4 y 8 cortes) durante dos años de estudio sobre las características de crecimiento del ballico perenne asociado con trébol blanco, reportaron que a mayor frecuencia de corte (8 vs 1 y 2 cortes por año) se estabiliza la formación de tallos, pero estimula el crecimiento de la hoja, por lo que esta variable no registró efectos significativos entre tratamientos. Así mismo, Garduño *et al.* (2009), reportaron que la elongación es mayor en verano, por lo que en esta época obtuvieron los mayores rendimientos de la especie ($P < 0.05$).

Crecimiento foliar del pasto ballico perenne ($\text{mg tallo}^{-1} \text{ d}^{-1}$)

En las estaciones del año no se presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre asociaciones en elongación y crecimiento neto foliar (Cuadro 4). La asociación 30:50:20 % TB-O-BP con 28 y 24 $\text{mg tallo}^{-1} \text{ d}^{-1}$ presentó el menor promedio en elongación y crecimiento neto foliar ($P < 0.01$), siendo 36 y 33 % inferior al de la pradera asociada con 40:60 % TB-BP, respectivamente; la cual, no fue estadísticamente diferente ($P > 0.05$) a las demás asociaciones y a la pradera pura de ballico perenne. Similar comportamiento sucedió con la senescencia ya que la misma asociación 30:50:20 % (TB-O-BP) con 5 $\text{mg tallo}^{-1} \text{ d}^{-1}$ presentó el menor promedio, siendo 40 % inferior a la pradera pura de ballico perenne.

En general, se observó la mayor elongación, crecimiento neto foliar y senescencia promedio durante la primavera con 49, 41 y 8 $\text{mg tallo}^{-1} \text{ d}^{-1}$ y superó en 172, 173 y 167 % a las del invierno, respectivamente ($P < 0.01$). Durante la primavera, la mayor elongación y crecimiento neto foliar lo presentó la asociación 40:60 % TB y BP; sin embargo, no se presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre

asociaciones y la menor senescencia la presentó la asociación 30:50:20 % de TB-O-BP ($P < 0.01$) con $4 \text{ mg tallo}^{-1} \text{ d}^{-1}$ (Cuadro 4). En verano, la pradera pura no fue diferente ($P > 0.05$) a las praderas asociadas. Las menores tasas de recambio de tejido foliar se observaron en otoño e invierno y estuvieron asociados con el mayor número de heladas registrado en la zona (Cuadro 1).

Según Velasco *et al.* (2005), en el rendimiento y valor nutritivo del ballico perenne (*Lolium perenne* L.) en respuesta a la frecuencia de corte concluyen que independientemente de la frecuencia de corte, el 72 % del rendimiento anual de forraje se observó en las estaciones de verano y primavera. Estos autores consideran que la mayor cantidad de material muerto se presentó a los intervalos de corte de 4 y 6 semanas y pudo deberse a que las plantas produjeron biomasa más rápido durante la mayor parte del año y se alargaron de 2.4 a 3.6 cm, respectivamente más que las plantas cortadas cada 2 semanas.

La aparición de hojas de ballico perenne está asociada con la temperatura. De acuerdo con McKenzie *et al.* (1999), la temperatura ejerce una influencia importante en la aparición de las hojas y en la velocidad de crecimiento de la planta. El menor peso de hojas (mg tallo^{-1}) observado en otoño e invierno puede estar relacionado con las bajas temperaturas y con la menor radiación global que ocurrieron en estas estaciones (Cuadro 1). Fue evidente que la dinámica de la pradera en términos de su capacidad de auto-regeneración vegetativa de tallos y hojas, varió significativamente con los muestreos del periodo de estudio y con las prácticas de manejo, principalmente al afectar la tasa de aparición de tallos, como también propusieron Hodgson (1990) y Matthew *et al.* (2001).

Peso por tallo del pasto ballico perenne

En el cuadro 5, se presentan los cambios estacionales, en el peso por tallo, de ballico perenne en las diferentes asociaciones y una pradera pura. En general, se observó el mayor peso por tallo ($P < 0.05$) cuando el ballico perenne representó el 50 % de la asociación en la época de verano. En el verano el peso promedio por tallo de ballico perenne fue de $357 \text{ mg tallo}^{-1}$ y superó ($P < 0.01$) con excepción de la primavera, al resto de las estaciones del año. Resultados similares fueron reportados por Velasco *et al.* (2007) quienes observaron el mayor peso de los tallos de ballico perenne en verano, independientemente de la frecuencia de corte.

En la primavera, otoño e invierno no existieron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre asociaciones. Los resultados obtenidos en este experimento concuerdan con los reportados por Garduño *et al.* (2009), donde evaluó el peso por tallo de ballico perenne en praderas puras, con diferentes frecuencias de corte, y reportaron que en la época de invierno no existieron diferencias ($P > 0.05$) entre tratamientos a pesar de que en esta estación se presentaron los menores pesos.

En general, se observó en todas las asociaciones que el ballico perenne a principios del verano (julio) y en el otoño (octubre-diciembre) presentó una alta mortalidad de tallos, debido a que en la época de verano se registraron los mayores rendimientos de forraje, producto del peso por tallo, lo que evitó la penetración de la luz a los estratos inferiores aumentando la mortalidad de los tallos pequeños, recién formados, mientras que en la época de otoño se registraron las menores densidades de tallos en todas las asociaciones producto del efecto negativo de las heladas que ocurrieron en esta época (Cuadro 1), las que afectaron la sobrevivencia de los tallos.

En primavera se presentaron las mayores tasas de aparición, con pesos más bajos que en el verano.

