



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD GANADERÍA

RENDIMIENTO DEL PASTO BALLICO PERENNE (*Lolium perenne* L.) Y OVILLO (*Dactylis glomerata* L.) SOLOS Y ASOCIADOS CON TRÉBOL BLANCO (*Trifolium repens* L.)

SERGIO IBAN MENDOZA PEDROZA

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTOR EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO.

2013

La presente tesis titulada: **Rendimiento del pasto ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y ovillo (*Dactylis glomerata* L.) solos y asociados con trébol blanco (*Trifolium repens* L.),** realizada por el alumno: **Sergio Iban Mendoza Pedroza,** 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



DR. ALFONSO HERNÁNDEZ GARAY

ASESOR



DR. EUSEBIO ORTEGA JIMENEZ

ASESOR



DR. J. ALBERTO S. ESCALANTE ESTRADA

ASESOR



DR. JOSÉ LUIS ZARAGOZA RAMÍREZ

ASESOR



DR. GILBERTO ARANDA OSORIO

Montecillo, Texcoco, México, 22 de Noviembre de 2013.

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

Sergio Iban Mendoza Pedroza, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2013.

El objetivo del estudio fue evaluar la respuesta productiva de los pastos ballico perenne y ovilla solos y asociados con trébol blanco en las siguientes proporciones: 100:00:00, 00:100:00, 70:20:10, 00:50:50, 50:00:50, 40:40:20 40:20:40, 20:70:10 y 20:40:40 % de ballico perenne, ovilla y trébol blanco (BP:O:TB), mismas que se distribuyeron aleatoriamente en 27 unidades experimentales bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Se determinó el rendimiento de forraje, composición botánica y morfológica, peso, tasa de aparición, muerte y sobrevivencia de tallos. El mayor rendimiento ($P < 0.05$) lo presentaron las asociaciones 50:00:50 y 40:20:40 de BP:O:TR. El ballico perenne fue la especie que contribuyó más al rendimiento. La mayor tasa de aparición y muerte de tallos de pasto ballico, se presentó en la pradera pura con valores de 0.16 y 0.30 tallos*100 tallos d⁻¹, respectivamente. La asociación 20:70:10 de BP:O:TB mostró el mayor porcentaje de sobrevivencia de tallos con 0.86. Con respecto al pasto ovilla, independientemente de la asociación, las mayores tasas de aparición y muerte de tallos se presentaron en los meses de agosto y septiembre con 0.19 y 0.22 tallos * 100 tallos d⁻¹, respectivamente. Debido a sus mejores atributos productivos las mejores asociaciones fueron 50:00:50 y 40:20:40 de O:BP:TB.

Palabras clave: *Lolium perenne* L., *Dactylis glomerata* L., *Trifolium repens* L., rendimiento de forraje, peso por tallo.

PRODUCTIVE BEHAVIOR OF PERENNIAL RYEGRASS (*Lolium perenne* L.) AND ORCHARD GRASS (*Dactylis glomerata* L.) ALONE AND ASSOCIATED WITH WHITE CLOVER (*Trifolium repens* L.)

Sergio Iban Mendoza Pedroza, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2013.

The aim of the study was to evaluate the productive response of perennial ryegrass and orchard grass swards alone and associated with white clover in the following proportions: 100:00:00, 00:100:00, 70:20:10, 00:50:50, 50:00:50, 40:40:20, 40:20:40, 20:70:10 and 20:40:40 % of perennial ryegrass, orchardgrass and white clover (BP:O:TB). Treatments were distributed randomly into 27 experimental units under a complete block design with three replications. Herbage yield, botanical and morphological composition, weight, tiller appearance, tiller death and tiller survival were recorded. The highest herbage yield ($P < 0.05$) was recorded in the associations 50:00:50 and 40:20:40 of BP:O:TR. Perennial ryegrass was the specie that most contributed to herbage yield. The highest tiller appearance rate and tiller death in perennial ryegrass was observed at the pure sward with values of 0.16 and 0.30 tillers * 100 tillers d⁻¹, respectively. The association with 20:70:10 of BP:O:TB showed the highest survival rate with 0.86 of tillers. Regarding to the orchard grass, regardless of the association, the highest tiller appearance rate and tiller death rate occurred in the months of August and September with 0.19 and 0.22 tillers * 100 tillers d⁻¹, respectively. Because of it's the associations with the best productive attributes were 50:00:50 and 40:20:40 of O:BP:TB.

Keywords: *Lolium perenne* L., *Dactylis glomerata* L., *Trifolium repens* L., herbage yield, tiller weight.

DEDICATORIAS

A mis hijos: Yovana Lorely e Iván Enrique, con todo mi amor y cariño. Han sido y serán siempre mi inspiración para seguir adelante y tratar de ser mejor persona. Los amo.

A mi querida esposa, Sandra Luz, cuyo amor y respaldo como pareja ha permitido mantener unida a nuestra familia, además del desarrollo personal y profesional. Gracias por todo tu apoyo.

A mis padres, Enriqueta y Ascención, por su apoyo incondicional durante toda mi vida, a ustedes mi eterno agradecimiento, cariño, respeto y amor. Gracias por inculcarme valores y respeto.

Con cariño a mis hermanos, Juan Antonio y Francisco, con quienes siempre estaré agradecido por todo su apoyo.

AGRADECIMIENTOS

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

Al Colegio de Postgraduados y en particular al Posgrado de Recursos Genéticos y Productividad-Ganadería por brindarme la oportunidad de superarme profesionalmente al formarme como Doctor en Ciencias.

