



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

**POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
GANADERÍA**

**PATRON DE REBROTE Y COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO
DE LA ASOCIACION DE PASTO OVILLO (*Dactylis glomerata* L.),
BALLICO PERENNE (*Lolium perenne* L.) Y TREBOL BLANCO
(*Trifolium repens* L.)**

RIGOBERTO CASTRO RIVERA

T E S I S

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

DOCTOR EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2009

La presente tesis titulada: **Patrón de rebrote y comportamiento productivo de la asociación del Pasto Ovillo (*Dactylis glomerata* L.), Ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y Trébol blanco (*Trifolium repens* L.)**, realizada por el alumno: **Rigoberto Castro Rivera**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

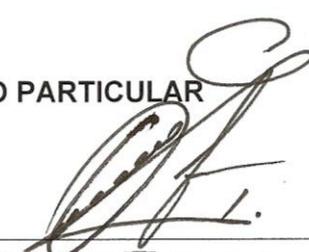
DOCTOR EN CIENCIAS

RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

GANADERIA

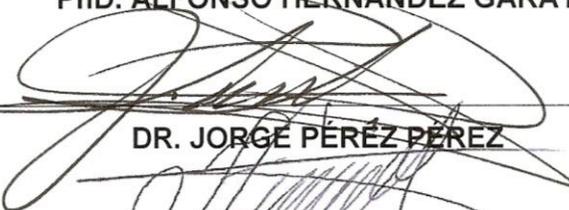
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



PhD. ALFONSO HERNÁNDEZ GARAY

ASESOR



DR. JORGE PÉREZ PÉREZ

ASESOR



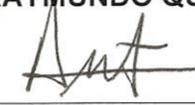
DR. JOSÉ DE LA PAZ HERNÁNDEZ GIRÓN

ASESOR



PhD. ADRIÁN RAYMUNDO QUERO CARRILLO

ASESOR



PhD. PEDRO ARTURO MARTÍNEZ HERNÁNDEZ

Montecillo, Texcoco, México, Diciembre de 2009.

PATRON DE REBROTE Y COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE LA ASOCIACION DE PASTO OVILLO, BALLICO PERENNE Y TREBOL BLANCO

Rigoberto Castro Rivera, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2009

El objetivo 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. Se evaluaron cinco tratamientos: 40:30:30% Trébol blanco-Ovillo-Ballico perenne (40:30:30% de TB-O-BP); 40:60% Trébol blanco-Ballico perenne; (40:60% de TB-BP); 40:60% Trébol blanco-Ovillo (40:60% de TB-O); 40:40:20% Trébol blanco-Ovillo-Ballico perenne (40:40:20% de TB-O-BP) y 40:20:40% Trébol blanco-Ovillo-Ballico perenne (40:20:40 de TB-O-BP). Se utilizaron 20 unidades experimentales de 104 m², mediante un diseño en bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Los resultados muestran que la asociación 40:20:40% de TB-O-BP registró el mayor rendimiento de forraje (17,270 kg MS ha⁻¹), de Trébol blanco (10,000 kg MS ha⁻¹), mayor tasa de elongación y crecimiento neto foliar de Ovillo (2.81, 2.41 cm⁻¹ tallo⁻¹ d⁻¹), del peciolo de Trébol blanco (1.26 y 1.22 cm tallo⁻¹ d⁻¹), mayor tasa de aparición de tallos (5.05 tallos * 100 tallos d⁻¹) de Ballico perenne. La asociación 40:30:30% de TB-O-BP presentó la mayor tasa de expansión y crecimiento neto foliar de Trébol blanco (0.98 y 0.88 cm² hoja⁻¹ d⁻¹), peso por tallo de Ovillo (0.25 g tallo⁻¹), Ballico perenne (0.26 g tallo⁻¹), así como la tasa de muerte de tallos de Ballico perenne (1.69 tallos * 100 tallos d⁻¹). La asociación 40:60% de TB-O, registró el menor rendimiento de forraje (12,140 kg MS ha⁻¹), TC (32 kg MS ha⁻¹ d⁻¹), rendimiento de Trébol blanco (5,130 kg MS ha⁻¹), pero el mayor rendimiento (4,420 kg MS ha⁻¹) de Ovillo. El Trébol blanco aportó el 49%, seguido del Ballico perenne con un 29% y, en menor proporción, el pasto Ovillo con 18%, en rendimiento de forraje.

Palabras clave: Praderas asociadas, Trébol blanco, Ballico perenne, Ovillo, Producción de forraje, Dinámica de la pradera, Tasa de crecimiento.

REGROWTH DINAMICS AND PRODUCTIVE PERFORMANCE OF COCKSFOOT, PERENNIAL RYEGRASS AND WHITE CLOVER MIXTURE SWARDS

Rigoberto Castro Rivera, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2009

The aim of this study was to determine the best sward mixture of two grasses and one legume on herbage yield, growth rate (GR), botanical composition, tissue turnover, and sward dynamics. Five treatments were evaluated: 40:30:30% white clover- cocksfoot - perennial ryegrass; 40:60% white clover- cocksfoot; 40:60% white clover- perennial ryegrass; 40:40:20% white clover- cocksfoot - perennial ryegrass, and 40:20:40% white clover- cocksfoot - perennial ryegrass, and these were allocated in 20 paddocks of 104 m², using a randomized block design, with four replicates. The results showed that the combination 40:20:40% of WC-C-PR had the highest total herbage yield (17,270 kg DM ha⁻¹), the highest white clover herbage yield (10,000 kg DM ha⁻¹); highest cocksfoot leaf elongation and net rate growth (2.81, 2.41 cm tiller⁻¹ d⁻¹), as well as the highest white clover petiole elongation (1.26 and 1.22 cm⁻¹ tiller⁻¹ d⁻¹); highest perennial ryegrass tiller appearance rate (5.05 tiller * 100 tillers d⁻¹). The association 40:30:30% of WC-C-PR had the highest white clover leaf rate expansion and net growth rate (0.98 and 0.88 cm² leaf⁻¹ d⁻¹), cocksfoot tiller weight (0.25 g tiller⁻¹), perennial ryegrass (0.26 g tiller⁻¹), and perennial ryegrass tiller death rate (0.87 tiller * 100 tillers d⁻¹). The association 40:60% of WC-C showed the lowest annual herbage yield (12,140 kg DM ha⁻¹), GR (32 kg DM ha⁻¹ d⁻¹), white clover herbage yield (5130 kg DM ha⁻¹); but the highest cocksfoot herbage yield (4,420 kg DM ha⁻¹). White clover contributes 49%, followed by perennial ryegrass with 29%, and to a lesser extent, cocksfoot grass with 18% for total herbage yield.

Key words: Mixture swards, White clover, Perennial ryegrass, Cocksfoot, Herbage yield, Sward dynamics, Growth rate

CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO 2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Características de las especies evaluadas	3
2.1.1 Ballico perenne (<i>Lolium perenne</i> L.).....	3
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 forraje.....	14
2.3.1. Efecto de la severidad y frecuencia de defoliación	16
2.4. Importancia del rebrote en el rendimiento de forraje	19
2.4.1. Factores de la planta que están relacionados con el rebrote	20
2.4.1.1. Meristemas de crecimiento	20
2.4.1.2. Reservas de carbohidratos	22
2.4.1.3. Índice de área foliar.....	24
2.4.1.4. Fotosíntesis.....	26
2.4.1.5. Hábito de crecimiento.....	27
2.5. Variables que intervienen en el rendimiento de forraje	28
2.5.1. Morfogénesis en especies forrajeras.....	28

2.5.2. Crecimiento foliar	29
2.5.3. Relación entre la dinámica de tallos y el rendimiento de forraje	31
2.5.3.1. Tasa de aparición y muerte de tallos.....	34
2.5.3.2. Densidad y peso de los tallos.....	34
2.6. Asociaciones de gramíneas y leguminosas forrajeras	35
2.7. Composición botánica.....	36
2.8. Métodos para estimar el rendimiento de forraje.....	37
2.9. Conclusiones de la revisión de literatura	39
CAPITULO 3. MATERIALES Y MÉTODOS	40
3.1. Localización del área de estudio.....	40
3.2. Establecimiento de praderas	40
3.3. Variables determinadas en la pradera	41
3.3.1. Rendimiento de forraje	41
3.3.2. Métodos indirectos de estimación de forraje	42
3.3.3. Dinámica poblacional de tallos.....	42
3.4.4. Crecimiento foliar	43
3.4. Variables calculadas	44
3.4.1. Tasa de crecimiento del cultivo (TC).....	44
3.4.2. Composición botánica y morfológica.....	44
3.4.3. Elongación, crecimiento neto y senescencia foliar de gramíneas	44
3.4.4. Tasa de aparición y muerte de tallos.....	45
3.4.5. Peso por tallo	46
3.4.6. Análisis estadístico.....	46
3.4.7. Datos climáticos	47

CAPITULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
4.1. Rendimiento de forraje.....	48
4.1.1. Comparación de tres métodos para de estimar el rendimiento de forraje....	53
4.2. Tasa de crecimiento.....	57
4.3. Composición botánica y morfológica	61
4.4. Crecimiento foliar	65
4.4.1. Crecimiento foliar del pasto Ovillo	65
4.4.2. Crecimiento foliar de Ballico perenne.....	67
4.4.3. Crecimiento foliar del Trébol blanco	69
4.4.4. Crecimiento del peciolo del Trébol blanco.....	70
4.5. Peso por tallo.....	77
4.6. Densidad poblacional de tallos	80
4.7. Tasa de aparición y muerte de los tallos.....	86
5. CONCLUSIONES.....	91
6. LITERATURA CITADA.....	93

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	TÍTULO	Pág.
1	Rendimiento de forraje (kg MS ha ⁻¹) estacional y anual, de cinco asociaciones de gramíneas y leguminosas.....	49
2	Rendimiento de forraje estacional y anual por especie deseable de las cinco asociaciones de gramíneas y leguminosas.....	52
3	Promedios estacionales obtenidos midiendo la altura del dosel vegetal con el método de la regla y con el plato, por estación del año de cinco asociaciones de gramíneas y leguminosas.....	54
4	Ecuaciones de regresión obtenidas por estación y anual de las cinco asociaciones de gramíneas y leguminosas.....	54
5	Rendimiento de forraje al sustituir los valores obtenidos en el método del plato y regla, en las ecuaciones de regresión anual.....	55
6	Tasa de crecimiento (kg MS ha ⁻¹ d ⁻¹) promedio, estacional y anual de las cinco asociaciones de gramíneas y leguminosas.	59
7	Tasa de crecimiento promedio estacional y anual por especie de cinco asociaciones de gramíneas y leguminosas.....	60
8	Datos de clima durante el periodo experimental, Estación meteorológica del Colegio de Postgraduados, Montecillo Estado de México.....	64
9	Elongación, senescencia y crecimiento neto del Ovillo por época del año, en cuatro asociaciones de gramíneas y leguminosas.....	66
10	Elongación, senescencia y crecimiento neto del Ballico perenne por época del año, en cuatro asociaciones de gramíneas y leguminosas..	68
11	Expansión, senescencia y crecimiento neto de la hoja (cm ² hoja ⁻¹ d ⁻¹) de Trébol Blanco por época del año, en cinco asociaciones de gramíneas y leguminosas.....	70
12	Elongación, senescencia y crecimiento neto del peciolo de Trébol Blanco por época del año, en cinco asociaciones de gramíneas y leguminosas.....	72

13	Peso por tallo de Ballico perenne y pasto Ovillo en cinco asociaciones de gramíneas y leguminosas.....	79
14	Tasa de aparición y muerte de tallos de Ballico perenne en cuatro asociaciones de gramíneas – leguminosas	88
15	Tasa de aparición y muerte de tallos de pasto Ovillo en cuatro asociaciones de gramíneas – leguminosas.....	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	TÍTULO	Pág.
1	Relación medio ambiente- pastos o forrajes.....	32
2	Datos mensuales de precipitación pluvial, temperaturas máximas, medias y mínimas, durante el periodo experimental, obtenidos en la estación meteorológica del Colegio de Postgraduados.....	47
3	Tasa de crecimiento por tratamiento de cinco asociaciones de gramíneas y leguminosa en las diferentes estaciones del año.....	58
4	Porcentaje promedio de las especies deseables de cinco asociaciones de gramíneas y leguminosas.....	62
5	Composición morfológica, de cinco asociaciones de gramíneas y leguminosa.....	63
6	Dinámica de crecimiento foliar de 5 asociaciones de gramíneas y leguminosa, bajo condiciones de pastoreo en primavera.....	73
7	Dinámica de crecimiento foliar de 5 asociaciones de gramíneas y leguminosa, bajo condiciones de pastoreo en verano.....	74
8	Dinámica de crecimiento foliar de 5 asociaciones de gramíneas y leguminosa, bajo condiciones de pastoreo en otoño.....	75
9	Dinámica de crecimiento foliar de 5 asociaciones de gramíneas y leguminosa, bajo condiciones de pastoreo en invierno.....	76
10	Cambios mensuales en la densidad de Ballico perenne en el tratamiento 40:30:30% de TB-O-BP.....	82
11	Cambios mensuales en la densidad de tallos de Ovillo en la asociación 40:30:30% de TB-O-BP	82
12	Cambios mensuales en la densidad de Ballico perenne en el tratamiento 40:60% de TB-BP.....	83
13	Cambios mensuales en la densidad de Ovillo en el tratamiento 40:60% de TB-O.....	83
14	Cambios mensuales en la densidad de Ballico perenne en el tratamiento 40:20:40% de TB-O-BP.....	84
15	Cambios mensuales en la densidad de Ovillo perenne en el tratamiento 40:20:40% de TB-O-BP.....	84

16	Cambios mensuales en la densidad de Ballico perenne en el tratamiento 40:40:20% de TB-O-BP.....	85
17	Cambios mensuales en la densidad de Ovillo en el tratamiento 40:40:20% de TB-O-BP.....	85

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

En México, la ganadería es una de las principales actividades económicas, debido a que más del 50% de la superficie territorial se dedica a esta actividad. El pastoreo es una actividad que se realiza en todos los estados de la república Mexicana, 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 rumiantes en las unidades ganaderas, y representan un bajo costo en la producción animal (Pérez *et al.*, 2002). En la zona central del país existen procesos de producción que tienen como componente importante el establecimiento de praderas puras o asociadas para la producción animal. Al respecto, SAGARPA (2006) menciona que en México las zonas templadas ocupan el 23.4% de la superficie del país (46,036,752 ha), mientras que el INEGI (2007), señala que existen en el país 302595 unidades de producción, con una superficie establecida con pastos cultivados de 4989300 ha, y una producción de 46 023 315 toneladas de materia seca.

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

crecimiento, desarrollo y rendimiento de las plantas. Al respecto, se ha señalado que la tasa de crecimiento de cualquier especie forrajera, es más sensible a la temperatura ambiental, en comparación con la tasa de fotosíntesis y respiración, debido a que la temperatura interviene directamente en la aparición y expansión de la lamina foliar, aparición y muerte de tallos y estolones, así como, en el crecimiento radical, por lo que las especies forrajeras logran la mayor producción de biomasa, cuando se encuentran en sus rangos óptimos de temperatura (McKenzie *et al.*, 1999, Matthew *et al.*, 2001; Lemaire, 2001; Daly, *et al.*, 1996).

El uso de leguminosas solas o asociadas con gramíneas permite mejorar el rendimiento y calidad nutricional del forraje que a su vez, mejoran las ganancias de peso, producción de leche, y la fertilidad del suelo por el aporte de nitrógeno atmosférico, así como una mejor intercepción de luz y distribución estacional de la producción de biomasa, al respecto Sanderson *et al.* (2005), señalan que el rendimiento es menor ($P < 0.05$) en praderas puras o con dos especies que aquellas con más de tres (4800 vs 7600 kg MS ha⁻¹). En la zona templada del país, el Trébol blanco, Ballico perenne y Ovillo, son especies que se emplean bajo condiciones de pastoreo debido a su fácil capacidad de establecimiento, cobertura del suelo, rápido crecimiento y elevada producción de tallos y estolones. Sin embargo, existen pocos estudios relacionados con la proporción de cada especie que permita obtener una mayor producción de forraje, mejor distribución estacional, sin deterioro de la pradera. Por lo que el objetivo del estudio fue determinar la mejor asociación de dos gramíneas y una leguminosa, sembradas a diferentes proporciones, para diferentes atributos: rendimiento de materia seca, tasa de crecimiento, altura de planta, composición

botánica, composición morfológica, crecimiento foliar, densidad, tasa de aparición y muerte de tallos, peso de tallos.

CAPITULO 2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Características de las especies evaluadas

2.1.1 Ballico perenne (*Lolium perenne* L.)

El Ballico Perenne es un pasto amacollado perenne, originario de Europa y norte de África, se adapta bien a regiones de climas fríos, con inviernos no muy severos. Desarrolla un sistema radical superficial, ramificado y adventicio en los nudos basales del fitomero; tiene una persistencia aceptable, debido a su capacidad de formar un gran número de tallos nuevos y macollos densos (Muslera y Ratera, 1991).

Las características morfológicas de esta especie son: poseer una inflorescencia en racimos compuestos de 1 a 3 (raramente 6) espigas persistentes, compuestas de 40 a 100 espiguillas, el eje de cada espiga termina en una espiguilla y no presenta tricomas (a veces presenta pelillos diminutos); en la madurez, las espiguillas se desprenden por arriba de las glumas; la arista central de las lemas está flanqueada por 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. Inflorescencia en espiga con el raquis rígido. 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 adapta a regiones templadas con temperatura media anual de 10 a 18 °C, y donde la temperatura del mes más caluroso no supera los 30 °C (Nuñez *et al.*, 1995). Devesh (2005), menciona que el Ballico perenne es altamente utilizado para el pastoreo. Sin embargo, el uso es limitado debido a que su persistencia es menor en comparación con otras especies de pastos, y requiere un manejo intensivo para su máxima productividad.

La temperatura ambiental, afecta y estimula el crecimiento de Ballico perenne, con un rango de temperatura óptima para su crecimiento de 18 a 25 °C, adaptándose bien a climas fríos y húmedos. Tolerancia 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).

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

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

El Pasto Ovillo 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, glumas más cortas que el conjunto de las 2-5 flores que hay por espiguilla, 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 de Ovillo es su fácil germinación pero lento establecimiento en praderas, donde el rango de la dosis de siembra es de 15-20 kg/ha. Como consecuencia de su escasa agresividad inicial, el Ovillo permite el crecimiento de otras especies durante el primer año; aunque, con el paso del tiempo, tiende a dominar la composición botánica, debido a que presenta una buena persistencia en campo (Duthil, 1989).

Aizpiru *et al.* (1999) reportan que el ovillo supera a la de Ballico perenne en zonas con sequías prolongadas. Su valor nutritivo es bueno, aunque su digestibilidad disminuye rápidamente en la etapa de floración. En general, Ovillo es menos digestible y apetecible que Ballico y tiende a espigar antes que él. Tiene buena respuesta a la

defoliación, es tolerante al pisoteo del ganado y se aconseja aprovecharlo con cierta intensidad y frecuencia, para evitar la subutilización del forraje (Aizpuru *et al.*, 1999).

Devesh (2005), menciona que el Pasto Ovillo es probablemente el forraje perenne más cultivado, es considerado apetente como forraje y muy persistente al pastoreo. Se adapta muy bien a suelos superficiales y ligeros, tiene buena tolerancia a la sequía, pero no crece bien bajo condiciones de inundación. El inconveniente más grande del Pasto Ovillo es su establecimiento lento, sin embargo una vez establecido, es una especie muy persistente.

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

El Trébol blanco es una especie nativa de Europa, norte de África y Asia occidental y de distribución cosmopolita. Es muy importante como forraje y es una planta altamente cultivada en sistemas agrícolas de zonas templadas, como en Nueva Zelanda (Ratray, 2005; L'Huiller, 1987). 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 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 óptimo de crecimiento se encuentra en climas templado-húmedos con escasa sequía estival. No tolera el sombreado, para ser productivo requiere humedad y buenos niveles de fósforo y potasio en el suelo. Se establece en praderas asociadas con Ballico perenne y es cultivado en 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 abonado nitrogenado, sombros prolongados, intervalos amplios entre cortes, etc.). La dosis de siembra varía de 1.5 a 3 kg/ha en praderas mixtas (en las mezclas se recomienda que la proporción de Trébol blanco establecido no supere el 40% (White y Hodgson, 1999).