Producción neta de forraje (PNF) del pasto ballico perenne

La producción neta de forraje (PNF) estacional de ballico perenne en seis asociaciones de gramíneas con trébol blanco y en la pradera pura se presenta en el cuadro 6. Las asociaciones 10:70:20 % y 30:50:20 % (TB-O-BP) con 15 y 17 g MS m⁻² d⁻¹ presentaron el menor promedio anual ($P < 0.01$), siendo 320 y 271 % inferior al de la asociación 40:60 % TB-BP, respectivamente; la cual, fue estadísticamente diferente ($P < 0.01$) a las demás asociaciones. En general, se observó la mayor PNF promedio durante la primavera con 66 g MS m⁻² d⁻¹ y superó en 44, 230 y 408 % a las de verano, otoño e invierno, respectivamente (Cuadro 6).

Durante la primavera, la menor y mayor PNF la presentaron las asociaciones 10:70:20 % de TB-O-BP y 40:60 % de TB-BP ($P < 0.01$), con 27 y 92 g MS m⁻² d⁻¹ (Cuadro 6). En verano, la combinación 40:60 % de TB-BP superó en 406 y 333 % a 10:70:20 % y 30:50:20 % de TB-O-BP, respectivamente; siendo ésta asociación diferente ($P < 0.01$) a las demás. Para otoño e invierno esta misma asociación presentó el valor más alto de PNF ($P < 0.01$) en comparación con las demás asociaciones. Existieron diferencias en las PNF del ballico perenne en todas las asociaciones entre estaciones del año ($P < 0.01$).

Crecimiento foliar del pasto ovillo (mm tallo⁻¹ d⁻¹)

En el cuadro 7, se presentan la tasa de elongación (TEF), senescencia (TSF) y crecimiento neto foliar (CNF) de pasto ovillo, en las diferentes estaciones del año. Durante la primavera la asociación con 40:60 % TB-O presentó el mayor crecimiento

neto con 21.5 mm tallo⁻¹ d⁻¹ ($P < 0.05$), superando en 62 y 54 % a las asociaciones 10:20:70 % TB-O-BP y 30:50:20 % TB-O-BP. La elongación y senescencia foliar, no registraron diferencias estadísticas entre asociaciones ($P > 0.05$), durante primavera, aunque la asociación con 60 % de pasto ovillo presentó la mayor TEF y menor TSF. No se presentaron diferencias estadísticas entre asociaciones en ninguno de los componentes del crecimiento foliar durante verano. En el otoño se registraron las mayores tasas de recambio de tejido (Cuadro 7). La elongación y crecimiento neto foliar fueron en promedio de 40 y 30 mm tallo⁻¹ d⁻¹, no existiendo diferencias entre asociaciones ($P > 0.05$). En invierno la asociación 40:60 % TB-O presentó la mayor elongación con 34.1 mm tallo⁻¹ d⁻¹ superando en 71 % a 20:40:40 % de TB-O-BP, y con 62 % a 10:20:70 % TB-O-BP, respectivamente (Cuadro 7). La asociación con 30:20:50 % de TB-O-BP registró la mayor senescencia foliar con 6.9 mm tallo⁻¹ d⁻¹ ($P < 0.05$). En el crecimiento neto foliar, se registró diferencias estadísticas entre asociaciones ($P < 0.05$), durante el invierno, la asociación con 50 % de ovillo superó en 88 % a la de 20:40:40 % (TB-O-BP). Al respecto, Velasco *et al.* (2001) observaron, al realizar un análisis de crecimiento en praderas puras de pasto ovillo, que el mayor índice de área foliar y los mayores valores de crecimiento y rendimiento fueron en la época de verano, con respecto a otoño, invierno y primavera ($P < 0.05$). Similar comportamiento fue reportado por Zaragoza *et al.* (2009) al evaluar la curva de crecimiento de la asociación alfalfa-ovillo.

En verano y otoño no se presentaron diferencias ($P > 0.05$) en TEF y CNF, lo cual coincide con lo reportado por (Wilson *et al.*, 2008), donde mencionan que el pasto

ovillo no presenta diferencias ($P > 0.05$) durante las primeras 4 semanas después de la cosecha, en el crecimiento neto foliar y en la senescencia acumulada.

Independientemente de la asociación, las mayores tasas de elongación y crecimiento neto foliar se presentaron en otoño-invierno y las menores en primavera y se atribuyen a que, en primavera-verano no se registraron las condiciones ambientales adecuadas, particularmente humedad, que permitieron a las especies manifestar su máximo potencial productivo (Cuadro 1). Al respecto, se ha señalado que la temperatura ejerce influencia directa sobre la tasa de aparición y expansión foliar y aunado a un nivel adecuado de humedad, las praderas alcanzan rápidamente su IAF óptimo en primavera y verano, como lo consignaron Velasco *et al.* (2001; 2005), para pasto ovilla y ballico perenne y Clark *et al.* (1995) y Brock *et al.* (1989) en trébol blanco.

Crecimiento foliar del pasto ovilla ($\text{mg tallo}^{-1} \text{d}^{-1}$)

En el cuadro 8, se presentan la tasa de elongación (TEF), senescencia (TSF) y crecimiento neto foliar (CNF) del pasto ovilla, en las diferentes estaciones del año. No se presentaron diferencias estadísticas ($P > 0.05$) entre asociaciones en ninguno de los componentes del crecimiento foliar durante la primavera, verano y otoño. La asociación con 30:50:20 % TB-O-BP presentó la mayor elongación y crecimiento neto en invierno con 42 y 35 $\text{mg tallo}^{-1} \text{d}^{-1}$ ($P < 0.01$), superando en 68 y 84 %, respectivamente, a la asociación 20:40:40 % de TB-O-BP. La senescencia foliar promedio, no registró diferencias estadísticas entre asociaciones ($P > 0.05$). En el verano se registraron las mayores tasas de recambio de tejido (Cuadro 8), la elongación y crecimiento neto foliar fueron en promedio de 44 y 40 $\text{mg tallo}^{-1} \text{d}^{-1}$, existiendo diferencias con las demás

épocas del año ($P > 0.01$); en primavera se presentó la menor elongación y crecimiento neto foliar promedio con 28 y 26 mg tallo⁻¹ d⁻¹.