En praderas asociadas con Ballico perenne, las producciones medias oscilan entre 12 y 14 t MS ha⁻¹. El alimento que proporciona es de gran calidad, rico en proteína y con una digestibilidad elevada y sostenida a lo largo de su ciclo de crecimiento (Brock *et al.*, 1989). La ingesta única de Trébol blanco puede provocar meteorismo. La mejor forma de aprovechamiento es mediante pastoreo. Resiste 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 dos principales funciones del Trébol en un sistema de pastoreo es de aportar nitrógeno al suelo vía fijación de nitrógeno y de proveer alimento de alta calidad al ganado (Brock y Tilbrook, 2000). La fijación de nitrógeno se realiza a través de la simbiosis con bacterias del género *Rhizobium*, y la transferencia a los pastos es a través del material muerto y la desecación de las raíces, donde el crecimiento del pasto es estimulado por el nitrógeno del suelo, ocasionando eventualmente una reducción en

la producción de la leguminosa, a través de la competencia por luz, agua y nutrientes (Buxton, 1994).

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

La temperatura tiene un marcado efecto en el crecimiento de Trébol Blanco, más aún cuando está asociado con gramíneas. Brock y Tilbrook (2000), reportan que la temperatura óptima para el crecimiento es mayor a los 24°C, la cual tiene importantes efectos en el crecimiento del Trébol, particularmente en el proceso que influye en el número y desarrollo de hojas y estolones (Clark *et al.*, 1995) Así mismo, la senescencia de la hoja y el estolón tiene impacto importante en la persistencia de la pradera.

2.2. Factores que afectan la producción de forraje.

2.2.1 Ambientales.

El objetivo 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 en las praderas y su adaptación a las condiciones ambientales. El clima tiene influencia directa en el crecimiento, desarrollo y rendimiento

de las plantas. Al respecto, se ha señalado que la tasa de crecimiento de cualquier especie forrajera, es más sensible a la temperatura ambiental, en comparación con la tasa de fotosíntesis y respiración, debido a que la temperatura interviene directamente en la aparición y expansión de la lamina foliar, aparición y muerte de tallos y estolones, así como, en el crecimiento radical, por lo que las especies forrajeras logran la mayor producción de biomasa, cuando se encuentran en sus rangos óptimos de temperatura (McKenzie *et al.*, 1999).

El rendimiento de las plantas forrajeras está sujeto a un patrón de crecimiento, influenciado por la temperatura, humedad y nutrientes que determinan la cantidad de biomasa por ciclo de producción, rendimiento estacional y anual (Matthew *et al.*, 2001; Lemaire, 2001). Entre los factores que determinan la velocidad y magnitud de crecimiento de una especie forrajera están: clima (radiación, total de horas luz, temperatura, humedad y precipitación), suelo (características físicas, químicas y topográficas), variabilidad intraespecífica (potencial genético de las diferentes familias, especies y variedades), manejo (fertilización y tipo y frecuencia de defoliación). Factores que no actúan por separado, debido a que el crecimiento de la planta responde a una interacción entre ellos (Perreta *et al.*, 1997; Moliterno, 2002).

Los procesos bioquímicos y fisiológicos básicos relacionados con la síntesis, transporte y degradación de sustancias en las plantas, están influenciados por la temperatura, por el grado de relación que éstas poseen con la cinética de las reacciones bioquímicas y el mantenimiento de la integridad de las membranas (Simpson y Vulnevor, 1987). No todas las especies de pastos tienen el mismo valor óptimo de temperatura para el

cumplimiento de estas funciones. Así, Baruch y Fisher (1991) reportan que en gramíneas tropicales, el óptimo fotosintético se encuentra entre los 35 y 39 °C, y en las leguminosas entre los 30 y 35 °C, con una alta sensibilidad a las bajas temperaturas, cuyos efectos negativos en el crecimiento ocurren entre los 0 y 15 °C y, en algunas especies, a los 20 °C, si la humedad no es un factor limitante lo cual está dado por la baja conversión de azúcares en los tejidos de las plantas, producto de una disminución en los procesos de biosíntesis y por un déficit energético acarreado por una reducción en la tasa respiratoria.

Jiménez y Martínez (1984) señalan que el aumento de la temperatura afecta la respiración y se duplica o triplica la producción de anhídrido carbónico por cada 10 °C de aumento en la temperatura, mientras no sea superior a los 45 °C, por lo que aumenta así, la formación de materia orgánica de la planta. Las temperaturas por encima del óptimo también reducen sustancialmente el crecimiento, debido a una disminución de la actividad fotosintética por inactivación enzimática y a un incremento de la demanda respiratoria (respiración y fotorespiración); por otra parte, bajo estas condiciones, aumenta la tasa de transpiración y se crea un balance hídrico negativo que reduce la expansión celular y, por consiguiente, el crecimiento (Duran *et al.*, 1999).

Al respecto, se ha señalado que la tasa de crecimiento es más sensible a la temperatura que las tasas de fotosíntesis y de respiración, porque influye sobre la aparición y expansión de hojas, aparición de tallos y estolones y el crecimiento de las raíces (McKenzie *et al.*, 1999; Buxton, 1994). Browman (1955) reporta que en praderas asociadas de Ballico perenne, Trébol Rojo (*T. pratensis*) y Trébol blanco la

acumulación de forraje total fue afectada por las fluctuaciones en temperatura y precipitación, registradas durante el periodo de estudio, y que el máximo rendimiento de forraje podría obtenerse a partir de la tercera semana de crecimiento en primavera (Browman, 1955).

Estudios más específicos han mostrado que la exposición a elevadas concentraciones de CO₂ y temperatura, incrementan la tasa de fotosíntesis y la producción de forraje de las especies (Clark *et al.*, 1995). Estos autores evaluaron el recambio de tejido, morfología de la hoja y la dinámica de población de tallos en Ballico perenne y Trébol blanco, bajo dos concentraciones de CO₂ (350 y 700 $\mu\text{mol mol}^{-1}$) y a tres temperaturas día/noche (10/4, 16/10 y 22/16 °C), bajo condiciones controladas, y observaron que la elongación y la senescencia de Ballico perenne no fueron afectadas por la concentración del CO₂ y tampoco la tasa de aparición de hojas de Trébol blanco. El peso por unidad de longitud de la lámina del Ballico no fue afectado al aumentar la concentración de CO₂, pero el peso por área de la lámina foliar y del peciolo por unidad de longitud del Trébol blanco mostró una respuesta positiva, especialmente con altas temperaturas; los valores de crecimiento para el Trébol Blanco fueron incrementando de 4, 23 y 13%.

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

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

La disponibilidad de agua, puede ser una limitante, para producir e incrementar en rendimiento de forraje (Jensen *et al.*, 2003); así mismo, mencionan que el nivel de humedad afectan la proteína cruda (PC), la digestibilidad de la fibra detergente neutro (DFDN), digestibilidad total verdadera *in vitro* (DTIV), y la fibra detergente neutro (FDN), las cuales son importantes en el manejo de la producción de forrajes. Jensen *et al.* (2003), evaluaron cultivares de pasto Ovillo y Ballico Perenne, que se establecieron bajo un sistema de riego, con cinco niveles de agua y tres fechas de cosecha sobre la concentración de PC, DFDN, DTIV, y bajas concentraciones de FDN, reportando que, en pasto Ovillo maduro, se tienen pocos efectos en las características nutricionales del forraje por la cantidad de humedad recibida, mientras que las variedades tetraploides de Ballico promedian altas concentraciones de PC, DTIV y bajos valores de FDN comparados con las variedades diploides ($P < 0.05$). En general, si el estrés hídrico aumenta, el valor nutricional del forraje (PC y DFDN) también en un 9%.

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

Karsten y MacAdam (2001), mencionan que el Ballico perenne y el Trébol blanco en la época de estiaje, reducen su producción y crecimiento; cuando hay deficiencia de humedad las plantas tienen que usar sus reservas de carbohidratos para el rebrote. Por lo que el Ballico Perenne domina al Trébol Blanco en praderas mixtas, sin embargo en pastoreo rotacional en regiones semiáridas (430 mm de precipitación anual), alta elevación (1200 msnm), y relieve accidentado, el Trébol Blanco domina al Ballico superando en 55% de la producción total de la mezcla, en cuatro años de medición.

2.3. Importancia de la defoliación en la producción de forraje.

La defoliación involucra la remoción parcial o total de tejido vegetal con la consecuente pérdida de tejido foliar y meristemático, siendo el efecto que mayor incidencia tiene sobre la morfología de plantas individuales y de la pradera en general (Gillet, 1984). El efecto de la defoliación depende de la cantidad y tipo de tejido removido, del estado

fenológico en que se encuentra la planta y de las condiciones meteorológicas prevalentes al momento de realizarse (Richards, 1993).

La defoliación es la influencia más importante del animal sobre la pradera y se debe a que no solamente resulta afectada el área foliar, el desarrollo y crecimiento de hoja y raíz, sino que también se altera el microambiente con respecto a la intensidad de luz, temperatura y humedad del suelo (Watkin y Clements, 1978). La defoliación modifica el microclima pues expone al suelo a la radiación directa, dependiendo de la intensidad, se eleva la temperatura del suelo y este cambio actúa sobre el crecimiento del pasto, modificando la respiración y el balance del carbono (Gillet, 1984). También provoca un reajuste en el metabolismo de las plantas que promueven el desarrollo de nueva área foliar para restablecer la capacidad fotosintética de las plantas en la pradera (Culnevor *et al.*, 1989). Esto, se refleja en la plasticidad de la planta, al aumentar o disminuir la densidad de tallos, área foliar y por lo tanto, el rendimiento de materia seca (Richards, 1993; Matthew *et al.*, 2001).

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 disminuyó 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 (2001), al estudiar el rendimiento de Ballico perenne y pasto Ovillo, observó que conforme disminuyó 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 (Volenc y Nelson, 1983).

2.3.1. Efecto de la severidad y frecuencia de defoliación

Hodgson (1979), consigna que para el manejo y maximización de la productividad de especies forrajeras, se requiere conocer el comportamiento de la especie ante la cosecha periódica por corte o pastoreo. La frecuencia y severidad de cosecha de 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 (2004), evaluó el efecto de la frecuencia de pastoreo (28 y 35 días durante primavera, verano y otoño) y en invierno de 35 a 42 días, con tres alturas de forraje residual, pastoreo severo (3-6 cm), intermedio (7-10 cm) y ligero (11-14 cm) en una asociación de alfalfa – 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 hasta 7 cm, y el pastoreo severo fue de 20 a 5 cm. Al final del experimento, el pastoreo ligero produjo 50% más forraje, Mientras que por corte fue de aproximadamente el 23% en 2.3 años de duración. La alta producción fue mantenida por el 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 y Vegetti, 1997; Beltrán *et al.*, 2002; Hernández *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 se alarga con 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. Sin embargo, la activación de las zonas meristemáticas está influenciada por el balance entre auxinas y citoquininas y, dependiendo del balance, se va a inducir la formación de hojas jóvenes, que son capaces de producir auxinas, necesarias para promover el desarrollo de nuevo tejido foliar y radicular (Bidwell, 1979).

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 son 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, estaquinososa, 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 de la planta, pues se pueden alterar la relación raíz-vástago y la magnitud de recursos entre estos órganos (Briske *et al.*, 1996). La reducción instantánea de la fotosíntesis produce una detención en la asimilación de carbono y una traslocación de reservas de carbohidratos previamente almacenadas (Richard, 1993). Estos efectos se propagan rápidamente por la planta reduciendo el crecimiento radicular, la respiración y la absorción de nutrientes en las 24 horas siguientes a la defoliación. Los niveles de carbohidratos solubles en agua decrecen rápidamente durante los tres días posteriores a la cosecha y luego comienzan a incrementarse gradualmente, hasta alcanzar los niveles iniciales (Kigel, 1980).

Las reservas de carbohidratos en 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 estas 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 macollos. El ambiente lumínico de una cubierta vegetal es normalmente heterogéneo. La parte superior del mismo, recibe la totalidad de la luz incidente, disminuyendo exponencialmente con la profundidad dentro de los estratos foliares. 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 desarrollen hojas largas y una baja 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 existe también una variación en el IAF, en relación con el intervalo de corte en pasto Ovillo y Ballico Perenne, ya que conforme el intervalo de defoliación se amplía de 2 a 6 semanas, éste se incrementa, en todas las estaciones del año, con excepción del invierno.

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 (Hogdson, 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 ha sido defoliada. 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 (McNaughton, 1983). El crecimiento de una planta depende de la energía en forma de azúcares simples, producidos en el proceso de la fotosíntesis, cuando la clorofila de la hoja verde es expuesta a la luz solar. A medida que el IAF aumenta, será mayor la cantidad de luz interceptada y la tasa de crecimiento (Hodgson, 1990; Horrocks y Vallentine, 1999).

En gramíneas, el crecimiento posterior a la defoliación depende del suministro adecuado de fotoasimilados que 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 (Castro *et al.*, 1987). 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 interceptación 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 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 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; Lemaire y Chapman, 1996; 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).

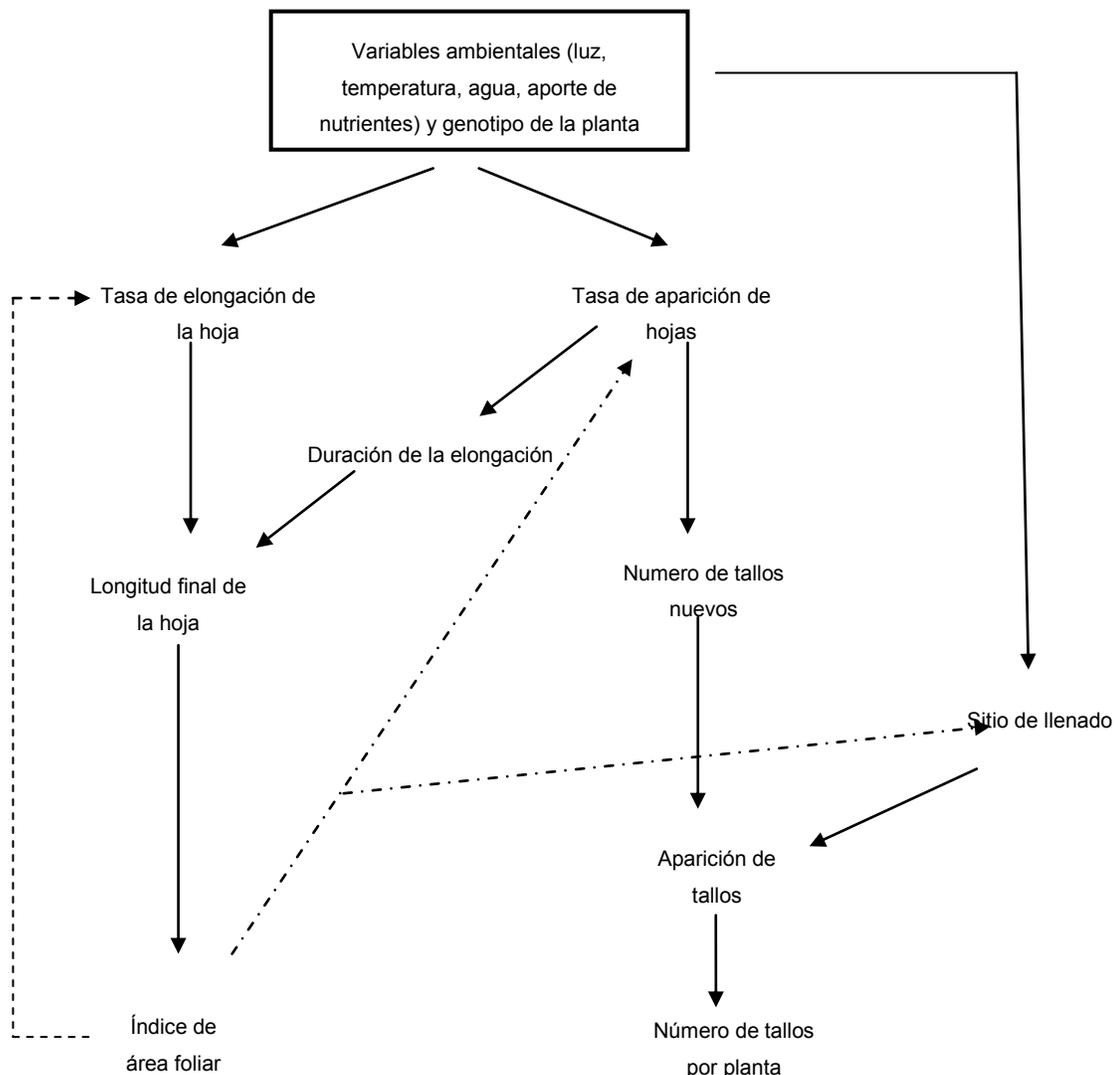


Figura 1. Relación medio ambiente – pastos o forrajes.

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, 1999).

Por otra parte, en una asociación de gramíneas y leguminosas las unidades de crecimiento primario son los tallos y/o estolones, por lo que la pradera puede ser considerada como una población de ambos, de modo que el aumento en la producción

de forraje puede atribuirse a incrementos en la densidad de tallos o estolones, al peso individual de cada uno de ellos o a una combinación de ambos. En estas circunstancias, la tasa de crecimiento de la pradera integra las tasas de crecimiento de sus tallos y/ 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/o estolones están continuamente emergiendo, creciendo y muriendo, a tasas que varían de acuerdo con las condiciones ambientales, estación del año y manejo (Hodgson, 1990; Hernández-Garay *et al.*, 1997).

El rendimiento de forraje depende del balance entre 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 de tallos, lo cual determina la velocidad con que una pradera forma nuevo tejido y lo pierde por senescente y descomposición (Valentine y Matthews, 1999). La aparición de tallos en las plantas es regulada por el IAF de la pradera y la primera causa de reducción, es la disminución progresiva de la tasa de aparición de

hojas, conforme la pradera se desarrolla, como resultado de la respuesta de las plantas a cambios en la calidad de luz interceptada; así, conforme el sombreado llega a ser más severo, el sitio de llenado también es afectado (Skinner y Nelson, 1992; Lemaire, 2001).

2.5.3.1. Tasa de aparición y muerte de tallos

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

2.5.3.2. Densidad y peso de los 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 crecimiento 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. 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 m² en cinco y cuatro ciclos de evaluación durante un periodo de dos años.

2.6. Asociaciones de gramíneas y leguminosas forrajeras

La asociación de dos o más especies de gramíneas y leguminosas forrajeras tiene como principal ventaja que la producción de forraje se mantiene más o menos constante durante el año, eliminando casi totalmente su estacionalidad. Algunos autores (Zaragoza *et al.*, 2009) señalan que las asociaciones permiten mejorar la calidad nutricional del forraje, 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 producción, rendimiento estacional y anual (Matthew *et al.*, 2001; Lemaire, 2001). Cuando se evalúan praderas mixtas con

más de dos especies Sanderson *et al.* (2005) reportan que en la época húmeda no presentan diferencias en la producción de materia seca, con un promedio de 9800 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 más baja en invierno (33 cm). También observaron que la contribución de las especies al rendimiento de forraje varió con la estación del año: en primavera y verano, las gramíneas aportaron 28 y 27% del rendimiento, mientras que, las

leguminosas sobresalieron con el 69% y que durante el otoño e invierno, las leguminosas solo aportaron el 61%.

2.8. Métodos para estimar el rendimiento de forraje

En el manejo de praderas, conocer la cantidad de forraje presente y el peso de los animales antes del pastoreo, permite determinar la asignación de forraje o carga animal optima, para obtener el máximo aprovechamiento del recurso forrajero. Los métodos indirectos y no destructivos para estimar en rendimiento de forraje ayudan a reducir el tiempo de muestreo que el muestreo por corte directo y por consiguiente tener una estimación rápida de la cantidad de biomasa presente en la pradera. Estas técnicas se basan en mediciones de altura, combinaciones entre peso y densidad de plantas, pero requieren de una calibración con métodos directos como el corte para obtener ecuaciones de regresión que permitan relacionar de una manera confiable la altura con la biomasa existente en la pradera (Castillo *et al.*, 2009). La precisión de los datos en estas técnicas depende de la habilidad y experiencia del que toma las muestras, esto con la finalidad de reducir el error experimental y obtener una correlación lo más estrecha posible entre la biomasa existente y la altura de la pradera (Campos *et al.*, 2004; Fernández, 2004).

Castillo *et al.* (2009), mencionan que la medición de la materia seca presente antes del pastoreo debe ser rápida y precisa, y es algo difícil de lograr con el corte directo debido a la cantidad de mano de obra, pero es mejor sí 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, Ganguli *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 los forrajes, 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 meristemos de crecimiento.

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

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

CAPITULO 3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización del área de estudio

El estudio se realizó en una pradera mixta de Trébol blanco (*Trifolium repens*), pasto Ovillo (*Dactylis glomerata*) y Ballico perenne (*Lolium perenne*), establecida en marzo del 2006, 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 temperatura promedio mensual más baja es de 11.6 °C y ocurre en enero y la más alta en mayo con 18.4 °C (García, 2004).

3.2. Establecimiento de praderas

El método de siembra de las gramíneas, fue en hileras separadas a 30 cm, mientras que la leguminosa fue en forma perpendicular a las gramíneas con una distancia entre hileras de 40 cm. La proporción de leguminosa-gramíneas fue de 40-60% de acuerdo con la metodología sugerida por (White y Hodgson (1999). Los tratamientos consistieron en las siguientes combinaciones: 40:30:30% Trébol blanco-Ovillo-Ballico perenne (40:30:30% TB-O-BP); 40:60% Trébol Blanco-Ovillo (40:60% TB-O); 40:60% Trébol Blanco-Ballico perenne (40:60% TB-BP); 40:20:40% Trébol Blanco-Ovillo-Ballico perenne (40:20:40% TB-O-BP) y 40:40:20% Trébol Blanco-Ovillo-Ballico perenne (40:40:20% TB-O-BP). Las asociaciones se distribuyeron aleatoriamente en 20 parcelas experimentales de 13 por 8 m, de acuerdo a un diseño en 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, las plantas fueron defoliadas por ovinos, para uniformizarlas a una altura aproximada de 5 cm sobre el nivel del suelo. Posteriormente, la frecuencia de defoliación fue 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 monocultivo. Para un mejor manejo de los ovinos, las praderas fueron delimitadas con un cerco eléctrico.

3.3. Variables determinadas en la pradera

3.3.1. Rendimiento de forraje

Para obtener el rendimiento de forraje en cada parcela, se establecieron dos cuadros fijos de 0.25 m², donde se cortó el forraje presente antes del pastoreo a 5 cm de altura, con tijeras. El material cosechado se lavó y secó en una estufa de aire forzado por 48 horas a 55 °C hasta que alcanzo un peso constante. Inmediatamente después, las praderas fueron defoliadas por ovinos a una altura de 5 cm, aproximadamente. La acumulación de forraje estacional y anual en cada tratamiento, se obtuvo al sumar el forraje cosechado en los cortes correspondientes a los meses de cada estación y en todos los meses del año, respectivamente.

3.3.2. Métodos indirectos de estimación de forraje

La altura de la planta se midió justo antes de la defoliación por los ovinos, con una regla graduada de 1 m de longitud y 1 mm de precisión; se tomaron 25 muestras al azar en cada unidad experimental, para lo cual se colocó la regla por arriba de la superficie cubierta por las especies presentes y se deslizó esta hasta tocar el primer componente morfológico de la asociación, registrándose la altura correspondiente. En la misma forma se tomaron 25 muestras al azar con el plato, colocándolo de manera vertical sobre el forraje, deslizándolo hasta que el plato sea contenido por la masa de forraje y se registró la altura correspondiente (Hodgson *et al.*, 1999).

Para calibrar ambas técnicas de muestreo, antes de cortar el forraje en los cuadros fijos, se tomó la lectura de regla y del plato, para posteriormente, obtener una ecuación de regresión, que correlacionara el muestreo obtenido de cada técnica con el rendimiento de forraje. Una vez derivada la ecuación de regresión, se sustituyeron los valores promedios de cada tratamientos por corte, para obtener los valores de rendimiento por corte, época y anual.

3.3.3. Dinámica poblacional de tallos

Para determinar los cambios estacionales en la densidad de tallos y en 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, lo

mismo 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.

3.4.4. 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 transecto de dos metros de largo y se seleccionaron de manera aleatoria cinco tallos de cada especie de gramínea y cinco estolones de Trébol blanco, los cuales fueron identificados con anillos de alambre de diferente color. Inmediatamente después se realizaron las siguientes mediciones en cada tallo o estolón: 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); para el Trébol blanco, se modificó la metodología de Williams *et al.* (1964), donde en lugar de tomar hojas de diferente tamaño de foliolos, se registró la distancia en cm desde la base del raquis primario hasta el ápice de la nervadura media del foliolo central; posteriormente se obtuvo una ecuación de regresión con la longitud de la nervadura central y el área foliar obtenida en un integrador óptico.

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 crecimiento foliar, crecimiento neto foliar, y senescencia por especie, como resultado del promedio de los 5 tallos y estolones seleccionados por repetición.

3.4. Variables calculadas

3.4.1. Tasa de crecimiento del cultivo (TC)

Con los datos de rendimiento de forraje por corte se calculó la tasa de crecimiento, en todos los tratamientos, mediante la siguiente fórmula:

$$TC = FC/t$$

Donde:

FC = Forraje cosechado (kg MS ha⁻¹) y t = días transcurridos entre un pastoreo y el siguiente.

3.4.2. Composición botánica y morfológica

Para determinar la composición botánica, a mediados de cada estación del año, del forraje cosechado en los muestreos, se tomó una submuestra de aproximadamente 20 %, la cual se separó por especie deseada (Ovillo, Ballico perenne y Trébol blanco), material muerto, otros pastos y maleza y se secaron por separado a 55 °C durante 48 h y se pesaron.

3.4.3. 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; $\text{mm tallo}^{-1} \text{d}^{-1}$) se obtuvo para hojas en proceso de senescencia, como la diferencia entre la sumatoria de las longitudes de las láminas foliares al final (LF_i) menos la inicial (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; $\text{mm tallo}^{-1} \text{d}^{-1}$), 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:

$$\text{CNF} = \text{TEF} - \text{TSF}$$

3.4.4. Tasa de aparición y muerte de tallos

Los valores de aparición y muerte de tallos por planta se multiplicaron por el número de plantas por 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.

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

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

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

$$TST = 1 - TMT$$

3.4.5. Peso por tallo

Un día antes del pastoreo, a mediados de cada estación del año, se cosecharon a ras de suelo 10 tallos de cada especie, los cuales se secaron en una estufa de aire forzado por 48 h a 55 °C, hasta que alcanzaron un peso constante, y posteriormente se registró su peso. El peso por tallo se registro al dividir el numero de tallos entre 10.

3.4.6. Análisis estadístico

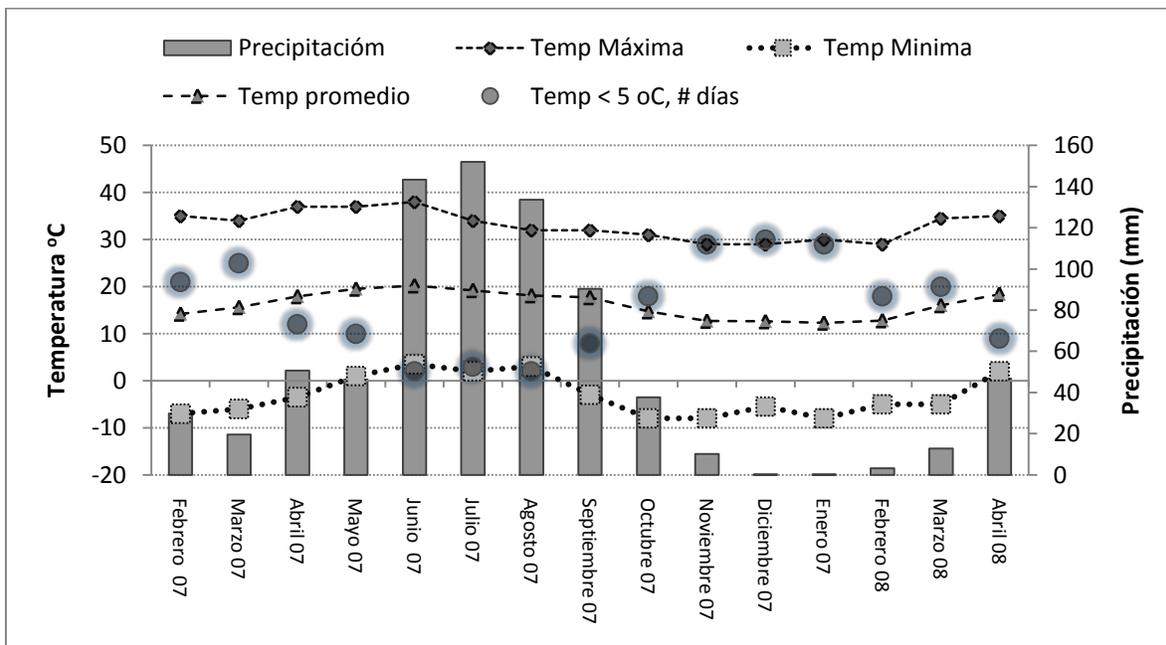
Los datos obtenidos en cada variable, se organizaron de manera estacional y anual, para su análisis estadístico, conforme a un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones. Las medias de tratamientos fueron estimadas utilizando el procedimiento LSMEANS y la comparación entre ellas fue realizada por medio de la probabilidad de la diferencia (PDIFF), usando la prueba de “t” de “Student” a un nivel de

significancia del 5%, mediante el procedimiento estadístico PROC MIXED del software SAS (SAS, 2002).

3.4.7. 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 Climatológica del Colegio de Postgraduados, situada a 100 m del sitio experimental. La temperatura y precipitación media anual fueron superiores en 1.12 °C y 132 mm, al promedio de los últimos 15 años (Figura 1).

Figura 2. Cambios mensuales en la precipitación pluvial y temperaturas máximas, medias y mínimas, durante el período experimental, obtenidos en la estación es Meteorológica del Colegio de Postgraduados.



CAPITULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Rendimiento de forraje

A excepción de la asociación 40:60% TB-O, que registro el menor rendimiento anual, no se presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos (Cuadro 1). El rendimiento anual mostró el siguiente orden descendente: 40:20:40% TB-O-BP > 40:30:30% TB-O-BP > 40:60% TB-BP > 40:40:20% TB-O-BP > 40:60% TB-O, con una diferencia del 52% entre la asociación que presentó la mayor y la menor producción de forraje ($P < 0.05$). Las asociaciones 40:20:40% y 40:30:30% de TB-O-BP registraron los valores más altos en producción de forraje, con un aporte del 47 y 49% para el Trébol blanco, seguido del Ballico perenne con el 23 y 27% y del Ovillo con 9 y 12%, respectivamente.

Los resultados muestran que el 65% del rendimiento anual se concentró en las épocas de primavera y verano, y el 35% en otoño e invierno, siendo la estación de otoño la que presentó el menor rendimiento con 12% ($P < 0.05$). En primavera y verano la asociación 40:20:40% TB-O-BP registró el mayor rendimiento ($P < 0.05$) con 23% y 22%, respectivamente, de la producción total, y solo fue estadísticamente diferente a la asociación 40:60% TB-O ($P < 0.05$). Sin embargo, en otoño e invierno la asociación 40:30:30% TB-O-BP fue la que registró el valor más alto, siendo solo diferente ($P < 0.05$) a la asociación con 40:60% TB-O (Cuadro 1).

Cuadro 1. Rendimiento de forraje estacional y anual (kg MS ha⁻¹), de cinco asociaciones de gramíneas y leguminosas.

Estación del año	Asociaciones					EEM	Sig.	Prom.
	40:30:30%	40:60%	40:60%	40:20:40%	40:40:20%			
	TB-O-BP	TB-BP	TB-O	TB-O-BP	TB-O-BP			
Primavera	4514 AB b	4813ABa	3330Bab	5137 A b	4434 AB b	493	*	4446b
Verano	5803 A a	5464 Aa	4239 Ba	6096 A a	5329 AB a	370	*	5386a
Otoño	2319 A c	1863 ABc	1336 Bc	2088 A d	1725 AB d	237	*	1866d
Invierno	4149 A b	3347ABb	2452Cbc	3954 AB c	3498 AB c	404	*	3480c
Promedio	4196 AB	3872 AB	2839C	4318 A	3746.4 B	195	**	
EEM	271	296	34	242	206			174
Sig.	**	**	**	**	**			**
Rendimiento anual	16785 A	15488 A	12136 B	17274 A	14986 A	953	*	

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

Diferente literal minúscula, en cada columna, indican diferencias significativas de las asociaciones en las diferentes estaciones del año (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.

Independientemente de la asociación, el comportamiento del rendimiento de forraje fue: 34, 29, 12 y 22% para verano, primavera, otoño e invierno, respectivamente, y se atribuyen a que, en primavera - verano se registraron las condiciones ambientales adecuadas, particularmente temperaturas, que permitieron a las especies manifestar su máximo potencial productivo (Cuadro 8). Al respecto, se ha señalado que la temperatura ejerce influencia directa sobre la tasa de aparición y expansión foliar y

aunado a un adecuado nivel de humedad, las praderas alcanzan rápidamente su IAF óptimo en primavera y verano, como lo consignaron Velazco *et al.* (2001; 2005), para pasto Ovillo y Ballico perenne y Clark *et al.* (1995) y Brock *et al.* (1989) en Trébol blanco.

Al comparar la contribución de cada especie al rendimiento anual (Cuadro 2), en todas las asociaciones, el Trébol blanco aportó más del 50% del rendimiento. Asimismo, durante las épocas de primavera-verano se concentra el 65 % del total; en tanto que la menor aportación se registró en otoño con 12%. La asociación 40:20:40% TB-O-BP con 10,066 kg MS ha⁻¹ fue la que presentó el mayor rendimiento anual de Trébol blanco superando en 96 % a la de 40:60% TB-O ($P < 0.05$). La mayor producción del Trébol blanco con respecto a las gramíneas durante primavera- verano, se debió a que las condiciones ambientales, principalmente la temperatura óptima, estimulo el crecimiento el crecimiento del trébol, en praderas puras y asociadas (Brock *et al.*, 1989). Al respecto Rattray (2005) señala que después de una defoliación, el restablecimiento del rebrote del Trébol blanco resulta del equilibrio entre la luz y la temperatura, y el número y tamaño de las hojas presentes. Por lo que el arreglo horizontal de los folíolos del Trébol blanco ayuda a restablecer su área foliar más rápidamente que el Ballico, pero conforme el intervalo entre defoliaciones aumenta, esta ventaja se cambia para favorecer a las hojas erectas del Ballico debido a que sombrean a las hojas de Trébol blanco.

El pasto Ovillo fue la especie que registró el menor rendimiento en las asociaciones, con un promedio anual de 2560 kg MS ha⁻¹ (Cuadro 2). En verano presento el mayor

crecimiento con 39.5 % del rendimiento total ($P < 0.05$). Las asociaciones 40:30:30% de TB-O-BP y 40:60% TB-O con 2086 y 4419 kg MS ha⁻¹ fueron las que presentaron el menor y mayor rendimiento de Ovillo ($P < 0.05$). La escasa contribución del Ovillo al rendimiento total pudo deberse a que cuando esta especie es sometida a una severa intensidad de pastoreo, el número de hojas remanentes es mínimo, por lo que su rebrote es lento, y se recomienda dejar tres hojas por tallo, para asegurar un crecimiento vigoroso (Turner *et al.*, 2005).

La contribución del Ballico perenne al rendimiento anual fue en promedio de 4670 kg MS ha⁻¹, siendo la asociación 40:60% TB-BP la que presentó el mejor rendimiento con 6012 kg MS ha⁻¹ ($P < 0.05$). Durante el otoño se observó el menor rendimiento promedio del Ballico perenne con 611 kg MS ha⁻¹ ($P < 0.05$), no existiendo diferencias estadísticas entre las otras estaciones del año ($P > 0.05$). La mayor aportación del Trébol blanco al rendimiento anual, particularmente en las épocas de primavera y verano, se debió a que la temperatura ambiental osciló alrededor de las temperaturas óptimas para el crecimiento de esta especie, que es de 24 °C (Ratray, 2005; Brock y Tilbrook, 2000), mientras que para Ballico perenne y Ovillo es entre 18 y 21°C, lo que las puso en desventaja con el Trébol blanco.

En otoño se registró el menor rendimiento debido a las bajas temperaturas cercanas a cero (Cuadro 8); una de ellas, poco después del pastoreo con los ovinos y la otra, cerca de la fecha de pastoreo. Al respecto, se ha mencionado que las temperaturas bajas, aún en periodos cortos, disminuyen el crecimiento de los pastos, por lo que se pueden presentar tasas de acumulación de forraje muy bajas (Hernández-Garay *et al.*, 1997).

Cuadro 2. Rendimiento de forraje estacional y anual por especie deseable de las cinco asociaciones de gramíneas y leguminosas.

Estación del año	Asociaciones					EEM	Sig.	Prom.
	40:30:30% TB-O-BP	40:60% TB-BP	40:60% TB-O	40:20:40% TB-O-BP	40:40:20% TB-O-BP			
Trébol Blanco (kg MS ha ⁻¹)								
Primavera	2167ABab	2529Aba	1272Bab	3451 A a	2191AB a	639	**	2322a
Verano	2885AB a	2692 Aba	1797 B a	3289 A a	2536 AB a	427	**	2640a
Otoño	1214 A b	884 ABb	534 B b	1195 A b	742 AB b	190	*	914 c
Invierno	2012 ab	1465 ab	1527 ab	2130 ab	1681 ab	439	NS	1763b
Promedio	2070 ab	1892 b	1282 c	2116 a	1787 bc	219	**	
EEM	411	476	395	517	345			195
Sig.	**	**	*	**	**			**
Rendimiento anual	8278 AB	7570ABC	5129 C	10066 A	7150 BC	984	*	
Ovillo (kg MS ha ⁻¹)								
Primavera	435 B b	-	1533 A a	354 B ab	697 B a	151	**	755 b
Verano	924 B a	-	1594 A a	585 B a	945 B a	196	**	1012a
Otoño	298 B b	-	621 A b	153 B b	268 B b	90	**	335 c
Invierno	430 AB b	-	671 A b	448 AB a	278 B b	93	**	457c
Promedio	522 B	-	1105 A	385 C	547 B	69	**	
EEM	121		226	107	127			62
Sig.	**		**	**	**			**
Rendimiento anual	2086 B	-	4419 A	1541 B	2188 B	385	**	
Ballico perenne (kg MS ha ⁻¹)								
Primavera	1506 A a	1852 A a	-	864 B ab	1040 AB ab	368	*	1316a
Verano	1240 ab	1825 a	-	1595 a	1230 a	266	NS	1472a
Otoño	594 b	788 b	-	535 b	525 b	126	NS	611 b
Invierno	1296 a	1547 ab	-	1025 ab	1216 a	201	NS	1270a
Promedio	1159 AB	1503 A	-	1005 B	1003 B	129	**	
EEM	244	326		331	199			116
Sig.	**	**		**	**			**
Rendimiento anual	4636 AB	6012 A	-	4018 B	4011 B	601.77	**	

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

Diferente literal minúscula, en cada columna, indican diferencias significativas de las asociaciones en las diferentes estaciones del año (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.

4.1.1. Comparación de tres métodos para de estimar el rendimiento de forraje

En los experimentos de pastoreo, el rendimiento por pastoreo, estacional y anual de forraje es una medida necesaria para calcular otros atributos de la pradera, como son su crecimiento, utilización, y descomposición. El método más común es el corte, sin embargo, para obtener información inmediata sin deterioro de la pradera se requiere el uso de métodos indirectos, entre los que se encuentran la altura del dosel del pasto (regla) y el uso del plato medidor de pasto (plato). En el presente estudio se emplearon estos tres métodos con el fin de obtener una información real que permita tomar decisiones de manejo de una forma rápida y práctica. Los valores promedio obtenidos tanto con la altura del dosel vegetal como con el plato, en todos los muestreos, se presentan para cada estación del año en el cuadro 3.

Con la información del cuadro 3 y las ecuaciones de regresión a partir de las mediciones indirectas con el plato y la regla efectuadas antes de cada pastoreo dentro de los cuadros y el rendimiento por corte se obtuvieron las siguientes ecuaciones de regresión (Cuadro 4) para cada estación del año y anual.