La asociación 10:70:20 % (TB-O-BP) presentó la mayor elongación y crecimiento neto foliar con 51 y 47 mg tallo⁻¹ d⁻¹ en verano superando con el 88 % a la estación de primavera, respectivamente, siendo la única asociación que presentó efectos significativos ($P < 0.05$) entre épocas del año. A excepción de la asociación con 30:50:20 % que no registró diferencias estadísticas ($P < 0.05$), en senescencia foliar, las demás registraron diferencias estadísticas entre épocas del año (Cuadro 8).

Peso por tallo del pasto ovido

En el cuadro 9, se presentan los cambios estacionales, en el peso por tallo del pasto ovido en las diferentes asociaciones. La asociación 40:60 % de TB y O, presentó el mejor peso promedio anual con 118 mg tallo⁻¹, superando en 74 %, a la 10:20:70 % de TB-O-BP con 68 mg tallo⁻¹ (Cuadro 9). Durante el invierno se registró el menor peso de los tallos de ovido (44 mg tallo⁻¹), siendo superado en 327 y 143 % ($P < 0.01$) por verano y primavera, respectivamente. La asociación con el 40:60 % de TB y O (248 mg tallo⁻¹) fue diferente ($P < 0.01$) a la asociación 10:20:70 % TB-O-BP (113 mg tallo⁻¹) en la época de verano, superando en 120 % a esta asociación. En primavera, otoño e invierno no se observaron diferencias entre asociaciones ($P > 0.05$).

La marcada estacionalidad encontrada en el peso de tallos parece estar relacionada con temperatura y radiación solar (Cuadro 1), sobre todo con temperatura, ya que las bajas temperaturas de invierno promovieron más la formación de nuevos tallos mientras que el calor del verano promovió un mayor peso por tallo. Al respecto,

McKenzie *et al.* (1999) señalaron que la temperatura tiene especial influencia en la aparición de tallos y estolones.

Estudios efectuados con baja densidad de plantas (Hernández *et al.*, 1993; citado por Pérez *et al.*, 2002), sugieren que la formación de tallos es más importante, para determinar la producción de forraje, que el peso individual de cada uno de ellos; sin embargo, cuando la densidad de tallos es alta o la pradera se encuentra en estado reproductivo, su peso individual es más importante (Terry and Tilley, 1964; citado por Pérez *et al.*, 2002), por lo que es necesario conocer tanto la densidad como el peso de los mismos.

Producción neta de forraje (PNF) del pasto ovido

El Cuadro 10 muestra que existieron diferencias ($P < 0.01$) entre asociaciones, en la producción neta de forraje (PNF) promedio estacional y anual de pasto ovido ($\text{g MS m}^{-2} \text{d}^{-1}$) en seis asociaciones de gramíneas con trébol blanco y la pradera pura. La asociación 10:20:70 % TB-O-BP con $29 \text{ g MS m}^{-2} \text{d}^{-1}$ presentó el menor promedio anual de PNF ($P < 0.01$), siendo 383 % inferior al de la asociación 40:60 % de TB y O; la cual, fue estadísticamente diferente ($P < 0.01$) a las demás asociaciones. En general, se observó la menor PNF promedio durante la primavera con $43 \text{ g MS m}^{-2} \text{d}^{-1}$ y fue inferior en 95, 83 y 67 % a las de verano, invierno y otoño (Cuadro 10).

Durante el verano, la menor y mayor PNF la presentaron las asociaciones 10:20:70 % de TB-O-BP y 40:60 % de TB:O ($P < 0.01$), con 26 y $160 \text{ g MS m}^{-2} \text{d}^{-1}$, respectivamente. En otoño e invierno, esta misma combinación de dos especies 40:60 % de TB y O registró los valores más altos de PNF ($P < 0.01$) en comparación con las

demás asociaciones. Sin embargo, no existieron diferencias ($P > 0.05$) en PNF de pasto ovilla de esta asociación entre las estaciones del año (Cuadro 10).

Con el rebrote se eleva la proporción de hojas y se reduce la del tallo, en todo el período experimental. Al respecto, se puede señalar que el crecimiento inicial de las gramíneas consiste básicamente de hojas, pero cuando maduran, los tallos constituyen mayor porcentaje del forraje presente (Zaragoza *et al.*, 2009). Las plantas del pasto ovilla presentaron un incremento significativo en el componente morfológico que correspondió a material muerto, en el muestreo de diciembre y, al final del estudio; esta acumulación ocurrió, por que las hojas presentes en los estratos superiores sombrean a las hojas de las capas inferiores y mueven hacia abajo el punto de compensación por luz, por lo que se presenta una pérdida de carbono a través de esas hojas por respiración. Estas hojas sombreadas eventualmente mueren, por lo que la tasa de pérdida supera a la tasa de formación de nuevo tejido, que resulta en una disminución en la acumulación neta de tejido foliar (Pérez *et al.*, 2002).