Cuadro 3. Promedios estacionales obtenidos midiendo la altura del dosel vegetal con el método de la regla y con el plato, por estación del año de cinco asociaciones de gramíneas y leguminosas.

Época	Asociaciones					Prom.
	40:30:30% TB-O-BP	40:60% TB-BP	40:60% TB-O	40:20:40% TB-O-BP	40:40:20% TB-O-BP	
Plato+						
Primavera	19	19	16	18	20	18
Verano	24	23	18	21	22	22
Otoño	7.6	7.6	6.6	7.3	7.4	7
Invierno	10	9	6	8	9	8
Prom.	16	16	13	15	16	
Regla (cm)						
Primavera	23	22	18	23	23	22
Verano	28	26	22	25	27	26
Otoño	12	11	9	10	11	11
Invierno	12	12	8	11	11	11
Prom.	20	19	16	18	19	

+Cada unidad equivale a ½ cm de altura.

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. Ecuaciones de regresión obtenidas por estación y anual de las cinco asociaciones de gramíneas y leguminosas.

Método		Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Anual
Regla	Ecuación	$y = 102.94x + 1.7353$	$y = 101.31x + 9.7485$	$y = 102.23x + 9.0528$	$y = 94.327x + 33.817$	$y = 98.678x + 35.004$
	r^2	0.97	0.99	0.98	0.97	0.98
Plato	Ecuación	$y = 112.22x + 278.8$	$y = 105.83x + 345.56$	$y = 115.99x + 147.11$	$y = 102.1x + 255.7$	$y = 108.29x + 262.84$
	r^2	0.9033	0.97	0.96	0.96	0.95

Dado que el r^2 obtenido en todas las ecuaciones de regresión, para cada estación del año, fue muy alto (tanto con el plato como con la regla) se procedió a comparar, solo los rendimientos anuales obtenidos por el método directo, con los rendimientos obtenidos con los dos métodos indirectos (Cuadro 5) al substituir los promedios estacionales utilizando las ecuaciones de regresión.

Cuadro 5. Rendimiento de forraje al substituir los valores obtenidos en el método del plato y regla, en las ecuaciones de regresión anual.

Método indirecto	Asociaciones					EEM	Sig.	Prom.
	40:30:30% TB-O-BP	40:60% TB-BP	40:60% TB-O	40:20:40% TB-O-BP	40:40:20% TB-O-BP			
	Regla (kg MS ha ⁻¹)							
Regla	20216	19038	15617	20324	19582	1631	NS	18955
Plato	20411A	19605A	16617B	20417A	19861A	1374	*	19382
Cuadro fijo	16785 A	15488 A	12136 B	17274 A	14986 A	953	*	15334

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

TB= Trébol Blanco, O= Ovillo, BP= Ballico perenne, EEM= Error estándar de la media.

Sig.= Significancia, *= ($P < 0.05$), Prom.= Promedio.

Todos los métodos empleados para estimar el rendimiento anual de forraje en las diferentes asociaciones, presentaron la misma tendencia, entre asociaciones (Cuadro 5). En todas las asociaciones el menor rendimiento anual lo registro la asociación con 60% de pasto Ovillo, siendo estadísticamente diferente ($P < 0.05$), con el método del plato y corte. El rendimiento promedio anual de las asociaciones, obtenido con el método de la regla y el plato superaron en un 24 y 26% al del corte ($P < 0.05$). El método del plato supero en 2% al rendimiento promedio registrado con la regla ($P > 0.05$). La asociación con el 60% de pasto Ovillo, presento la mayor variación en el

rendimiento anual, siendo 29 y 37% menor al registrado con la regla y plato, respectivamente ($P < 0.05$).

Los resultados indican que debido al número tan pequeño de muestras por repetición obtenidas con el método de corte (2 por repetición), se subestimó el rendimiento de real comparado con la regla y el plato, debido al mayor número de muestras tomadas con los métodos indirectos (25 por repetición). El mayor rendimiento obtenido con el plato pudo deberse a que el número y por consiguiente el tamaño de la muestra fue superior al de la regla, debido a que con el plato el rendimiento es determinado por una combinación de la altura de la planta, densidad de plantas y especies presentes en la pradera (Hernández-Garay, 1997).

Por su parte, Lemus *et al.* (2002), compararon el método de la regla y sugieren evaluar la relación entre altura y masa de follaje para cada estación del año, debido a que en zonas donde las condiciones climáticas son variables, los resultados pueden variar entre las épocas del año, por lo que se recomienda generar una ecuación de regresión para cada estación del año y para cuando las especies se encuentran en estado reproductivo (Hernández-Garay *et al.*, 1997).

Callow *et al.* (2005), al evaluar el rendimiento de forraje en praderas de Ballico perenne asociadas con Trébol Blanco, reportaron coeficientes de determinación en promedio de 0.80, en cuatro sitios experimentales, durante dos años de evaluación, al utilizar el método de la regla, lo que sugiere que puede ser un método confiable, siempre y cuando se calibre adecuadamente. Sin embargo, otros autores mencionan que los

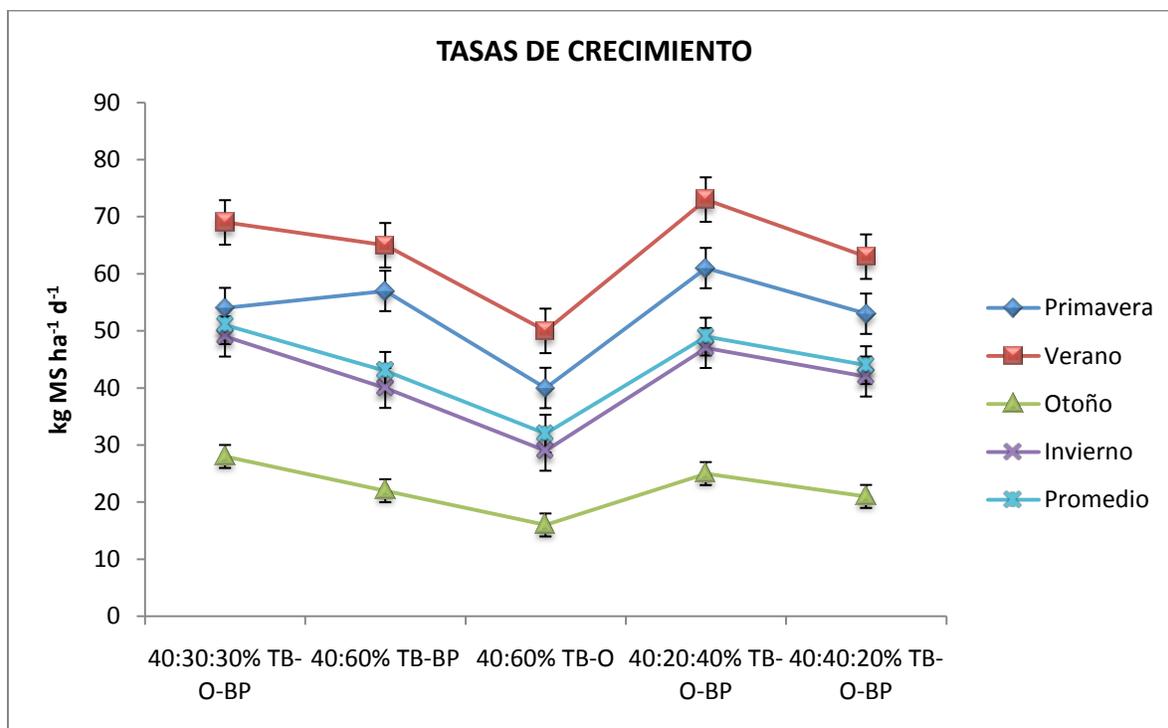
métodos indirectos para medir el forraje presente son imprecisos y no exactos, ya que presentan un error del 26 al 36% con respecto a la cosecha por corte, por lo que la calibración entre métodos es fundamental (Sanderson *et al.*, 2001), para reducir tal error como se observó en el presente estudio.

4.2. Tasa de crecimiento

La tasa de crecimiento (TC) estacional de las cinco asociaciones de gramíneas y leguminosas se presenta en el cuadro 6. La asociación 40:60% TB-O con 32 kg MS ha⁻¹ d⁻¹ presentó el menor promedio anual ($P < 0.05$), siendo 59, 53, 37 y 34 % inferior al de las asociaciones 40:30:30%, 40:20:40%, 40:40:20% de TB-O-BP y 40:60% de TB-BP, respectivamente; las cuales, no fueron estadísticamente diferentes ($P > 0.05$) entre ellas. En general, se observó la mayor TC promedio durante el verano con 63 kg MS ha⁻¹ d⁻¹ y superó en 20, 53 y 215 % a las de primavera, invierno y otoño, respectivamente (Figura 3).

Durante el verano, la menor y mayor TC la presentaron las asociaciones 40:60% de TB-O y 40:20:40% de TB-O-BP ($P < 0.05$), con 50 y 73 kg MS ha⁻¹ d⁻¹ (Cuadro 6). En primavera, la combinación 40:20:40% de TB-O-BP superó en 7, 12, 15 y 52% a 60:40% de TB-BP, 40:30:30%, 40:20:40%, de TB-O-BP y 40:60% TB-O, respectivamente; siendo ésta última, la única que fue diferente ($P < 0.05$) a las demás. Estos resultados coinciden con lo observado por Velasco *et al.* (2001 y 2005) quienes registraron las mayores TC durante el verano en praderas puras de Ovillo y Ballico perenne.

Figura 3. Tasa de crecimiento de cinco asociaciones de gramíneas y una leguminosa en las diferentes estaciones del año.



En el cuadro 7 se presentan las TC estacionales por especie, de las cinco asociaciones. Para el Trébol blanco la TC promedio anual de la asociación 40:60% TB-O registró el menor valor con 15 kg MS ha⁻¹ d⁻¹, siendo 100, 66, 53 y 40% inferior a las combinaciones 40:20:40%, 40:30:30% de TB-O-BP, 40:60% de TB-BP y 40:40:20% de TB-O-BP, respectivamente. En la época de verano, la TC del Trébol blanco mostró el valor más alto (31 kg MS ha⁻¹ d⁻¹), superando en 10, 47 y 81% a la de primavera, invierno y otoño, respectivamente ($P < 0.05$). La TC de la asociación 40:20:40% TB-O-BP durante el verano superó en 85% ($P < 0.05$) 14, 21 y 30% a las asociaciones 40:60% de TB-O, 40:30:30% de TB-O-BP, 40:60% de TB-BP y 40:40:20% de TB-O-BP (Cuadro 7). Las menores TC reportadas en otoño estuvieron asociadas con el mayor

número de heladas registrado en la zona (Cuadro 8). A pesar de que durante el verano se presentaron las mayores TC del Trébol blanco, estos valores son similares y algunos superiores en otras épocas a los reportados por Sevilla *et al.* (2001) en praderas puras de Trébol blanco.

Cuadro 6. Tasa de crecimiento promedio estacional y anual de cinco asociaciones de gramíneas y leguminosas.

Estación del año	Asociación						EEM	Sig.	Prom.
	40:30:30 % TB-O- BP	40:60% TB-BP	40:60% TB-O	40:20:40 % TB-O- BP	40:40:20 % TB-O- BP				
	kg MS ha ⁻¹ d ⁻¹								
Primavera	54 AB a	57 A ab	40 B ab	61 A ab	53 AB ab	6	*	50 b	
Verano	69 A a	65 A a	50 B a	73 A a	63 A a	4	**	63 a	
Otoño	28 A b	22 AB c	16 B c	25 A c	21 AB c	3	**	20 d	
Invierno	49 A a	40 AB b	29 B bc	47 A b	42 AB b	5	**	41 c	
Promedio	51 A	43 A	32 B	49 A	44 A	3	**		
EEM	7	6	6	6	6			3	
Sig.	**	**	**	**	**			**	

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

Diferente literal minúscula, en cada columna, indican diferencias significativas de las asociaciones en las diferentes estaciones del año (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 7. Tasa de crecimiento promedio estacional y anual por especie de cinco asociaciones de gramíneas y leguminosas.

Estación del año	Asociación					EEM	Sig.	Prom.
	40:30:30% TB-O-BP	40:60% TB-BP	40:60% TB-O	40:20:40% TB-O-BP	40:40:20% TB-O-BP			
Trébol blanco (kg MS ha ⁻¹ d ⁻¹)								
Primavera	26 AB ab	30 AB a	15 B ab	41A a	26 AB a	8	**	28 a
Verano	34 AB a	32 AB a	21 B a	39 A a	30 AB a	5	**	31 a
Otoño	15 A b	11 AB b	6 B b	14 A b	9 AB b	2	**	11 c
Invierno	24 ab	17 ab	18 ab	25 ab	20 ab	4	NS	21 b
Promedio	25 AB	23 B	15 C	30 A	21 BC	3	**	
EEM	5	6	5	6	4			2
Sig.	**	**	**	**	**			**
Ovillo (kg MS ha ⁻¹ d ⁻¹)								
Primavera	5 B b	-	18 A a	5 B ab	8 B a	2	**	7 b
Verano	11 B a	-	19 A a	7 B a	11 B a	2	**	10 a
Otoño	4 B b	-	7 A b	2 B b	3 B b	1	**	3 c
Invierno	5 AB b	-	8 A b	5 AB a	3 B b	1	**	4 c
Promedio	6 B		13 A	5 B	7 B	1	**	
EEM	1		3	1	2			1
Sig.	**		**	**	**			**
Ballico perenne (kg MS ha ⁻¹ d ⁻¹)								
Primavera	18 a	22 a	-	10 ab	12 ab	4	NS	13 a
Verano	15 ab	22 a	-	19 a	15 a	3	NS	14 a
Otoño	7 b	9 b	-	6 b	6 b	2	NS	6 b
Invierno	15 ab	18 ab	-	12 ab	14 ab	2	NS	12 a
Promedio	14 AB	18 A		12 B	12 B	2	**	
EEM	3	4		4	2			1
Sig.	**	**		**	**			**

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

Diferente literal minúscula, en cada columna, indican diferencias significativas de las asociaciones en las diferentes estaciones del año (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.

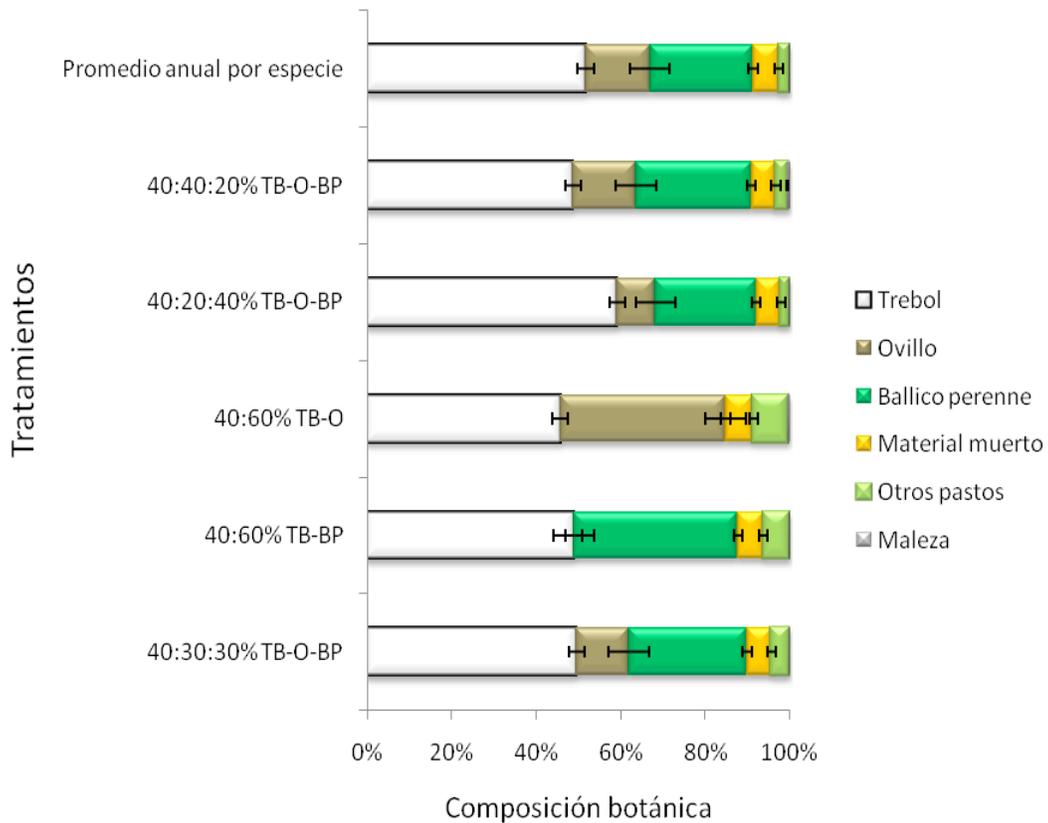
La mayor TC estacional y promedio anual del pasto Ovillo (Cuadro 7) la presentó la asociación 40:60% TB-O, con 13 kg MS ha⁻¹ d⁻¹ y superó en 85, 116 y 160% a las registradas por 40:40:20%, 40:30:30% y 40:20:40% de TB-O-BP (P < 0.05). En verano,

la TC del pasto Ovillo fue superior en 42, 150 y 233% a primavera, invierno y otoño ($P < 0.05$). En el Ballico perenne la TC anual de la asociación 40:60% TB-BP registró el valor más alto con $18 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$, superando en 14% y 50% a las de 40:30:30% de TB-O-BP, 40:20:40% y 40:40:20% de TB-O-BP, respectivamente (Cuadro 7). A excepción de la época de otoño que mostró la menor TC ($6 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$), no existieron diferencias ($P > 0.05$) en las otras estaciones del año. Similarmente, no existieron diferencias en las TC del Ballico perenne entre asociaciones ($P > 0.05$). Las TC tanto de pasto Ovillo, como de Ballico perenne son inferiores a las registradas en especies puras (Velazco *et al.*, 2005) debido a la competencia intra e inter específica que se da entre especies por luz, agua y nutrientes, lo que reduce la tasa de aparición y elongación foliar en pastos y de los folíolos en Trébol blanco (Durand *et al.*, 1999).

4.3. Composición botánica y morfológica

La composición botánica de las cinco asociaciones de gramíneas y leguminosas, muestra que el Trébol blanco contribuyó al rendimiento total de forraje con 50%, Ballico perenne 28% y pasto Ovillo 12%; mientras que, el 10% restante, lo integraron el material muerto, otros pastos y malezas (Figura 4). La contribución de cada especie al rendimiento de las asociaciones fue muy variable; el Trébol blanco fue la especie que más aportó con valores que variaron de 58 a 42% en las asociaciones 40:20:40% TB-O-BP y 40:60% de TB-O, respectivamente (Figura 5), con una diferencia en el rendimiento anual de $4900 \text{ kg MS ha}^{-1}$.