Los valores más altos de tallos y material muerto, se presentaron, al acelerarse la tasa de senescencia o la diferenciación de tallos reproductivos, como se ha presentado en otros pastos templados. En praderas mixtas de ballico perenne y trébol blanco, también se ha observado que la proporción de ambas especies y los componentes morfológicos variaron con la estación del año (Hernández-Garay *et al.*, 1999; citado por Velasco *et al.*, 2001). Estos mismos autores indican que el tiempo óptimo de corte del pasto ovilla varió con la estación del año y para obtener la máxima producción de forraje, la cosecha debe efectuarse, respectivamente, cuando la

biomasa de hojas verdes y el índice de área foliar son máximos y la tasa de senescencia y descomposición comienza a aumentar.

CONCLUSIONES

Las mayores tasas de recambio de tejido de ballico perenne y las menores tasas de elongación y crecimiento neto foliar del pasto ovillo se registraron en la primavera. En el peso de los tallos en los pastos ballico perenne y ovillo las asociaciones 30:20:50 % de TB-O-BP y 40:60 % de TB-O, respectivamente, registraron los mejores resultados en la época de verano. En la producción neta de forraje de ballico perenne la asociación con dos especies 40:60 % de TB-BP registró los valores más altos, similarmente en el pasto ovillo fue 40:60 % de TB-O.

LITERATURA CITADA

- Azevedo, M J, F D Miranda, J D Nascimento, S P Menezes, F V C D Noronha, M L Melo (2006) Características morfogênicas e estruturais de capim-massai submetido a adubação nitrogenada e desfolhação. Revista Brasileira de Zootecnia 35(3):665-671.
- Bahmani I, L Hazard, C Varlet – Grancher, M Betin, G Lemaire, C Matthew and E R Thom (2000) Differences in tillering of long and short leaved perennial ryegrass genetic lines under full light and shade treatments. Crop Science 40:1095 – 1102.
- Beltrán L S, G A Hernández, J E García, P J Pérez, S J Kohashi, H J G Herrera, C A R Quero, M S S González (2005). Rendimiento de la altura y frecuencia de corte en el crecimiento y rendimiento del pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) en un invernadero. Agrociencia 39:137-147.

- Beltrán L S, P J Pérez, G A Hernández, J E García, S J Kohashi, H J G Herrera (2002). Respuesta fisiológica del pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) a diferentes alturas de defoliación. *Agrociencia* 36:547-556.
- Bircham J D, J Hodgson (1983) The influence of sward conditions on rates of herbage growth and senescence in mixed swards under continuous grazing management. *Grass and Forage Science* 38:323-331.
- Brock J L, J R Caradus, M J M Hay (1989) Fifty years of white clover research in New Zealand. *In: Proceedings of the New Zealand Grassland Association* pp: 50: 25-39.
- Chapman D F, G Lemaire (1993) Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. *Proceedings of the XVII International Grassland Congress. New Zealand and Australia.* pp. 95 -104.
- Clark H, P C D Newton, C C Bell, E M Glasgow (1995) The influence of elevated CO₂ and simulated seasonal changes in temperature on tissue turnover in pasture turfs dominated by ryegrass (*Lolium perenne*) y white clover (*Trifolium repens*). *J. of App. Ecol.* 32: 128-136.
- Clerget B, M Dinguhn, E Gozé, H F W Rattunde, B V Ney (2007) Variability of phyllochron, plastochron and rate of increase in height in photoperiod-sensitive sorghum varieties. *Annals of Botany* pp: 1-6.
- Dale B E (1983) Biomass refining: protein and ethanol from alfalfa. *Industrial Engineering Chemical Production Research Development* (22):466-472.
- Davies A (1988) The regrowth of grass swards. *In: Jones M. B. and Lazenby A. (eds). The Grass Crop. Chapman and Hall. London.* pp: 85-127.

- Gao Y, D Wilman (1994) Leaf development in eight related grasses. *Journal Agricultural Science* 123:41-46.
- García E (1988) Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4^a ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 217 p.
- Gold W G, M M Calwell (1989) The effects of the spatial pattern of defoliation on regrowth of a tussock grass, responses. *Oecologia* 80:289-296.
- Gaming G G, D E Stoltenberg (2007) Leaf appearance base temperature and phyllichron for common grass and broadleaf weed species. *Weed Technology* 21(1):249-254.
- Hernández-Garay A, C Matthew, J Hodgson (1999) Tiller size/density compensation in perennial ryegrass miniature swards subject to differing defoliation heights and a proposed productivity index. *Grass and Forage Science* 54:347-356.
- Hernández-Garay A, C Matthew, J Hodgson (1997) Effect of spring grazing management on perennial ryegrass and ryegrass-white clover pastures. 2. Tiller and growing point densities and population dynamics. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 40:37-50.
- Hodgson J, S C Da Silva (2002) Options in tropical pasture management. *In Proc. Annual Meeting of Brazilian Society of Animal Science, 39th, Recife, Brazil. 29 July-1 Aug. pp: 180-202.*
- Hodgson J (1990) *Grazing Management: Science into Practice*. Longman Scientific & Technical. Harlow, England. 204 p.

- Hodgson J (1981) Swards studies: Objectives and priorities. In: Hodgson j., R. D. Braker, A. Davies, A. S. Laidlaw, and J. D. Leaver (Eds). Swards Measurement Handbook. The British Grasslands Society. Berkshire England, pp: 1-14.
- Khan CH M A (1970) Effects of clipping intensities on forage yield of *Cenchrus ciliaris* (Linn) in Thal, Pakistan. J Forest 20:75-87.
- Lemaire G (2001) Ecophysiology of grasslands Aspects of forage plant populations in grazed swards. Proceeding of the XIX International Grassland Congress. São Pedro, São Paulo. Brasil. pp: 29-37.
- Lemaire G, M Agnusdei (2000) Leaf tissue turnover and efficiency of herbage utilization. p 265-287. In Lemaire G., et al. (ed.) Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology. CAB International, Wallingford, UK.
- MacAdam J W, J J Volenec, C J Nelson (1989) Effect of nitrogen on mesophyll cell division and epidermal cell elongation in tall leaf blades. Plants Physiology 89:549-556.
- McKenzie B A, P D Kemp, D J Moot, C Matthew, R J Lucas (1999) Environmental effects on plant growth and development. In: New Zealand Pasture and Crop Science. J White, J Hodgson (eds). Auckland, N. Z. Oxford University. pp: 29-44.
- Mazzanti A G, G Lemaire, F Gastel (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: 111-120.
- Ortiz S C (1997) Colección de monolitos. Montecillo, Texcoco, Edo. México. México: Depto. Génesis de Suelos. Edafología, IRENAT. Colegio de Postgraduados. 17p.

- Pérez B M T, G A Hernández, P J Pérez, H J G Herrera, G R Bárcena (2002) Respuesta productiva y dinámica de rebrote del ballico perenne a diferentes alturas de corte. *Técnica Pecuaria en México* 40(3):251-263.
- SAS Institute (2002) SAS User's Guide: Statistics. 9th ed. Cary NC, USA. SAS Inst. Inc.
- Schnyder H, R Schäufele, R Visser, C J Nelson (2000) An integrated view of C and N uses in leaf growth zones of defoliated grasses. In: Lemaire G., Hodgson J., Morales A. Cavalho P. C., Nibinger C., eds. *Grassland ecophysiology and grazing ecology*. Cambridge, UK: International, 41-60.
- Skinner R H, C J Nelson (1995) Elongation of the grass leaf and its relationship to the phyllochron. *Crop Science* 35:4-10.
- Velasco Z M E, G A Hernández, H V A González (2005) Rendimiento y valor nutritivo de Ballico perenne (*Lolium perenne* L.) en respuesta a la frecuencia de corte. *Téc. Pecu. Méx.* 43:274:258.
- Velasco Z M E, G A Hernández, H V A González, P J Pérez, H H Vaquera, S A Galvis (2001) Curva de crecimiento y acumulación estacional del pasto ovilla (*Dactylis glomerata* L.). *Téc. Pecu. Méx.* 39:1-14.
- Wilson G C Y, M H A Zavaleta, D H López, G A Hernández (2008) La citoquinina BAP retrasa la senescencia, aumenta antioxidantes, proteína y crecimiento en el pasto Ovilla (*Dactylis glomerata* L.). *Agrociencia* 42:799-806.
- Zaragoza E J, G A Hernández, P J Pérez, H J G Herrera, G F Osnaya, H P A Martínez, M S González, C A R Quero (2009) Análisis de crecimiento estacional de una pradera asociada alfalfa-pasto Ovilla. *Técnica Pecuaria en México* 47(2):173-188.

Cuadro 1. Promedios mensuales de temperatura, precipitación y número de heladas registradas durante el periodo experimental. Estación meteorológica del Colegio de Posgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México.

Mes	Temperatura °C			Numero de Heladas	Precipitación mm
	Máxima	Mínima	Promedio		
Marzo 2010	32	-3	15.3	4	15.2
Abril 2010	34	0	17.4	0	39.5
Mayo 2010	36	-3	20	0	10.5
Junio 2010	36	4	20.7	0	49.2
Julio 2010	33.5	5.5	18.7	0	208.6
Agosto 2010	29	5	18	0	149.5
Septiembre 2010	29.5	-4	17.3	2	44.3
Octubre 2010	30	-4.5	13	14	0
Noviembre 2010	29.5	-13	9.7	10	0
Diciembre 2010	23.4	-6.4	8.5	2	0
Enero 2011	29	-7.5	11.1	20	44
Febrero 2011	30	-8	13.2	8	3
Marzo 2011	26.8	0.6	13.7	0	1.8
Abril 2011	36	2	19.6	0	12.2

Cuadro 2. Porcentaje de cada especie empleada en las diferentes asociaciones estudiadas.

Tratamiento	Porcentaje en la asociación			Total
	Ovillo	Ballico	Trébol	
1	20	50	30	100
2	70	20	10	100
3	0	100	0	100
4	100	0	0	100
5	0	60	40	100
6	50	20	30	100
7	40	40	20	100
8	60	0	40	100
9	20	70	10	100

Cuadro 3. Tasa de elongación (E), senescencia (S) y crecimiento neto foliar (CN) de pasto ballico perenne por época del año, en seis asociaciones de gramíneas con trébol blanco, y una pradera pura.

Época	Asociaciones							EEM	Sig.	
	30:20:50%	10:70:20%	100%	40:60%	30:50:20%	20:40:40%	10:20:70%			
	TB:O:BP	TB:O:BP	BP	TB:BP	TB:O:BP	TB:O:BP	TB:O:BP			
	mm tallo ⁻¹ día ⁻¹									
Primavera	E	55.9 AB	51.4 AB	53.3 AB	61.2 A	42.1 B	50.9 AB	43.9 AB	4.6	**
	S	10.1 A	8.5 A	10.4 A	9.0 A	3.8 B	10.5 A	7.3 A	0.8	**
	CN	45.9 AB	42.9 AB	42.9 AB	52.3 A	38.3 B	40.5 B	36.6 B	3.9	*
Verano	E	46.1 AB	49.2 AB	45.9 AB	54.3 A	43.6 B	43.2 B	47.5 AB	3.3	*
	S	4.6 AB	6.8 AB	3.6 B	6.9 AB	4.9 AB	5.2 AB	7.6 A	0.9	**
	CN	41.5 AB	42.3 AB	42.4 AB	47.4 A	38.7 AB	38.1 B	39.9 AB	3.1	*
Otoño	E	32.5	32.5	30.6	34.5	20.9	29.3	28.6	6.1	NS
	S	4.4 B	4.4 B	8.8 A	4.6 B	4.7 B	4.5 B	4.4 B	1.3	*
	CN	28.1	28.1	21.8	29.9	16.2	24.8	24.2	5.5	NS
Invierno	E	16.9	26.1	23.7	18.6	18.3	22.7	17.9	3.4	NS
	S	2.6	2.9	2.0	2.3	2.1	2.9	2.7	0.5	NS
	CN	14.3	23.2	21.7	16.3	16.2	19.8	15.2	3.5	NS