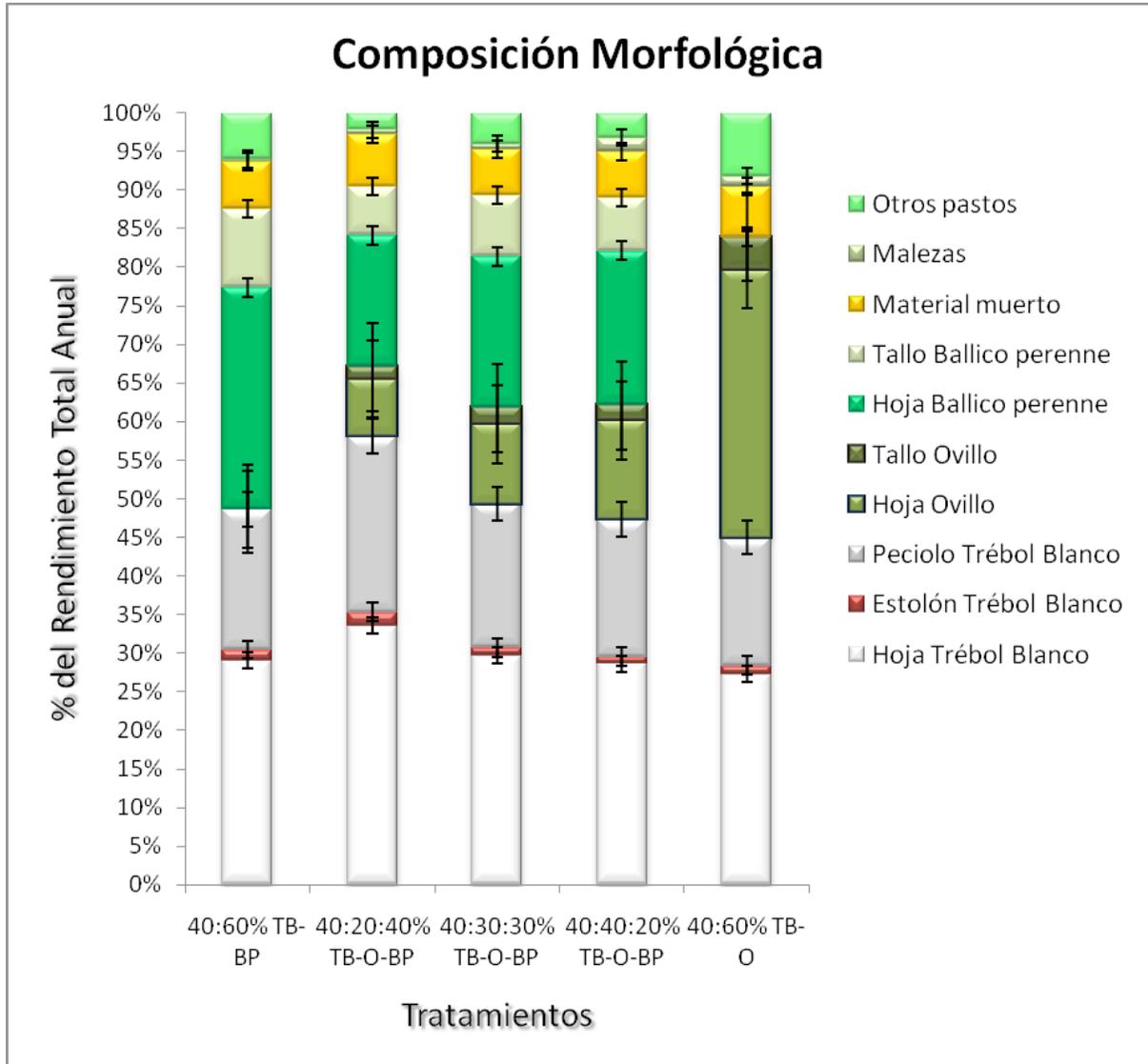
Figura 4 Porcentaje promedio de las especies deseables de cinco asociaciones de gramíneas y leguminosas.



TB= Trébol blanco, O=Ovillo, BP= Ballico perenne

El Ballico perenne en las asociaciones 40:60% TB-BP y 40:20:40% TB-O-TB contribuyó con 36 y 23%, respectivamente ($1970 \text{ kg MS ha}^{-1}$, de diferencia). El pasto Ovillo registró una diferencia de $2850 \text{ kg MS ha}^{-1}$ entre las asociaciones 40:60% TB-O y 40:20:40% TB-O-BP.

Figura 5. Composición morfológica, de cinco asociaciones de gramíneas y leguminosas.



TB= Trébol blanco, O=Ovillo, BP= Ballico perenne.

Cuadro 8. Promedios mensuales de temperatura, precipitación y número de heladas registradas durante el periodo experimental. Estación meteorológica del Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México.

Mes	Temperatura (°C)			Numero de Heladas	Precipitación (mm)
	Máxima	Mínima	Promedio		
Marzo 07	34	-6	15.6	7	19.6
Abril 07	37	-3.5	17.9	0	50.7
Mayo 07	37	1	19.5	0	46.3
Junio 07	38	3.5	20.2	0	143.3
Julio 07	34	2	19.2	0	152.1
Agosto 07	32	3	18.1	0	133.7
Septiembre 07	32	-3	17.7	0	90.4
Octubre 07	31	-8	14.7	5	37.7
Noviembre 07	29	-8	12.7	11	10.1
Diciembre 07	29	-5.5	12.6	18	0.2
Enero 08	30	-8	12.3	15	0.3
Febrero 08	29	-5	12.8	4	3.2
Marzo 08	34.5	-5	16	2	12.7
Abril 08	35	2	18.4	0	46.7

La intensidad de pastoreo, pudo ser el factor que permitió al Trébol blanco ser la especie dominante durante todo el periodo experimental en las cinco asociaciones, ya que por tener un habito de crecimiento estolonifero, es menos susceptible a perder gran cantidad de meristemas de crecimiento que las especies erectas como el Ballico perenne y Ovillo (Hodgson, 1990). Adicionalmente, si se considera que el arreglo horizontal de sus hojas, le permitió a las plantas de Trébol blanco restablecer su área foliar después del pastoreo, para utilizar la luz solar más rápido que el Ballico perenne y pasto Ovillo (Brock *et al.*, 1989).

En la asociación 40:20:40% de TB-O-BP, la cual superó a todas las combinaciones, el trébol aportó el 58%, seguido del Ballico perenne con un 23%, y el Ovillo con el 11%, del total de la producción. En las asociaciones donde solo se tienen 2 especies

(40:60% TB-O y 40:60% TB-BP) las aportaciones de material muerto, malezas y otros pastos, superaron el 10% de la composición botánica (Figura 5); mientras que, en las otras asociaciones donde están las tres especies, el porcentaje fue menor al 10%.

4.4. Crecimiento foliar

4.4.1. Crecimiento foliar del pasto Ovillo

En el cuadro 9, se presentan la tasa de elongación, senescencia y crecimiento neto foliar de pasto Ovillo, en las diferentes estaciones del año. Durante primavera la asociación con 20% de pasto Ovillo presentó la mayor elongación (TEF) y senescencia foliar (TSF) con 2.39 y 0.79 cm tallo⁻¹ d⁻¹ ($P < 0.05$), no existiendo diferencias entre las otras asociaciones. El crecimiento neto foliar, no registró diferencias estadísticas entre asociaciones ($P > 0.05$), durante primavera, aunque la combinación con 20% de Ovillo superó en 32, 23 y 12% a las asociaciones 40:20:40, 40:60 y 40:30:30% TB-O-BP. En el verano se registraron las mayores tasas de recambio de tejido (Cuadro 9). La elongación y crecimiento neto foliar fueron en promedio de 7 y 6 cm tallo⁻¹ d⁻¹, no existiendo diferencias entre asociaciones ($P > 0.05$). La asociación con 30% de pasto Ovillo registró la mayor senescencia foliar con 1.1 cm tallo⁻¹ d⁻¹ ($P < 0.05$). No se presentaron diferencias estadísticas entre asociaciones en ninguno de los componentes del crecimiento foliar durante otoño. En invierno la asociación 40:30:30% de TB-O-BP presentó la mayor elongación con 0.99 cm tallo⁻¹ d⁻¹ superando sólo con el 3% a 40:20:40% de TB-O-BP, y con el 13 y 47% a 40:60% y 40:40:20% de TB-O-BP, respectivamente (Cuadro 9). En la tasa de senescencia foliar y crecimiento neto no existieron diferencias ($P > 0.05$). 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.

Cuadro 9. Elongación, senescencia y crecimiento neto foliar del pasto Ovillo por época del año, en cuatro asociaciones de gramíneas y leguminosas.

Época		Asociaciones					EEM	Sig.
		40:30:30% TB-O-BP	40:60% TB-BP	40:60% TB-O	40:20:40% TB-O-BP	40:40:20% TB-O-BP		
$\text{cm tallo}^{-1} \text{ d}^{-1}$								
Primavera	E	1.73 B	-	1.68 B	2.39 A	1.67 B	0.17	**
	S	0.43 B	-	0.26 B	0.79 A	0.46 B	0.11	**
	CN	1.29	-	1.42	1.59	1.20	0.19	NS
Verano	E	6.43	-	6.19	7.13	6.64	0.64	NS
	S	1.10 A	-	0.42 B	0.60 B	0.78 AB	0.17	**
	CN	5.33	-	5.76	6.53	5.86	0.58	NS
Otoño	E	0.74	-	0.67	0.77	0.63	0.06	NS
	S	0.17	-	0.13	0.11	0.10	0.04	NS
	CN	0.57	-	0.54	0.65	0.53	0.08	NS
Invierno	E	0.99 A	-	0.87 AB	0.96 A	0.67 B	0.09	**
	S	0.14	-	0.10	0.10	0.05	0.05	NS
	CN	0.85	-	0.77	0.86	0.62	0.07	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.

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.

4.4.2. Crecimiento foliar de Ballico perenne

En la época de primavera, a excepción de la asociación con el 20% de Ballico perenne que presentó la menor elongación y crecimiento neto foliar con 1.71 y 1.39 cm tallo⁻¹ d⁻¹ (Cuadro 10), no se registraron diferencias entre asociaciones ($P>0.05$). La senescencia foliar fue en promedio de 0.31 cm tallo⁻¹ d⁻¹ ($P > 0.05$). La mayor tasa de recambio de tejido se presentó durante el verano con un promedio en la tasa de elongación y crecimiento neto foliar del Ballico perenne de 7.2 y 6.7 cm tallo⁻¹ d⁻¹ ($P > 0.05$), respectivamente. Sin embargo, la senescencia foliar sí presentó diferencias ($P < 0.05$); la asociación con 40:40:20% de TB-O-BP registró el valor más alto (0.72 cm tallo⁻¹ d⁻¹), superando en 32% a 40:60% de TB-BP que tuvo el menor valor (Cuadro 10).

En la estación de otoño no se presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre asociaciones en elongación, senescencia y crecimiento neto foliar (Cuadro 10). Durante el invierno la asociación 40:60% de TB-BP presentó la mayor elongación y crecimiento neto foliar con 1.40 y 1.09 cm tallo⁻¹ d⁻¹, respectivamente, superando en 45 y 78% a 40:40:20% de TB-O-BP ($P < 0.05$). 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), reportan que la elongación es mayor en verano, por lo que en esta época obtuvieron los mayores rendimientos de la especie ($P < 0.05$).

Cuadro 10. Elongación, senescencia y crecimiento neto foliar del Ballico perenne por época del año, en cuatro asociaciones de gramíneas y leguminosas.

Época		Asociaciones					EEM	Sig.
		40:30:30% TB-O-BP	40:60% TB-BP	40:60% TB-O	40:20:40% TB-O-BP	40:40:20% TB-O-BP		
$\text{cm tallo}^{-1} \text{d}^{-1}$								
Primavera	E	2.31 A	2.31 A	-	2.33 A	1.71 B	0.19	**
	S	0.36	0.28	-	0.30	0.32	0.08	NS
	CN	1.95 AB	2.03 A	-	2.03 A	1.39 B	0.22	*
Verano	E	7.59	7.44	-	7.04	6.74	0.67	NS
	S	0.57 AB	0.31 B	-	0.32 B	0.72 A	0.14	*
	CN	7.02	7.13	-	6.72	6.02	0.62	NS
Otoño	E	1.03	0.93	-	1.04	1.12	0.10	NS
	S	0.33	0.19	-	0.28	0.34	0.12	NS
	CN	0.70	0.74	-	0.76	0.78	0.06	NS
Invierno	E	1.09 AB	1.40 A	-	1.22 AB	0.96 B	0.13	**
	S	0.34	0.31	-	0.40	0.35	0.09	NS
	CN	0.75 AB	1.09 A	-	0.82 AB	0.61 B	0.17	*

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.

4.4.3. Crecimiento foliar del Trébol blanco

El recambio de tejido en Trébol blanco indica que durante primavera y verano se presenta el mayor crecimiento foliar (Cuadro 11). En primavera, no se observaron diferencias entre asociaciones en la expansión de la hoja y el crecimiento neto foliar, con un promedio de 1.4 y 1.2 cm² hoja⁻¹ d⁻¹, respectivamente; solo se registraron diferencias ($P < 0.05$) en senescencia foliar, siendo la asociación con 60% de pasto Ovillo la que presentó los mayores valores (0.05 cm² hoja⁻¹ d⁻¹). En la estación de verano la combinación con 20% de pasto Ovillo y 40% de Ballico perenne supero en 75 y 87% a la asociación con 60% de Ballico perenne ($P < 0.05$), pero fue similar ($P > 0.05$) a las que contenían 30% de cada gramínea. En otoño no se presentaron diferencias estadísticas ($P > 0.05$) en los componentes del recambio de tejido entre asociaciones. Durante el invierno, la asociación con 60% de Ovillo presentó la menor expansión y crecimiento neto foliar ($P < 0.05$), no existiendo diferencias entre las otras asociaciones ($P > 0.05$).

El resultado obtenido en este experimento coincide con lo obtenido por Hernández-Garay *et al.* (1997). Ellos evaluaron la tasa de recambio de tejido en Trébol blanco asociado con Ballico perenne, y encontraron que existen diferencias ($P < 0.05$) en la expansión foliar del Trébol blanco, cuando el periodo de descanso fue mayor en una semana (de 2 a 3 semanas), independientemente al tratamiento asignado.

Cuadro 11. Expansión, senescencia y crecimiento neto foliar ($\text{cm}^2 \text{ hoja}^{-1} \text{ d}^{-1}$) de Trébol blanco en las cuatro estaciones del año, en cinco asociaciones de gramíneas y leguminosas.

Época		Asociaciones					EEM	Sig.
		40:30:30% TB-O-BP	40:60% TB-BP	40:60% TB-O	40:20:40% TB-O-BP	40:40:20% TB-O-BP		
$\text{cm}^2 \text{ hoja}^{-1} \text{ d}^{-1}$								
Primavera	E	1.5	1.2	1.4	1.6	1.5	0.23	NS
	S	0.1 B	0.1 B	0.5 A	0.2 A	0.1B	0.15	*
	CN	1.4	1.1	0.9	1.4	1.4	0.26	NS
Verano	E	1.4 A	1.0 B	1.3 AB	1.3 AB	1.7 A	0.16	*
	S	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.05	NS
	CN	1.3 A	0.8 B	1.2 AB	1.2 AB	1.5 A	0.16	**
Otoño	E	0.5	0.5	0.4	0.4	0.5	0.07	NS
	S	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.03	NS
	CN	0.4	0.4	0.3	0.3	0.4	0.08	NS
Invierno	E	0.5 A	0.5 A	0.3 B	0.5 A	0.5 A	0.06	**
	S	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.04	NS
	CN	0.4 AB	0.5 A	0.3 B	0.4 AB	0.5 A	0.06	*

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

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

4.4.4. Crecimiento del peciolo del Trébol blanco

Al igual que en la hoja, el mayor crecimiento del peciolo de Trébol blanco se observó en primavera y verano (Cuadro 12). Con excepción de invierno se registraron diferencias ($P < 0.05$) en elongación y crecimiento neto del peciolo en las diferentes épocas del

año. Además, la tasa de senescencia no mostro diferencias entre asociaciones ($P > 0.05$) en todas las estaciones del año. En primavera las asociaciones tuvieron el siguiente orden ascendente 40:60% de TB-O < 40:60% de TB-BP < 40:30:30% de TB-O-BP < 40:40:20% de TB-O-BP < 40:20:40% de TB-O-BP, registrándose una diferencia del 60% y 58% en la elongación y crecimiento neto entre las asociaciones que mostraron los valores extremos. En verano la asociación con 40% de pasto Ovillo supero en 42 y 45% a la asociación con el 60% de la misma especie en elongación y crecimiento neto del peciolo ($P < 0.05$), no existiendo diferencias con las otras combinaciones. En otoño se observo el menor crecimiento del peciolo y, a diferencia de las gramíneas, si presentaron diferencias estadísticas entre asociaciones ($P < 0.05$), siendo la asociación con el 20% de Ballico perenne la que obtuvo la mayor elongación y crecimiento neto (0.65 y 0.62 cm peciolo⁻¹ d⁻¹, respectivamente), superando en 38% a la que presento el menor crecimiento (40:20:40 de TB-O-BP).

La tasa de recambio de tejido del Trébol blanco vario dependiendo de la estación del año. Al respecto, Hay *et al.* (1983 y 1989) encontraron la mayor tasa de crecimiento del Trébol blanco ocurre verano. El crecimiento en otoño- invierno es lento debido al estrés por las bajas temperaturas y a que una gran proporción (hasta 90%) de los estolones pueden ser enterrados por las lombrices y el pisoteo de los animales. A inicios de la primavera y a finales del invierno el nuevo rebrote inicia su actividad, formándose nuevos estolones y raíces las cuales coexisten con raíces y estolones más viejos que comienzan a morir y decaer. El estrés provocado por frío hace que se presente más del 70% del total de la senescencia del Trébol blanco, principalmente en la parte apical.

Cuadro 12. Elongación, senescencia y crecimiento neto del peciolo de Trébol blanco por época del año, en cinco asociaciones de gramíneas y leguminosas.

Época	Asociaciones					EEM	Sig.
	40:30:30% TB-O-BP	40:60% TB-BP	40:60% TB-O	40:20:40% TB-O-BP	40:40:20% TB-O-BP		
cm peciolo ⁻¹ d ⁻¹							
Primavera	E	1.62 ABC	1.52 BC	1.25 C	2.01 A	1.73 AB	0.16 *
	S	0.01	0.03	0.04	0.09	0.05	0.03 NS
	CN	1.61 AB	1.49 AB	1.21 B	1.92 A	1.68 A	0.16 **
Verano	E	1.75 B	1.57 B	1.72 B	1.89 AB	2.24 A	0.17 **
	S	0.04	0.06	0.02	0.04	0.05	0.03 NS
	CN	1.71 AB	1.51 B	1.68 B	1.85 AB	2.19 A	0.18 **
Otoño	E	0.52 AB	0.51 AB	0.49 B	0.47 B	0.65 A	0.05 **
	S	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03	0.01 NS
	CN	0.50 AB	0.48 AB	0.47 AB	0.45 B	0.62 A	0.06 *
Invierno	E	0.68	0.74	0.54	0.67	0.66	0.08 NS
	S	0.04	0.05	0.03	0.01	0.01	0.02 NS
	CN	0.64	0.69	0.51	0.66	0.65	0.07 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.

La tasa de crecimiento del trébol es menor que la de la mayoría de los pastos templados al inicio de la primavera, pero en verano el trébol tiene una tasa de sobrevivencia y crecimiento más rápido lo que restablece el equilibrio de la especie (Brock *et al.*, 2000). Sin embargo, en este experimento el mayor estrés por frío se dio en otoño, por lo que el restablecimiento del trébol se dio a mediados del invierno.

La dinámica de crecimiento por estación del año del pasto Ovillo, Ballico perenne y Trébol blanco en las cinco asociaciones se presentan en las figuras 6 a la 9.

Figura 6. Dinámica de crecimiento foliar de cinco asociaciones de gramíneas y leguminosas, bajo condiciones de pastoreo en primavera.