Diferente literal mayúscula, en cada hilera, indican diferencias significativas (P < 0.05).

E= Elongación, CN= Crecimiento neto, S= Senescencia, TB= Trébol blanco, O= Ovillo, BP= Ballico perenne, EEM= Error estándar de la media, Sig.= Significancia

Cuadro 4. Elongación, senescencia y crecimiento neto foliar del ballico perenne por época del año, en seis asociaciones de gramíneas con trébol blanco, y una pradera pura.

Época	Asociaciones							EEM	Sig.	Prom.
	30:20:50% TB:O:BP	10:70:20% TB:O:BP	100% BP	40:60% TB:BP	30:50:20% TB:O:BP	20:40:40% TB:O:BP	10:20:70% TB:O:BP			
Elongación (mg tallo ⁻¹ d ⁻¹)										
Primavera	54 a	49 a	51 a	59 a	41 a	49 a	42 a	3.85	NS	49 A
Verano	40 bc	43 ab	40 ab	47 a	38 ab	37 ab	41 ab	3.85	NS	41 B
Otoño	28 bc	28 ab	27 b	30 ab	18 ab	26 bc	25 bc	3.85	NS	26 C
Invierno	15 c	23 b	21 b	16 b	16 b	20 c	16 c	3.85	NS	18 D
Promedio	34 AB	36 AB	35 AB	38 A	28 B	33 AB	31 AB		**	
EEM	2.17	2.17	2.17	2.17	2.17	2.17	2.17			1.45
Sig.	**	**	**	**	**	**	**			**
Senescencia (mg tallo ⁻¹ d ⁻¹)										
Primavera	10 A a	8 AB a	10 A a	9 A ab	4 B	10 A a	7 AB ab	1.15	**	8 A
Verano	6 ab	9 a	5 ab	9 a	6	7 ab	10 a	1.15	NS	7 AB
Otoño	5 ab	5 ab	11 a	6 ab	6	5 ab	5 ab	1.15	NS	6 B
Invierno	3 b	3 b	2 b	3 b	3	3 b	3 b	1.15	NS	3 C
Promedio	6 AB	6 AB	7 A	6 AB	5 B	6 AB	6 AB		**	
EEM	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48			0.43
Sig.	*	*	**	**	NS	**	*			**
Crecimiento Neto (mg tallo ⁻¹ d ⁻¹)										
Primavera	44 a	41 a	41 a	50 a	37 a	40 a	35 a	3.58	NS	41 A
Verano	34 ab	34 ab	35 ab	38 ab	31 ab	31 ab	31 ab	3.58	NS	34 B
Otoño	23 bc	23 b	16 b	25 ab	13 b	20 bc	20 bc	3.58	NS	20 C
Invierno	12 c	19 b	18 b	14 b	13 b	16 c	12 c	3.58	NS	15 C
Promedio	28 AB	29 AB	28 AB	32 A	24 B	27 AB	25 AB		**	
EEM	1.95	1.95	1.95	1.95	1.95	1.95	1.95			1.35
Sig.	**	*	**	**	**	**	**			**

Diferente literal mayúscula, en cada hilera, indican diferencias significativas (P<0.05). Diferente literal minúscula, en cada columna, indican diferencias significativas (P<0.05).

TB= Trébol blanco, O= Ovillo, BP= Ballico perenne, EEM= Error estándar de la media, Sig.= Significancia, *= (P<0.05), **= (P<0.01), Prom.= Promedio.

Cuadro 5. Peso por tallo de ballico perenne en seis asociaciones de gramíneas con trébol blanco, y una pradera pura.

Estación del año	Asociaciones							EEM	Sig.	Prom.
	30:20:50 TB:O:BP	10:70:20 TB:O:BP	100 BP	40:60 TB:BP	30:50:20 TB:O:BP	20:40:40 TB:O:BP	10:20:70 TB:O:BP			
	Ballico perenne (mg tallo ⁻¹)									
Primavera	338 a	370 a	363 a	305 ab	293	293 ab	345 a	34.4	NS	329 A
Verano	438 A a	325 B a	368 AB a	365 AB a	350 A	333 B a	323 B a	34.4	*	357 A
Otoño	163 b	128 b	155 b	168 b	147	158 c	123 b	34.4	NS	149 B
Invierno	173 b	228 ab	228 ab	198 ab	153	183 bc	175 ab	34.4	NS	191 B
Promedio	278	263	278	259	236	241	241		NS	
EEM	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1			12.9
Sig.	**	**	**	**	NS	**	*			**

Diferente literal mayúscula, en la misma hilera, indican diferencias significativas entre asociaciones (P<0.01).