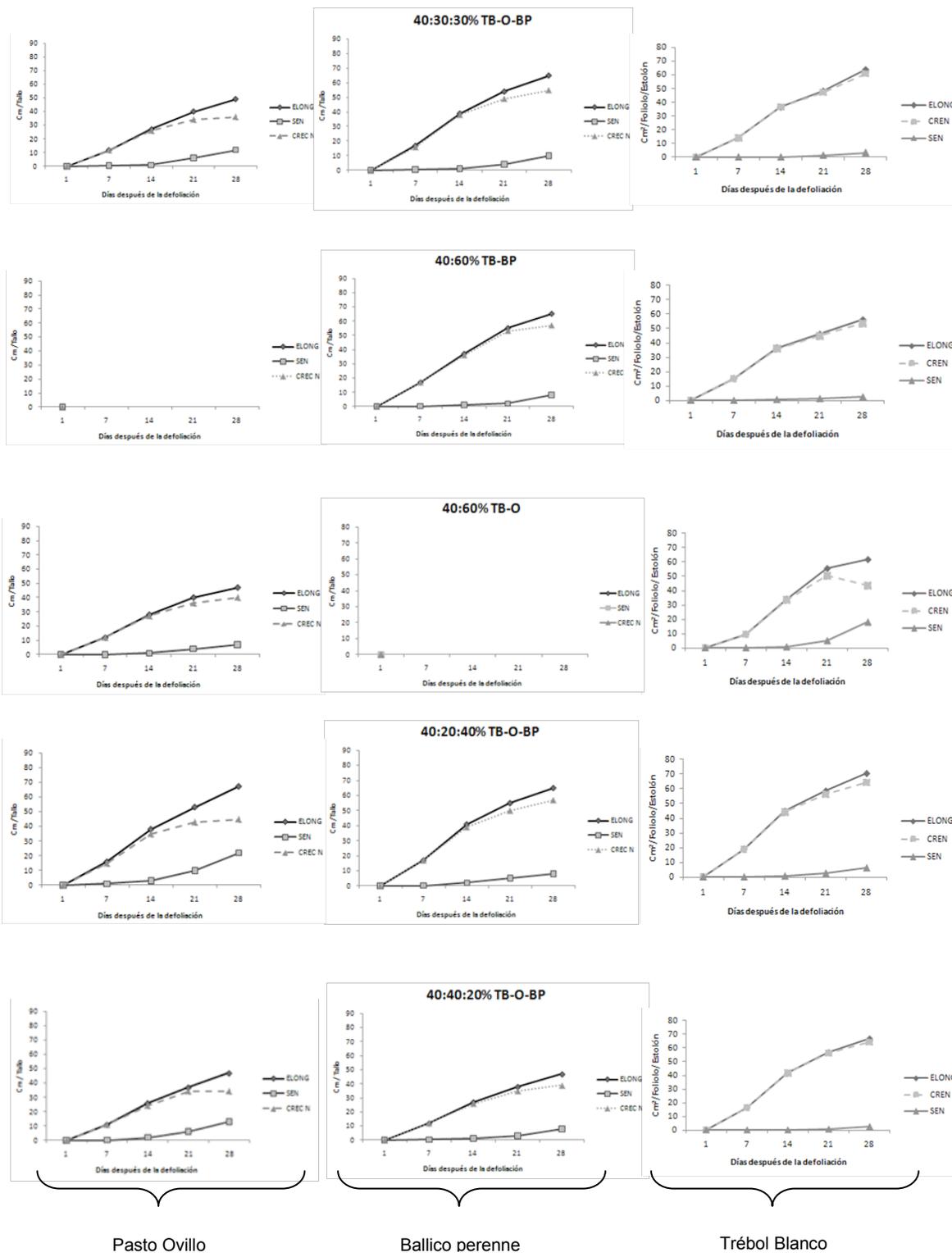


Figura 7. Dinámica de crecimiento foliar de cinco asociaciones de gramíneas y leguminosas, bajo condiciones de pastoreo en verano.

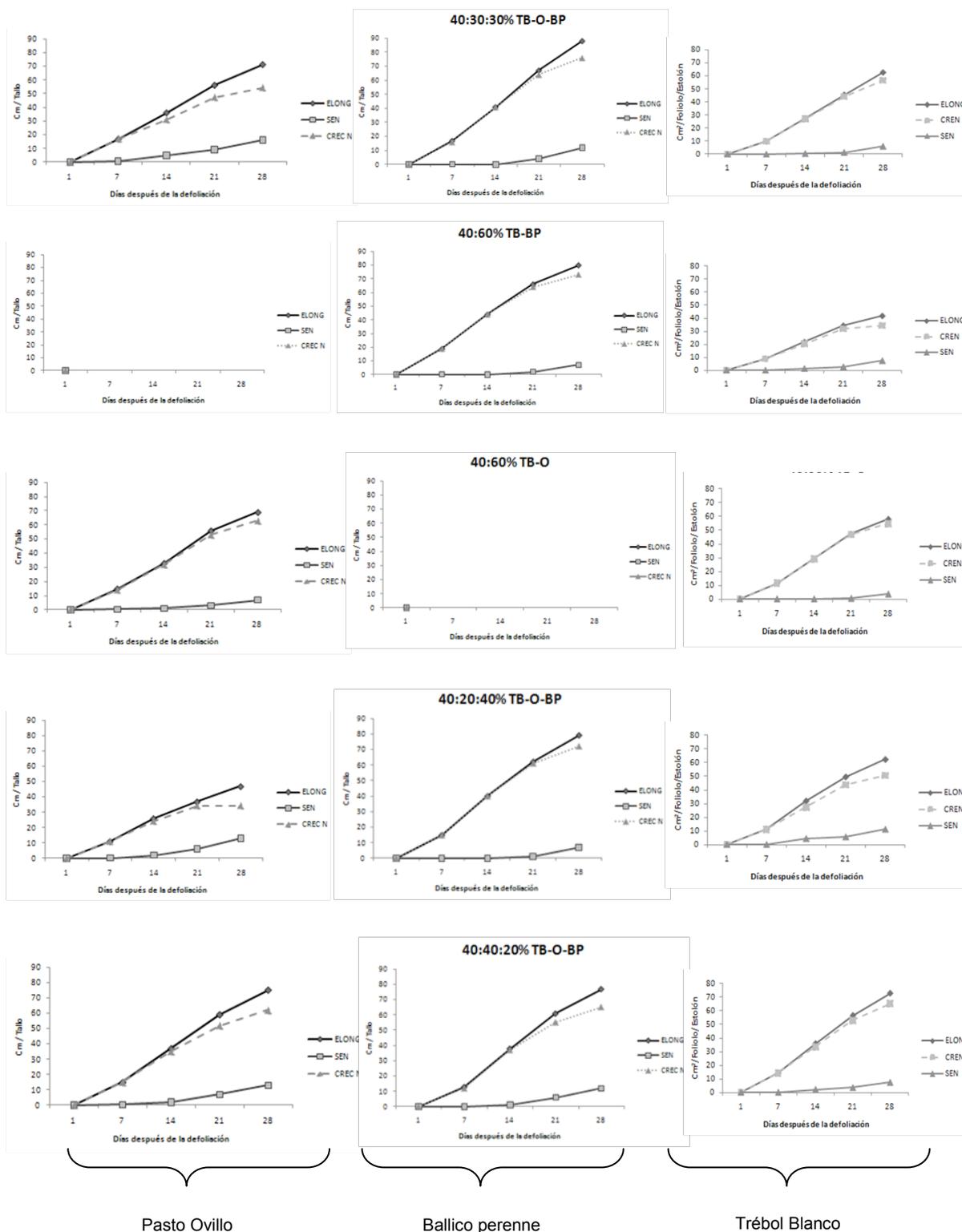


Figura 8. Dinámica de crecimiento foliar de cinco asociaciones de gramíneas y leguminosa, bajo condiciones de pastoreo en otoño.

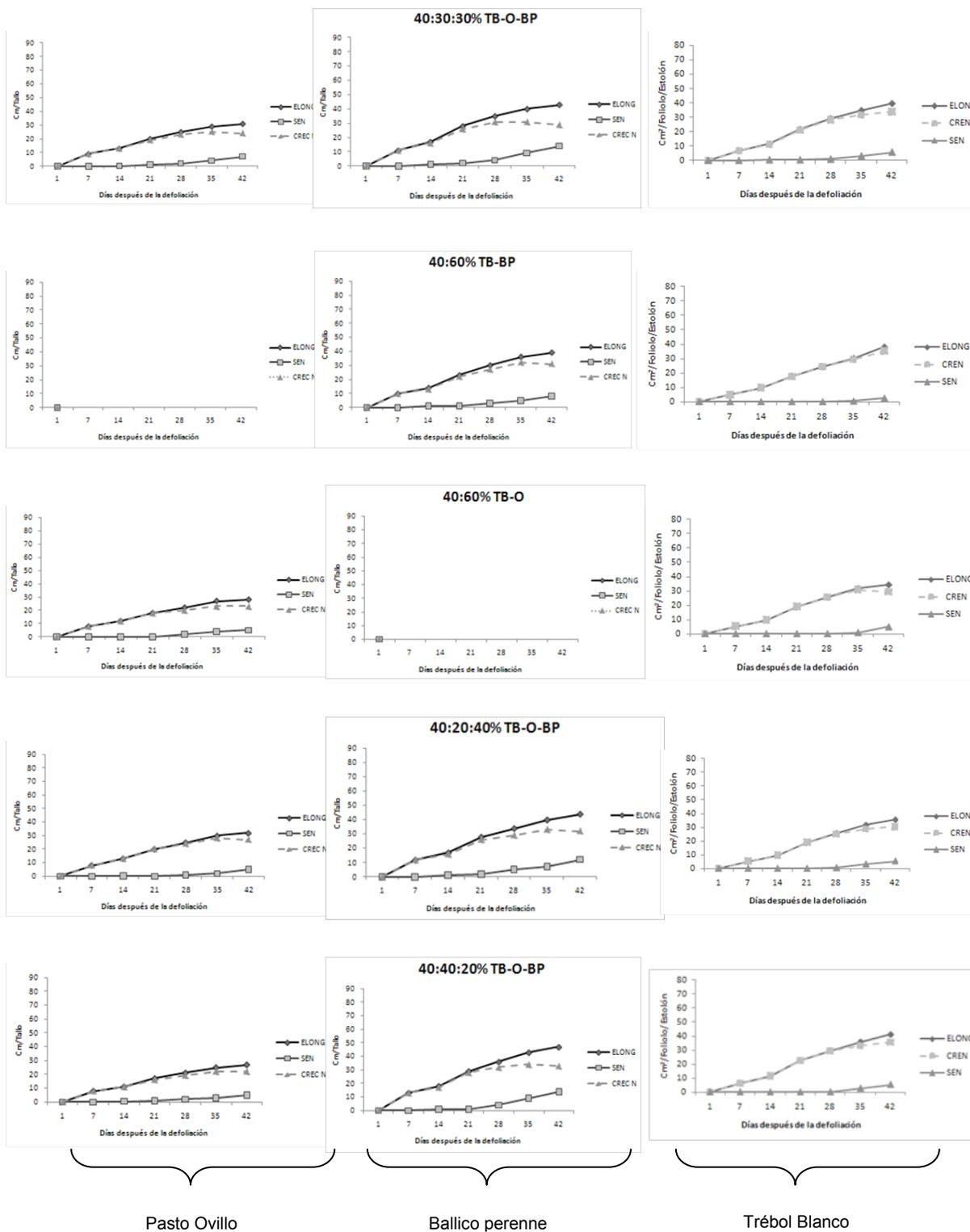
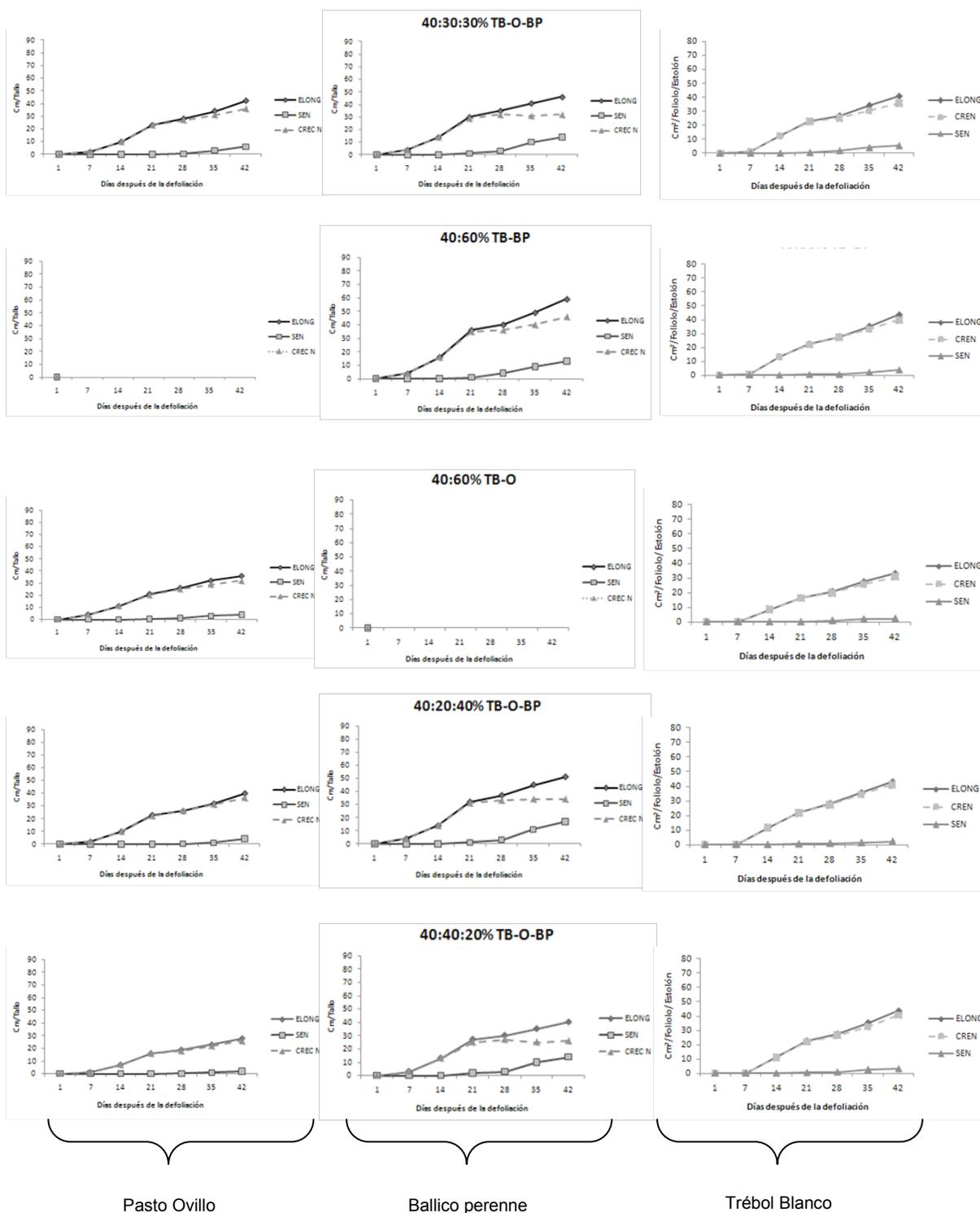


Figura 9. Dinámica de crecimiento foliar de cinco asociaciones de gramíneas y leguminosas, bajo condiciones de pastoreo en invierno.



Independientemente de la asociación, las mayores tasas de elongación y crecimiento neto foliar se presentaron en verano y las menores en otoño y se atribuyen a que, en primavera-verano se registraron las condiciones ambientales adecuadas, particularmente temperaturas, que permitieron a las especies manifestar su máximo potencial productivo (Figura 2). 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 Velazco *et al.* (2001; 2005), para pasto Ovillo y Ballico perenne y Clark *et al.* (1995) y Brock *et al.* (1989) en Trébol blanco.

4.5. Peso por tallo

En el cuadro 13, se presentan los cambios estacionales, en el peso por tallo, de las gramíneas Ballico perenne y pasto Ovillo en las diferentes asociaciones. En general, se observó el mayor peso por tallo ($P < 0.05$) cuando el Ballico perenne representó el 30% de la asociación en las épocas de primavera, verano e invierno. En el promedio anual la asociación con 30% de Ballico perenne superó en 8, 18 y 116% ($P < 0.05$), a las asociaciones donde el Ballico estuvo en una proporción de 20, 40 y 60%, respectivamente. En el verano el peso promedio por tallo de Ballico perenne fue 0.24 g tallo⁻¹ y superó ($P < 0.05$) 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 el otoño la asociación con el 40% de Ballico perenne, registró el mayor peso por tallo, siendo solo diferente ($P < 0.05$) con la de 20% de dicha especie (137%). Así

mismo, la asociación con el 60% de Ballico perenne presentó el menor peso en todas las épocas del año. Los resultados obtenidos en este experimento difieren a 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 solo 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.

La asociación con el 20% de pasto Ovillo, presentó el mejor peso promedio anual ($0.25 \text{ g tallo}^{-1}$), superando en 19, 150 y 13%, a las que lo contenían en, 30, 60 y 20%, respectivamente (Cuadro 13). Durante el otoño se registró el menor peso de los tallos ($0.08 \text{ g tallo}^{-1}$), siendo superado en 62, 112 y 212% ($P < 0.05$) por invierno, primavera y verano, respectivamente. La asociación con 20% de pasto Ovillo fue diferente ($P < 0.05$) al resto de las asociaciones en las épocas de primavera y verano (0.31 y $0.38 \text{ g tallo}^{-1}$), superando en 181 y 137% a la asociación con el 60% de esa especie, respectivamente. En otoño no se observaron diferencias entre asociaciones ($P > 0.05$) y en el invierno a excepción de la asociación con el 60% de pasto Ovillo, no se presentaron diferencias estadísticas ($P > 0.05$) entre tratamientos.

En general, se observó en todas las asociaciones que el Ballico perenne a finales de la primavera (mayo) y en el verano (junio – agosto) presentó una alta mortalidad de tallos, debido a que en esta época se registraron los mayores rendimientos de forraje, producto del peso por tallo, lo que evitó la penetración de luz a los estratos inferiores aumentando la mortalidad de los tallos pequeños, recién formados, mientras que en la

época de invierno se presentaron las mayores tasas de aparición (Figura 10), con pesos muy bajos.

Cuadro 13. Peso por tallo de Ballico perenne y pasto Ovillo en cinco asociaciones de gramíneas y leguminosas.

Época	Asociaciones					EEM	Sig.	Prom.
	40:30:30% TB-O-BP	40:60% TB-BP	40:60% TB-O	40:20:40% TB-O-BP	40:40:20% TB-O-BP			
Ballico perenne (g tallo ⁻¹)								
Primavera	0.28 A b	0.14 C ab	-	0.28 A ab	0.19 B b	0.003	**	0.18 b
Verano	0.38 A a	0.17 D a	-	0.34 B a	0.33 C a	0.002	**	0.24 a
Otoño	0.18 AB c	0.08 B c	-	0.14 AB c	0.19 A b	0.032	**	0.12 d
Invierno	0.22 A bc	0.11 B bc	-	0.22 A bc	0.18 AB b	0.025	**	0.15 c
Promedio	0.26 A	0.12 C	-	0.24 AB	0.22 B	0.01	**	
EEM	0.02	0.01		0.03	0.04			0.01
Sig.	**	**		**	**			**
Ovillo (g tallo ⁻¹)								
Primavera	0.23 B b	-	0.11 D b	0.31 A a	0.21 C b	0.003	**	0.17 b
Verano	0.34 C a	-	0.16 D a	0.38 A a	0.36 B a	0.003	**	0.25 a
Otoño	0.10 d	-	0.08 bc	0.10 c	0.14 b	0.029	NS	0.08 d
Invierno	0.18 A c	-	0.07 B c	0.21 A b	0.17 A b	0.023	**	0.13 c
Promedio	0.21 B	-	0.10 C	0.25 A	0.22 B	0.01	**	
EEM	0.02		0.01	0.02	0.03			0.01
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.

4.6. Densidad poblacional de tallos

En las figuras 10 a 17 se presentan los cambios mensuales en la densidad de tallos de Ballico perenne y pasto Ovillo durante el periodo de evaluación. En el año, no se registraron diferencias ($P > 0.05$) entre tratamientos en densidad poblacional de Ballico perenne (Figuras 10, 12, 14 y 16); sin embargo, en todas las asociaciones se observó un comportamiento muy variable, siendo en la época de invierno cuando se registraron las mayores densidades. A excepción de la asociación con 40% de Ballico perenne que presentó la menor densidad de tallos en mayo, todas las asociaciones la registraron en agosto producto del efecto negativo de las heladas que ocurrieron en ese mes (Cuadro 9), las que afectaron la sobrevivencia de los tallos. Todas las asociaciones tuvieron la mayor aparición de tallos de Ballico perenne en noviembre, el cual varió dependiendo de la asociación.

Con respecto al pasto ovillo, se observó una gran variación en su comportamiento, dependiendo de la asociación (Figuras 11, 13, 15 y 17). Las asociaciones con 30, 60% de pasto ovillo (Figuras 11 y 13) presentaron un incremento progresivo en la densidad de tallos de febrero a julio, con una alta mortalidad durante agosto. En la asociación con 20% de pasto Ovillo (Figura 15) la densidad tendió a disminuir de marzo a mayo, con un incremento progresivo hasta septiembre. En contraste, la asociación con 40% de pasto Ovillo (Figura 15) se incrementó de febrero a abril, con una disminución progresiva hasta agosto. Todas las asociaciones registraron un pico máximo en la aparición de tallos en noviembre, manteniendo o incrementando la densidad de tallos hasta el final del estudio.

Se observó 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 10 a 17). Otro factor que pudo influir en la falta de diferencias estadísticas entre asociaciones fue el tamaño tan pequeño de la muestra y la técnica de muestreo empleada, ya que aunque se seleccionó aleatoriamente el área, siempre se procuró que existieran plantas en ella, para poder identificar a los tallos de cada gramínea. Al respecto, algunos autores (Davies, 1981; 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 macollos en la pradera

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 interespecífica por agua, nutrientes, espacio, etc. (Hodgson y White, 1999).