Diferente literal minúscula, en la misma columna, indican diferencias significativas entre estaciones del año para cada asociación (P<0.01)

TB= Trébol blanco, O= Ovillo, BP= Ballico perenne, EEM= Error estándar de la media, Sig.= Significancia, *(P<0.05), **=(P<0.01), Prom.= Promedio.

Cuadro 6. Producción neta de forraje promedio estacional y anual de ballico perenne en seis asociaciones de gramíneas con trébol blanco, y una pradera pura.

Estación del año	Asociaciones							EEM	Sig.	Prom.
	30:20:50 TB:O:BP	10:70:20 TB:O:BP	100 BP	40:60 TB:BP	30:50:20 TB:O:BP	20:40:40 TB:O:BP	10:20:70 TB:O:BP			
	Ballico perenne (g MS m ⁻² d ⁻¹)									
Primavera	85 A a	27 C a	61 AB a	92 A a	37 BC a	85 A a	76 A a	4.69	**	66 A
Verano	50 B b	18 C b	53 B a	91 A a	21 C ab	52 B b	39 BC b	4.69	**	46 B
Otoño	22 AB c	8 B c	19 AB b	46 A ab	5 B b	20 AB c	20 AB c	4.69	**	20 C
Invierno	12 AB c	7 B c	20 A b	24 A b	6 B b	11 AB c	13 AB c	4.69	**	13 C
Promedio	42 B	15 C	38 B	63 A	17 C	42 B	37 B		**	
EEM	2.17	2.17	2.17	2.17	2.17	2.17	2.17			1.77
Sig.	**	**	**	**	**	**	**			**

Diferente literal mayúscula, en la misma hilera, indican diferencias significativas entre asociaciones (P<0.01).

Diferente literal minúscula, en la misma columna, indican diferencias significativas entre estaciones del año para cada asociación (P<0.01)

TB= Trébol blanco, O= Ovillo, BP= Ballico perenne, EEM= Error estándar de la media, Sig.= Significancia, *(P<0.05), **=(P<0.01), Prom.= Promedio.

Cuadro 7. Tasa de elongación (E), senescencia (S) y crecimiento neto foliar (CN) de pasto ovillo por época del año, en seis asociaciones de gramíneas con trébol blanco, y una pradera pura.

Época	Asociaciones							EEM	Sig.	
	30:20:50% TB:O:BP	10:70:20% TB:O:BP	100% O	30:50:20% TB:O:BP	20:40:40% TB:O:BP	40:60% TB:O	10:20:70% TB:O:BP			
mm tallo ⁻¹ día ⁻¹										
Primavera	E	20.2	18.2	19.8	15.9	21.9	23.0	15.1	2.9	NS
	S	2.2	1.9	2.1	1.9	2.1	1.4	1.9	0.6	NS
	CN	18.0 AB	16.2 AB	17.7 AB	14.0 B	19.8 AB	21.5 A	13.3 B	2.4	*
Verano	E	33.9	34.9	26.6	29.3	31.1	27.5	28.2	5.9	NS
	S	5.2	4.2	4.1	4.1	5.2	5.8	3.4	1.2	NS
	CN	28.6	30.7	22.6	25.3	25.9	21.7	24.9	5.6	NS
Otoño	E	38.7	34.5	29.5	27.0	40.5	38.6	35.0	6.9	NS
	S	4.6	5.2	4.8	4.8	5.3	5.2	5.7	0.9	NS
	CN	34.1	29.3	24.8	22.2	35.1	33.3	29.3	6.4	NS
Invierno	E	31.2 AB	26.2 BC	26.6 ABC	33.4 AB	19.9 C	34.1 A	21.1 C	1.9	**
	S	6.9 A	4.4 ABC	4.0 BC	4.5 ABC	4.6 ABC	6.5 AB	3.4 C	0.9	*
	CN	24.3 AB	21.8 BC	22.6 BC	28.9 A	15.4 D	27.8 AB	17.7 CD	1.5	**

Diferente literal mayúscula, en cada hilera, indican diferencias significativas (P < 0.05).

E= Elongación, CN= Crecimiento neto, S= Senescencia, TB= Trébol blanco, O= Ovillo, BP= Ballico perenne, EEM= Error estándar de la media, Sig.= Significancia

Cuadro 8. Elongación, senescencia y crecimiento neto foliar de pasto ovillo por época del año, en seis asociaciones de gramíneas con trébol blanco, y una pradera pura.

Época	Asociaciones							EEM	Sig.	Prom.
	30:20:50% TB:O:BP	10:70:20% TB:O:BP	100% O	30:50:20% TB:O:BP	20:40:40% TB:O:BP	40:60% TB:O	10:20:70% TB:O:BP			
Elongación (mg tallo ⁻¹ d ⁻¹)										
Primavera	30	27 b	29	23	32	34	22 b	4.95	NS	28 C
Verano	49	51 a	39	43	45	40	41 a	4.95	NS	44 A
Otoño	40	36 ab	31	28	42	40	36 ab	4.95	NS	36 B
Invierno	39 AB	33 ABC ab	33 ABC	42 A	25 C	42 A	26 BC ab	4.95	**	34 BC
Promedio	39	36	33	34	36	39	31		NS	
EEM	4.39	4.39	4.39	4.39	4.39	4.39	4.39			1.87
Sig.	NS	*	NS	NS	NS	NS	*			**
Senescencia (mg tallo ⁻¹ d ⁻¹)										
Primavera	2 b	2 b	2 b	2	2 b	1 b	2 b	1.02	NS	2 C
Verano	5 ab	4 ab	4 ab	4	5 ab	5 ab	3 ab	1.02	NS	4 B
Otoño	7 ab	7 a	7 a	7	8 a	8 a	8 a	1.02	NS	7 A
Invierno	9 a	6 ab	6 ab	6	6 ab	9 a	5 ab	1.02	NS	7 A
Promedio	6	5	4	5	5	6	4		NS	
EEM	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68			0.39
Sig.	**	*	*	NS	**	**	**			**
Crecimiento Neto (mg tallo ⁻¹ d ⁻¹)										
Primavera	28	25 b	27	22	30	32	20	4.74	NS	26 B
Verano	45	47 a	35	39	41	35	38	4.74	NS	40 A
Otoño	34	28 ab	24	21	34	33	28	4.74	NS	29 B
Invierno	29 AB	27 ABC b	28 ABC	35 A	19 C	33 A	22 BC	4.74	**	27 B
Promedio	34	32	28	29	31	33	27		NS	
EEM	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02	4.02			1.79
Sig.	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS			**