Figura 10. Cambios mensuales en la densidad de tallos de Ballico perenne en la asociación 40:30:30% de TB-O-BP.

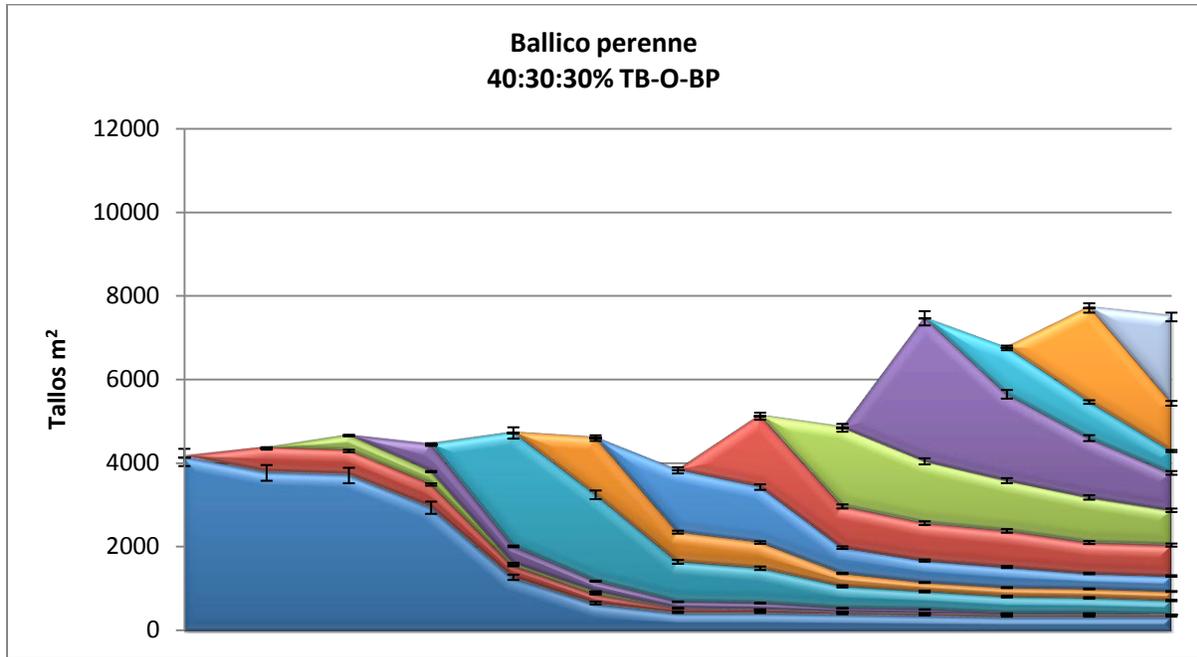


Figura 11. Cambios mensuales en la densidad de tallos de Ovillo en el tratamiento 40:30:30% de TB-O-BP.

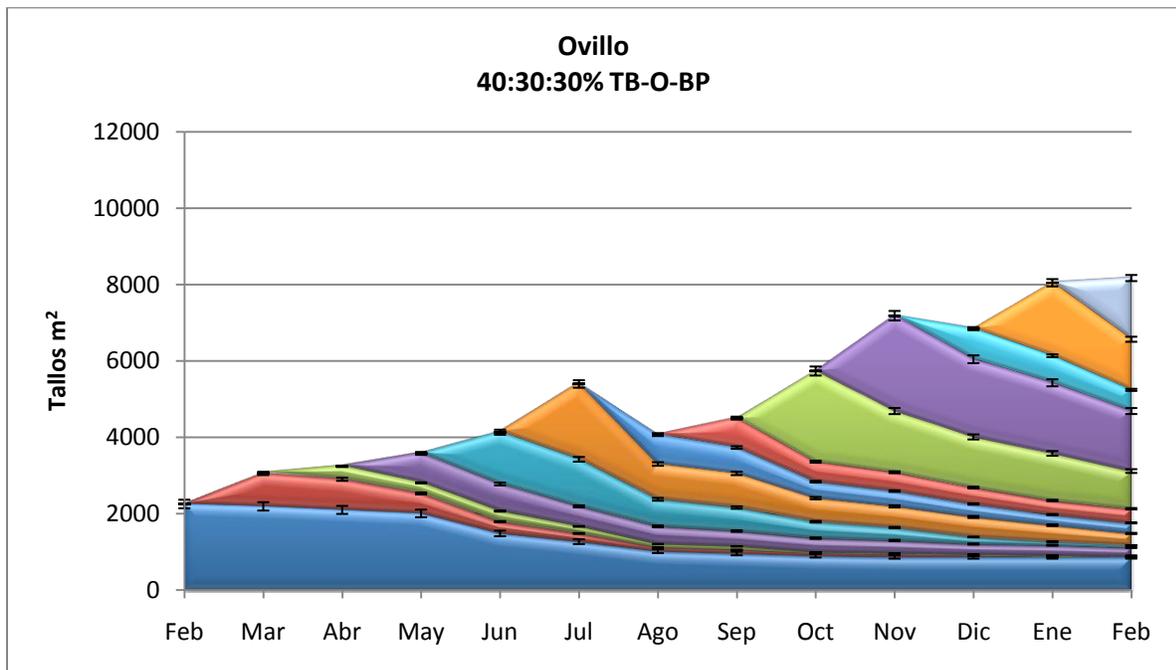


Figura 12. Cambios mensuales en la densidad de tallos de Ballico perenne en el tratamiento 40:60% de TB-BP.

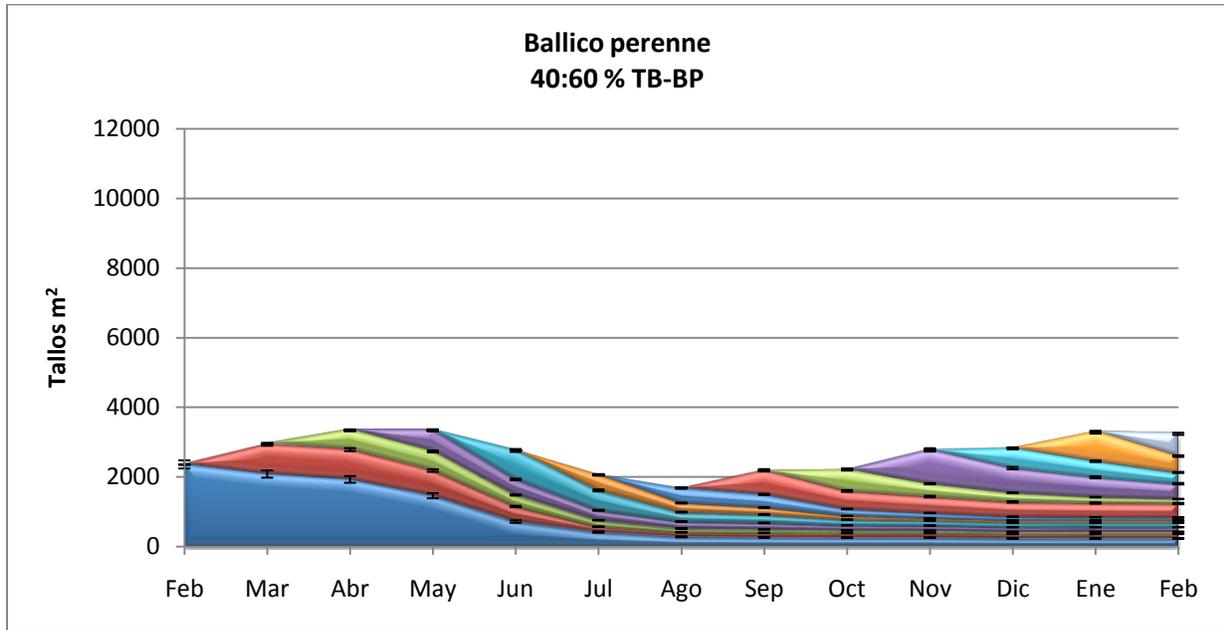


Figura 13. Cambios mensuales en la densidad de tallos de tallos de Ovillo en el tratamiento 40:60% de TB-O.

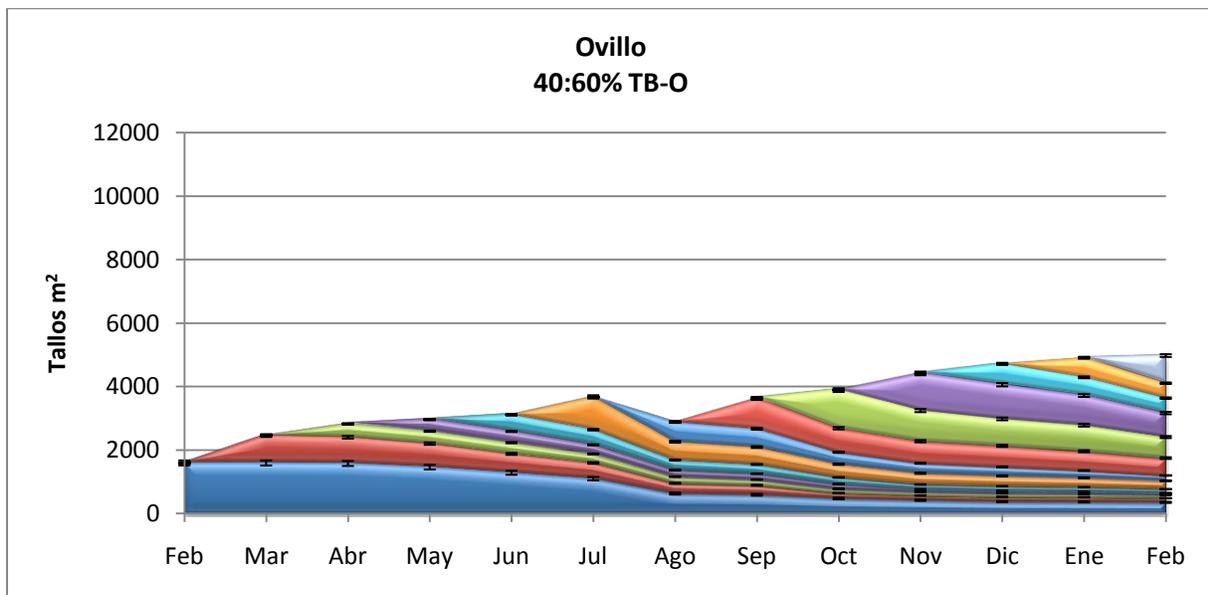


Figura 14. Cambios mensuales en la densidad de tallos de Ballico perenne en el tratamiento 40:20:40% de TB-O-BP.

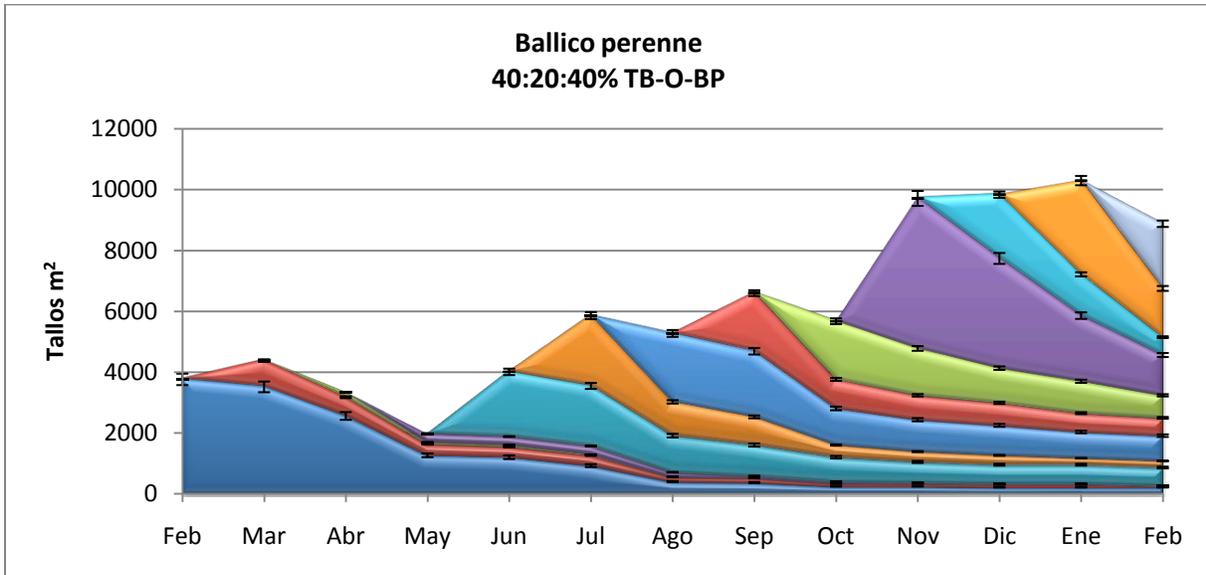


Figura 15. Cambios mensuales en la densidad de tallos de Ovillo en el tratamiento 40:20:40% de TB-O-BP.

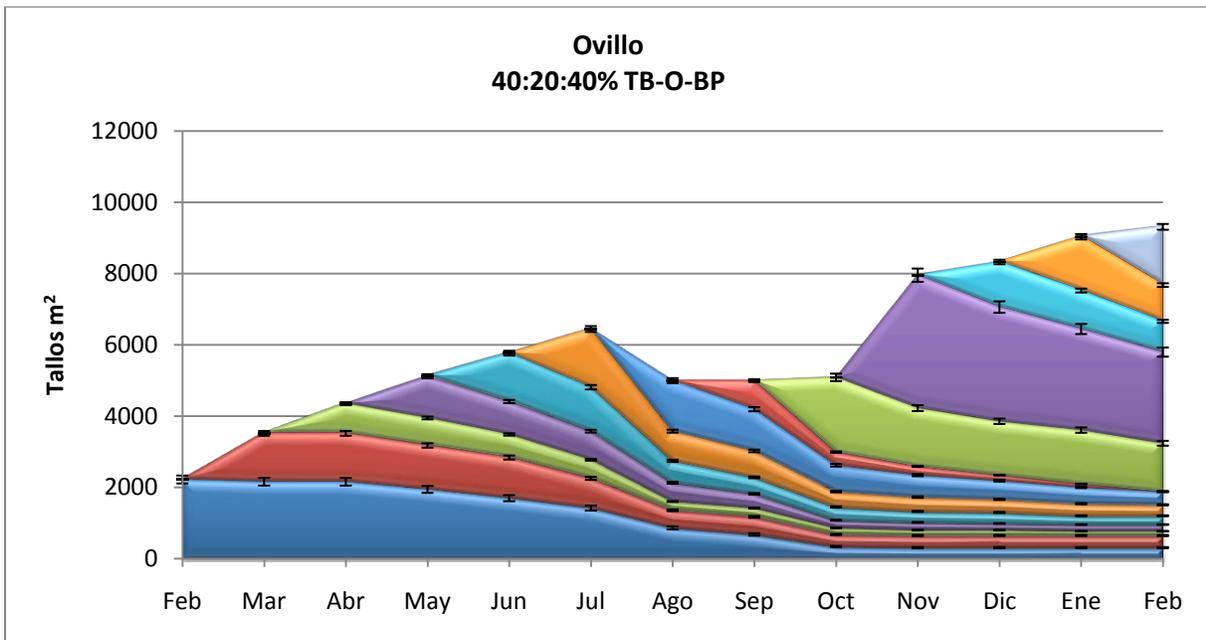


Figura 16. Cambios mensuales en la densidad de tallos de Ballico perenne en el tratamiento 40:40:20% de TB-O-BP.

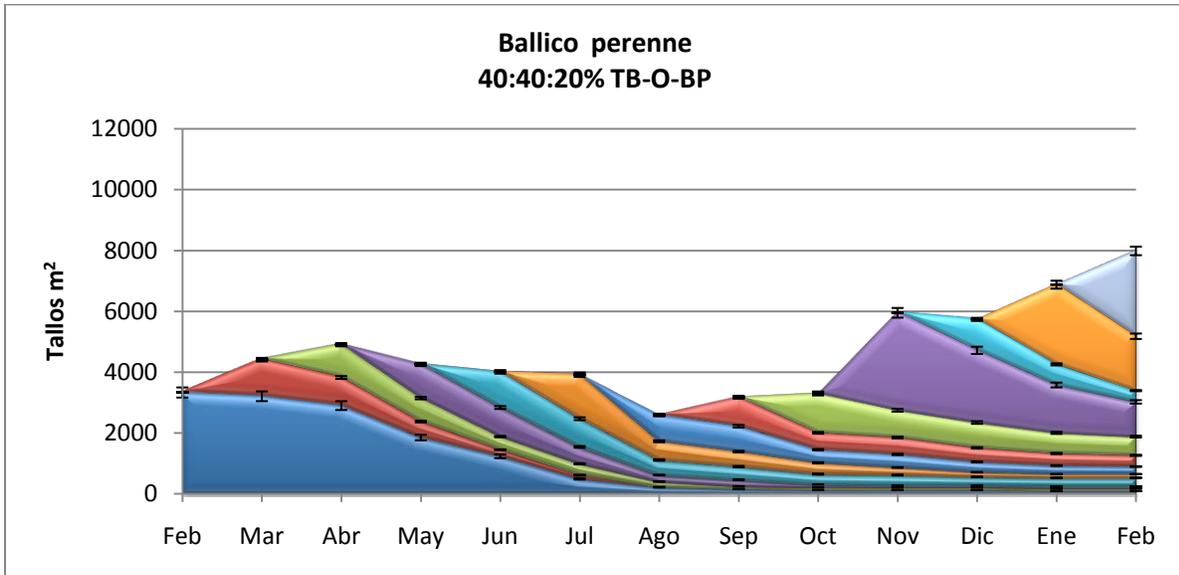
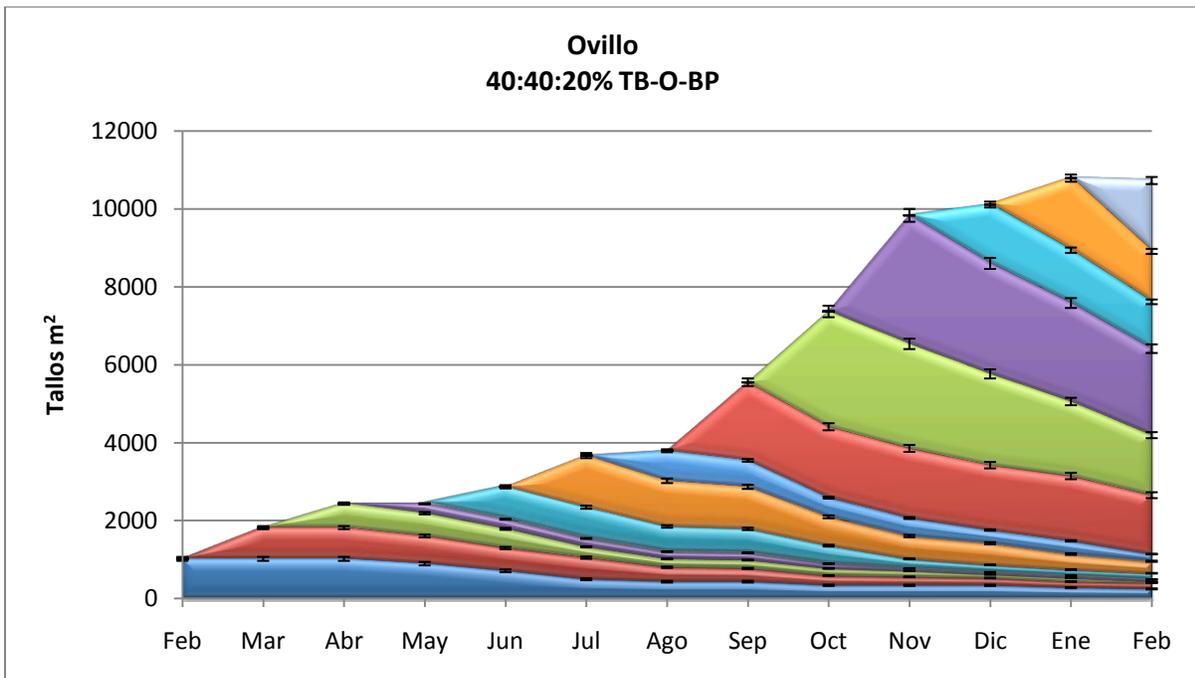


Figura 17. Cambios mensuales en la densidad de tallos de Ovillo en el tratamiento 40:40:20% de TB-O-BP.