Diferente literal mayúscula, en cada hilera, indican diferencias significativas (P<0.05). Diferente literal minúscula, en cada columna, indican diferencias significativas (P<0.05).

TB= Trébol blanco, O= Ovillo, BP= Ballico perenne, EEM= Error estándar de la media, Sig.= Significancia, *= (P<0.05), **= (P<0.01), Prom.= Promedio.

Cuadro 9. Peso por tallo de pasto ovillo en seis asociaciones de gramíneas con trébol blanco, y una pradera pura.

Estación del año	Asociaciones							EEM	Sig.	Prom.
	30:20:50 TB:O:BP	10:70:20 TB:O:BP	100 O	30:50:20 TB:O:BP	20:40:40 TB:O:BP	40:60 TB:O	10:20:70 TB:O:BP			
	Ovillo (mg tallo ⁻¹)									
Primavera	108 ab	103 ab	113 ab	130 ab	90 b	128 b	80 ab	20.2	NS	107 B
Verano	180 AB a	170 AB a	193 AB a	173 AB a	238 AB a	248 A a	113 B a	20.2	**	188 A
Otoño	58 b	48 b	60 ab	48 b	41 b	50 b	42 b	20.2	NS	49 C
Invierno	54 b	48 b	44 b	40 b	44 b	45 b	38 b	20.2	NS	44 C
Promedio	100 AB	92 AB	102 AB	98 AB	103 AB	118 A	68 B		**	
EEM	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1			7.62
Sig.	**	**	*	*	**	**	**			**

Diferente literal mayúscula, en la misma hilera, indican diferencias significativas entre asociaciones (P<0.01).

Diferente literal minúscula, en la misma columna, indican diferencias significativas entre estaciones del año para cada asociación (P<0.01)

TB= Trébol blanco, O= Ovillo, BP= Ballico perenne, EEM= Error estándar de la media, Sig.= Significancia, *(P<0.05), **=(P<0.01), Prom.= Promedio.

Cuadro 10. Producción neta de forraje promedio estacional y anual de pasto ovillo en seis asociaciones de gramíneas con trébol blanco, y una pradera pura.

Estación del año	Asociaciones							EEM	Sig.	Prom.
	30:20:50 TB:O:BP	10:70:20 TB:O:BP	100 O	30:50:20 TB:O:BP	20:40:40 TB:O:BP	40:60 TB:O	10:20:70 TB:O:BP			
	Ovillo (g MS m ⁻² d ⁻¹)									
Primavera	26 BC	45 BC b	47 B b	26 BC b	43 BC	104 A	11 C b	10.6	**	43 B
Verano	46 BC	128 AB a	84 ABC a	86 ABC ab	61 BC	160 A	26 C ab	10.6	**	84 A
Otoño	42 B	91 AB ab	58 B ab	61 B ab	65 B	143 A	44 B a	10.6	**	72 A
Invierno	54 CD	93 B ab	79 BC a	105 B a	36 D	153 A	37 D a	10.6	**	79 A
Promedio	42 CD	89 B	67 BC	69 BC	51 CD	140 A	29 D		**	
EEM	8.49	8.49	8.49	8.49	8.49	8.49	8.49			4.01
Sig.	NS	**	*	**	NS	NS	**			**

Diferente literal mayúscula, en la misma hilera, indican diferencias significativas entre asociaciones (P<0.01).

Diferente literal minúscula, en la misma columna, indican diferencias significativas entre estaciones del año para cada asociación (P<0.01)

TB= Trébol blanco, O= Ovillo, BP= Ballico perenne, EEM= Error estándar de la media, Sig.= Significancia, *(P<0.05), **=(P<0.01), Prom.= Promedio.

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES GENERALES Y SUGERENCIAS

La asociación 10:20:70 % de trébol blanco-ovillo-ballico perenne presentó el mayor rendimiento anual y tasa de crecimiento promedio. El ballico perenne fue la especie dominante y contribuyó con un 47 % al rendimiento anual, seguido del pasto ovillo con un 21 % y, en menor proporción el trébol blanco con un 13 %. El crecimiento y rendimiento de las especies forrajeras, varía a través del año, como consecuencia de factores ambientales y de manejo, siendo la temperatura la que tiene mayor influencia en su crecimiento y rendimiento.

Las plantas de ballico perenne presentaron menor dinámica de recambio de tallos durante otoño-invierno, con bajas tasas de aparición y muerte de tallos de la población, mientras que en estas mismas estaciones del año en el pasto ovillo hubo mayor dinámica de recambio, con altas tasas de aparición y muerte de tallos.

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

Se recomienda continuar con investigación más detallada para obtener una proporción óptima que maximice el rendimiento de forraje de los pastos ballico perenne y ovillo, por lo tanto los valores obtenidos en este estudio, permiten una visión del comportamiento de las especies evaluadas.