4.7. Tasa de aparición y muerte de los tallos

En el cuadro 14 se presenta la tasa de aparición y muerte de tallos del Ballico perenne. Se registraron dos picos en la de aparición de tallos. El primero, se registro en el verano particularmente en la asociación con 40% de Ballico perenne, la cual registró los valores más en el mes de junio ($5.05 \text{ tallos} \cdot 100 \text{ tallos d}^{-1}$). Sin embargo, solo existieron diferencias estadísticas ($P < 0.05$) en el mes de Junio, siendo esta asociación la que registró la mayor tasa de aparición ($1.91 \text{ tallos} \cdot 100 \text{ tallos d}^{-1}$) superando con 208% a la asociación con el 60% de Ballico perenne. El segundo pico se presento en otoño, con una mayor tasa promedio de aparición de $2.13 \text{ tallos} \cdot 100 \text{ tallos d}^{-1}$ en noviembre.

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 se puede suponer entonces, 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 invierno.

Similares resultados fueron reportados por Velasco *et al.* (2007), en praderas de Ballico perenne, quienes reportaron las mayores tasas de aparición de tallos en verano e invierno, las cuales duplicaron a las de otoño y primavera, 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, con la mayor tasa en agosto.

La tasa de mortalidad de tallos de pasto Ballico perenne vario considerablemente entre asociaciones durante todo el periodo de evaluación (Cuadro 14) y fue estadísticamente diferente ($P < 0.05$) durante la primavera (abril a junio). La asociación con 20% de Ballico perenne en abril y mayo y 30% en junio presentaron las mayores tasas de mortalidad. Aunque no se observaron diferencias estadísticas entre asociaciones ($P > 0.05$), la mayor tasa promedio de mortalidad se presentó en el mes de agosto con $1.67 \text{ tallos} * 100 \text{ tallos d}^{-1}$. Similares resultados fueron observados por Garduño *et al.* (2007) quienes registraron la mayor mortalidad de tallos de ballico perenne en agosto y septiembre.

Los cambios estacionales en la dinámica de ahijamiento del pasto Ovillo, indican que no se registraron diferencias ($P > 0.05$) entre asociaciones durante todo el periodo de estudio tanto en la tasa de aparición como de muerte de tallos (Cuadro 15). La mayor tasa de aparición promedio de tallos de pasto Ovillo se presento en marzo ($1.94 \text{ tallos} * 100 \text{ tallos d}^{-1}$), con dos picos de aparición durante verano (junio-julio) y finales de otoño (octubre-noviembre). Durante agosto se registro la mayor muerte de tallos, en todas las asociaciones ($1.2 \text{ tallos} * 100 \text{ tallos d}^{-1}$), mientras a principios de primavera (marzo – abril), la tasa de muerte fue mínima con un promedio de $0.05 \text{ tallos} * 100 \text{ tallos d}^{-1}$ ($P > 0.05$).

Cuadro 14. Tasa de aparición y muerte de tallos de Ballico perenne en cuatro asociaciones de gramíneas – leguminosas.

Fecha de muestreo	Asociaciones					Sig.	EEM
	40:30:30% TB-O-BP	40:60% TB-BP	40:60% TB-O	40:20:40% TB-O-BP	40:40:20% TB-O-BP		
Tasa de aparición (Tallos * 100 tallos d ⁻¹)							
Marzo	0.52	1.09	-	0.83	1.29	NS	0.41
Abril	0.25	0.74	-	0.10	0.89	NS	0.39
Mayo	0.46	0.59	-	0.49	0.86	NS	0.41
Junio	2.16	1.16	-	5.05	0.92	NS	1.73
Julio	1.20 AB	0.64 B	-	1.91 A	1.23 AB	*	0.36
Agosto	1.13	0.62	-	1.12	0.69	NS	0.40
Septiembre	1.39	1.53	-	1.18	0.96	NS	0.65
Octubre	1.35	0.88	-	0.94	1.20	NS	0.48
Noviembre	2.11	1.49	-	2.54	2.39	NS	0.99
Diciembre	0.40	0.62	-	0.59	0.76	NS	0.31
Enero	0.93	1.03	-	1.01	2.31	NS	0.66
Febrero	0.74	0.55	-	0.56	1.15	NS	0.34
Tasa de muerte de tallos (Tallos * 100 tallos d ⁻¹)							
Marzo	0.21	0.36	-	0.30	0.18	NS	0.28
Abril	0.04 B	0.22 B	-	1.01 A	0.43 AB	*	0.26
Mayo	0.61 B	0.72 AB	-	1.69 A	1.08 AB	*	0.33
Junio	1.69 A	1.40 A	-	0.17 B	1.10 A	**	0.32
Julio	1.19	1.10	-	0.38	1.27	NS	0.44
Agosto	1.79	1.31	-	1.67	1.99	NS	0.36
Septiembre	0.43	0.33	-	0.32	0.33	NS	0.13
Octubre	1.72	1.07	-	1.55	0.96	NS	0.40
Noviembre	0.72	0.56	-	0.54	0.52	NS	0.30
Diciembre	0.68	0.50	-	0.79	0.99	NS	0.33
Enero	0.48	0.38	-	0.63	0.64	NS	0.31
Febrero	0.82	0.64	-	1.04	0.68	NS	0.42

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

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

Duran *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), porque 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 (Cuadro 13), por lo que la alta tasa de muerte de tallos registrada en agosto, en ambas especies, se debió a la mayor tasa de crecimiento individual de cada tallo, lo que sombreado a los tallos pequeños, presentes en los estratos inferiores de la pradera, incrementándose la mortalidad de los mismos (Matthew *et al.*, 1996).

Por su parte, Grant, *et al.* (1998), mencionan que los cambios en la estructura del dosel de la pradera, con respecto al tamaño, densidad, peso, tasa de rebrote y tasa de 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.

Cuadro 15. Tasa de aparición y muerte de tallos de pasto Ovillo en cuatro asociaciones de gramíneas – leguminosas.

Fecha de muestreo	Asociaciones					Sig.	EEM
	40:30:30% TB-O-BP	40:60% TB-BP	40:60% TB-O	40:20:40% TB-O-BP	40:40:20% TB-O-BP		
Tasa de aparición de tallos (Tallos * 100 tallos d ⁻¹)							
Marzo	1.25	-	2.03	2.24	2.24	NS	0.92
Abril	0.98	-	0.58	0.71	0.98	NS	0.28
Mayo	0.90	-	0.43	0.72	0.42	NS	0.36
Junio	1.44	-	0.54	1.24	1.40	NS	0.44
Julio	1.53	-	1.37	0.89	1.44	NS	0.46
Agosto	0.39	-	0.53	1.15	0.90	NS	0.52
Septiembre	0.45	-	1.49	0.74	1.46	NS	0.69
Octubre	1.54	-	1.25	1.37	2.28	NS	0.51
Noviembre	1.24	-	1.22	2.17	1.82	NS	0.62
Diciembre	0.36	-	0.53	0.55	0.78	NS	0.21
Enero	0.76	-	0.46	0.71	1.96	NS	0.86
Febrero	0.55	-	0.62	0.56	0.77	NS	0.22
Tasa de muerte de tallos (Tallos * 100 tallos * d ⁻¹)							
Marzo	0.09	-	0.0	0.05	0.0	NS	0.65
Abril	0.14	-	0.08	0.0	0.0	NS	0.81
Mayo	0.38	-	0.27	0.26	0.51	NS	0.23
Junio	0.75	-	0.45	0.25	0.45	NS	0.42
Julio	0.42	-	0.47	0.55	0.63	NS	0.22
Agosto	1.30	-	1.37	1.33	0.80	NS	0.50
Septiembre	0.24	-	0.30	0.52	0.20	NS	0.11
Octubre	0.65	-	0.98	1.30	0.82	NS	0.26
Noviembre	0.52	-	0.49	0.54	0.39	NS	0.24
Diciembre	0.36	-	0.26	0.29	0.69	NS	0.16
Enero	0.25	-	0.29	0.24	0.50	NS	0.10
Febrero	0.48	-	0.56	0.61	0.70	NS	0.20

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

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

5. CONCLUSIONES

El mayor rendimiento anual y durante las estaciones de primavera-verano lo registró la combinación 40:20:40% de Trébol Blanco-Ovillo-Ballico perenne. Sin embargo, en otoño e invierno la asociación 40:30:30% de Trébol Blanco-Ovillo-Ballico perenne presento el más alto rendimiento de forraje.

Los métodos de estimación indirectos con regla graduada y plato presentaron coeficientes de determinación superiores a 0.96, y superaron en 24 y 26% al rendimiento obtenido con el método de corte, pero ambos métodos fueron más exactos en la predicción del forraje que el método del cuadro fijo, debido a una mayor cantidad de muestreos por parcela.

En la composición botánica promedio de las asociaciones, el Trébol blanco constituyó el principal componente del rendimiento con 49%, seguido del Ballico perenne con un 29% y, en menor proporción el pasto Ovillo con un 18%.

Las asociaciones que presentaron las mayores tasas de recambio de tejido fueron 40:20:40% de Trébol Blanco-Ovillo-Ballico perenne y 40:30:30% de Trébol Blanco-Ovillo-Ballico perenne y la que registro el menor valor en todas las estaciones del año fue 40:60% Trébol Blanco-Ovillo, e independientemente de la especie sus mayores tasas de recambio de tejido se registraron en verano y las menores tasas de elongación y crecimiento neto foliar en el otoño.

La asociación 40:20:40% de Trébol Blanco-Ovillo-Ballico perenne, fue la mejor en la tasa de elongación foliar del ballico en la época de primavera e invierno, en el ovillo en primavera, verano y otoño, así mismo para el peso de los tallos de ovillo en primavera, verano e invierno. En el trébol blanco registró los mayores valores tasa de elongación foliar en primavera e invierno. En la tasa de aparición de los tallos registró el mayor valor de aparición del ballico perenne y lo mismo en el ovillo.

6. 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., v.35, n.3, p.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](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. Respuesta fisiológica del pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) a diferentes alturas de defoliación. *Agrociencia* 2002, 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 stocked 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 son rotationally stocked palisadegrass pastures using indirect methods. *Science Agricola*. v. 66, n.1, p. 127-131.

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.

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., 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.

Brock, J. L., 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.

Callow, M. N., Fulkerson, W. J., Donaghy, D. J., Morris, R. J., Sweeney, G., Upjohn, B. 2005. Response of perennial ryegrass (*Lolium perenne*) to renovation in Australian dairy pastures, Australian Journal of Experimental Agriculture, 45, 1559-1565.

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, Santa Maria, v.34, n.2, p.599-601.

Carlssare, 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.

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., Dinguhn, M., Gozé, E., Rattunde. H. F. W., Ney B. V. 2007. Variability of phyllochron, plastochron and rate of increase in height in photoperiod-sensitive sorghum varieties. *Annals of Botany*, pp 1-6.

CONAGRO. 2006. La ganadería en México. Documento informativo.

<http://www.conagro.com/novedades/ganaderia.html>

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.

Culvenor, R. A. 1994. The persistence of five cultivars of *Phalaris* after cutting during reproductive development in spring. Australian Journal of Agricultural Research. 45: 945-962

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.

Davies, A., y Simons R. G. 1979. Effect cutting regime on developmental morphology and spring growth of perennial ryegrass. Journal Agricultural Science. 92:457-459.

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>

Durand, J. L., Schäufele, R., Gastal, F. 1999. Grass leaf elongation rate as a function of developmental stage and temperature: Morphological analysis and modeling. Annals of Botany 83: 577-588.

Duru, M., Ducrocq H., 2000. Growth and senescence of the successive grass leaves on a tiller. ontogeny development and effect of temperature. Annals of Botany 85:635-643.

Duthil, J. 1989. Producción de forrajes. 4ª edición. Ediciones Mundiprensa. España. 443 p.

Estrada A. J. 2002. Pastos y forrajes para el trópico colombiano. Ed. Universidad de Caldas. Colombia.

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. v.63 n.3

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

Gao, Y. and Wilman, D. 1994. Leaf development in eight related grasses. *Journal Agricultural Science. Cambridge* 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 plains. *Agronomy Journal* 92:1211-1215.

García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. 4^a ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 217 p.

Garduño, V. S., Pérez, P. J., Hernández, G. A., Herrera, H. J. G., Martínez, H. P. A., Joaquín, T. B. M. 2009. Rendimiento y dinámica de crecimiento estacional de Ballico perenne, pastoreado con ovinos a diferentes frecuencias e intensidades. *Técnica Pecuaria en México*. 47(2): 189-202.

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.

González, A. S. X., Días, S. H., López, T. R., Aizpuru, G. E., Garza, C. H. M. y Sánchez, R. F. 2004. Consumo, calidad nutritiva y composición botánica de una pradera de alfalfa y gramíneas perennes con diferentes niveles de asignación de forraje. *Técnica Pecuaria en México*. 42(1): 29-37.

Graming, 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.

Grant, S. A., Barthram, G. T., Torvell, L. 1981. Components of regrowth in grazed and cut *Lolium perenne* swards. *Grass and Forage Science* 36:155-168.

Hanson, A. A., Barnes, R. D. K. y Hill, A. 1988. Alfalfa and alfalfa improvement. American Society of Agronomy Inc. Madison, USA. 1084 p.

Hay, R. J. M. 1983. Seasonal variation in the distribution of white clover stolons among three horizontal strata in two grazed swards. New Zealand Journal of Agricultural Research 26: 29-34.

Hay, R. J. M. and Ryan, D. L. 1989. A review of 10 years' research with red clovers under grazing in Southland. Proceedings New Zealand Grassland Association 50: 181-187.

Hendricson, J. R., Berdahl 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 Agricultural Research. (40):25-35.

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

Hodgson, J. 1990. *Grazing Management. Science into Practice*. Longman Scientific and Technical. Essex, England. 203 p.

Hodgson, J. 1981. Swards studies: Objectives and priorities. In: Hodgson j., R. D. Braker, A. Davies, A. S. Laidlaw, and J. D. Leaver (Eds). *Swards Measurement Handbook*. The British Grasslands Society. Berkshire England, pp. 1-14.

Hodgson, J. 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., Bircham, A. L., Grant and King, J. 1981. The influence of cutting and grazing management on herbage growth and utilization. In: Wright. C. E. (Ed.) *Plant Physiology and Herbage Production*. The British Grassland Society. Occasional Symposium No. 13:51.

Horrocks, R. D. and Vallentine, J. F. 1999. *Harvested Forages*. Academic Press. Oval Road, London. United Status 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 (304-317). In: V. B. Youngner and C. M. McKell (Eds.). *The Biology and Utilization of Grasses*. Academic Press. New York.

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

<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/rutinas/ept.asp?t=agro08&s=est&c=594>
2

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 (2003).

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., 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 (2001).

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

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

Korte, C. J., Harris, W. 1987. Stolon development in grazed 'Grassland Nui' perennial ryegrass. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 25:309-319.

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. Pag. 29-37.

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.

Lemus, R. V., García, M. J. G., Lugo, L. S. G., Valencia, G. E., Villagrán, V. B. (2002) Desempeño de una pradera irrigada en clima templado, establecida para el pastoreo de bovinos lecheros. Veterinaria México. Año/Vol. 33, núm. (1): 11-26

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.

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, New Zealand: Oxford University Press. 29-44.

Martínez, M., 1979. Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas. Fondo de Cultura Económica, México, D.F.

Matthew, C., Hernández-Garay, A. and Hodgson J. 1996. Making sense of the link between tiller density and pasture production. *New Zealand Grassland Association*. 57:83-87.

Matthew, C. G., Val Loo, E. N., Tom E. R., Dawson, L. A., y Care, D. A. 2001. Understanding shoot and root development. Proc. XIX International Grassland Congress. Sao Paulo, Brasil. pp:19-27.

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., Assuero, S.G., Black, C.K. and Sackville, N. R. 2000. Tiller dynamics of grazed swards. p127-150 *In* Lemaire, G. *et al.* (ed.) Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology, CAB International, Wallingford, UK.

Matthew, C., Quilter, S. J., Korte, C. J., Chu, A. C. P., Macckay, A. D. 1989. 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.

Mcilroy, R. J. 1967. The forage carbohydrates. Herbage Abstracts. 2(37):79-87.

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.

Michael, T. A. and Douglas, A. F. 2003. Defoliation effects on reproductive biomass: Importance of scale and timing. Journal of Range Management. 56:501-516.

Moliterno, E. A. 2002. Variables básicas que definen el comportamiento productivo de mezclas forrajeras en su primer año. *Agrociencia* Vol. VI No.1, Pág. 40-52.

Mott, G. O. 1981. Potential productivity of temperate and tropical grassland systems. Proc. XIV International Grassland Congress. Berkshire, England. 1981, 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.

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 Agriculture*. 18:157-166.

Ortiz, S. C. 1997. Colección de monolitos. Montecillo, Texcoco, Edo. México. México: Depto. Génesis de suelos. Edafología, IRENAT. Colegio de Postgraduados.

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*, Vol. 12 B, pp. 5–33. Springer Verlag, New York.

Pérez, B. M. T., Hernández, G. A., Pérez, P. J., Herrera, H. J. G., Bárcena G. R. 2002. Respuesta productiva y dinámica de rebrote del Ballico perenne a diferentes alturas de corte. *Técnica Pecuaria en México*. 40(3):251-263

Perreta, M. y Vegetti A. 1997. Formas de crecimiento y efectos del corte en gramíneas forrajeras. Revista FAVE (1997) I y II, 68-80.

Peterson, R. A. 1962. Factors affecting resistance to heaving grazing in needle-thread grass. Journal of Range Management. 15: 183-189.

Rattray, 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.

SAGARPA, 2006. Producción Agrícola en México. Centro de Estadística Agropecuaria. Servicio de información y estadística agroalimentaria y pesquera.

<http://www.siap.gob.mx/>

Salisbury, F.B. and ROSS, C.W. Plant physiology. 4.ed. California:Wadsworth Publishing Company, 1992. 682p.

Sanderson, M. A., and Elwinger, G. F. 2002. Plant density and environment effects on Orchardgrass – White clover mixtures. Crop Science. 42:2055-2063.

Sanderson, M. A., Rotz, C. A., Fultz, S. W., Rayburn, E. B. 2001. Estimating forage mass with a commercial capacitance meter, rising plate meter and pasture ruler. Agronomy Journal 93:1281-1286.

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.

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

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, 41-60.

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

Sevilla, G. A., Pasinato, A., García, J. M. 2001. Curvas de crecimiento de forrajeras templadas irrigadas. Archivos Latino americanos de Producción Animal. 9(2):91-98.

Simpson, R. J. and Vulvenor, R. A. 1987. Photosynthesis, carbon partitioning and herbage yield. Temperate Pastures. pp. 113 – 114.

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.

Skinner, R. H. and Nelson, C. J. 1995. Elongation of the grass leaf and its relationship to the phyllochron. *Crop Science* 35:4-10

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.

Tonkinson, C. L., Lyndon, R. F., Arnold, G. M., Lenton, J. R. 1997. The effects of temperature and the Rht3 dwarfing gene on growth, cell expansion, and gibberellins content and responsiveness in the wheat leaf. *Journal of Experimental Botany* 48: 963-970.

Turner, L. R., Donaghy, D. J., Lane, P. A. 2005. The nutritional value of cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) and perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) under leaf-stage based defoliation management. XX international grassland congress: Offered papers. pp. 226.

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. 323 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. 2007. Cambios en componentes del rendimiento de una pradera de Ballico perenne, en respuesta a la frecuencia de corte. Revista Fitotecnia Mexicana. Vol. 30(1): 79-87.

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. Trabon Printing Co. Inc.

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

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

Williams, R F, Evans L T, Ludwig L J.1964. Estimation of leaf area for clover and Lucerne. *Australian Journal of Agricultural Research* 15:231-233.

Wilson, G. C. Y., Zavaleta, M. H. A., López, D. H., Hernández, G. A. 2008. La citoquinina BAP retrasa la senescencia, aumenta antioxidantes, proteína y crecimiento en el pasto Ovillo (*Dactylis glomerata* L.). *Agrociencia* 42:799-806. 2008

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. A. 2004. Dinámica de crecimiento y productividad de la alfalfa (*Medicago sativa* L.)-pasto Ovillo (*Dacylis glomerata* L.) con diferente manejo de defoliación. Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 120 p.

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.