A la línea prioritaria de investigación 11, Sistemas de Producción Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuícola y Pesquera por el apoyo económico en la realización de esta investigación.

Al Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología (COMECyT) por la beca económica otorgada para la culminación de mi tesis.

A mi consejero particular, Dr. Alfonso Hernández Garay, por su valiosa orientación, apoyo y amistad.

A mis asesores del Consejo Particular: Dr. Eusebio Ortega Jiménez, Dr. J. Alberto Escalante Estrada, Dr. José Luis Zaragoza Ramírez, por sus valiosas enseñanzas, participación y sugerencias para mejorar el presente documento.

A todos mis amigos que en su momento me apoyaron en la fase de campo. Gracias a todos.

CONTENIDO

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA Y AGRONÓMICA DE LAS ESPECIES DE ESTUDIO	3
2.1.1 Ballico perenne (<i>Lolium perenne</i> L.)	3
2.1.2 Ovillo (<i>Dactylis glomerata</i> L.).....	4
2.1.3 Trébol blanco (<i>Trifolium repens</i> L.).....	6
2.2 FACTORES QUE AFECTAN EL CRECIMIENTO Y LA PRODUCCIÓN DE FORRAJES	8
2.2.1 Luz	8
2.2.2 Temperatura	14
2.2.3 Agua	17
2.2.4 Nutrientes.....	18
2.3 FACTORES QUE AFECTAN EL REBROTE	20
2.3.1 Índice de área foliar (IAF) y fotosíntesis	20
2.3.2 Uso y participación de fotoasimilados.....	24
2.3.3 Meristemas de crecimiento.....	26
2.4 ESTACIONALIDAD EN EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE FORRAJE .	28
2.5 ECOLOGÍA DEL CRECIMIENTO	31
2.6 PESO Y POBLACIÓN DE TALLOS.....	33
2.7 ASOCIACIONES DE GRAMÍNEAS Y LEGUMINOSAS FORRAJERAS	36
2.8 CONCLUSIONES DE LA REVISIÓN DE LITERATURA.....	38
2.9 LITERATURA CITADA	39

CAPÍTULO 3. COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE BALLICO PERENNE (<i>Lolium perenne</i> L.) SOLO Y ASOCIADO CON OVILLO (<i>Dactylis glomerata</i> L.) Y TREBOL BLANCO (<i>Trifolium repens</i> L.)	50
3.1 RESUMEN	50
3.2 SUMMARY	51
3.3 INTRODUCCIÓN	52
3.4 MATERIALES Y MÉTODOS	54
3.4.1 Rendimiento de forraje	55
3.4.2 Composición botánica y morfológica	56
3.4.3 Relación hoja:tallo	56
3.4.4 Altura del forraje	57
3.4.5 Densidad de plantas (plantas m ⁻²)	57
3.4.6 Datos climatológicos	57
3.4.7 Análisis estadístico	58
3.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	59
3.5.1 Rendimiento de forraje	59
3.5.2 Composición botánica y morfológica	61
3.5.3 Relación hoja tallo	64
3.5.4 Altura de forraje	67
3.5.5 Densidad de plantas (plantas m ⁻²)	68
3.6 CONCLUSIONES	71
3.7 LITERATURA CITADA	71
CAPÍTULO 4. RENDIMIENTO DEL PASTO OVILLO (<i>Dactylis glomerata</i> L.) SOLO Y ASOCIADO CON BALLICO PERENNE (<i>Lolium perenne</i> L.) Y TRÉBOL BLANCO (<i>Trifolium repens</i> L.)	76

4.1 RESUMEN	76
4.2 SUMMARY.....	77
4.3 INTRODUCCIÓN	78
4.4 MATERIALES Y MÉTODOS.....	80
4.4.1 Rendimiento de forraje.....	81
4.4.2 Composición botánica y morfológica	82
4.4.3 Relación hoja:tallo	82
4.4.4 Altura del forraje	83
4.4.5 Densidad de plantas (plantas m ⁻²)	83
4.4.6 Datos climatológicos.....	83
4.4.7 Análisis estadístico	84
4.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	85
4.5.1 Rendimiento de forraje.....	85
4.5.2 Composición botánica y morfológica	87
4.5.3 Relación hoja:tallo	90
4.5.4 Altura del forraje	92
4.5.5 Densidad de plantas (plantas m ⁻²)	94
4.6 CONCLUSIONES	96
4.7 LITERATURA CITADA	96
 CAPÍTULO 5. DINÁMICA DE AHIJAMIENTO DE BALLICO PERENNE (<i>Lolium perenne</i> L.) SOLO Y ASOCIADO CON OVILLO (<i>Dactylis glomerata</i> L.) Y TRÉBOL BLANCO (<i>Trifolium repens</i> L.).....	101

5.1 RESUMEN	101
5.2 SUMMARY.....	102
5.3 INTRODUCCIÓN	103
5.4 MATERIALES Y MÉTODOS.....	105
5.4.1 Peso por tallo	107
5.4.2 Tasa de aparición, tasa de muerte de tallos y tasa de supervivencia de tallos	107
5.4.3 Datos climatológicos.....	108
5.4.4 Análisis estadístico	109
5.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	110
5.5.1 Peso por tallo	110
5.5.2 Tasa de aparición, muerte y supervivencia de tallos	112
5.6 CONCLUSIONES	119
5.7 LITERATURA CITADA	119

LISTA DE CUADROS

CAPÍTULO 3. COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE BALLICO PERENNE (*Lolium perenne* L.) SOLO Y ASOCIADO CON OVILLO (*Dactylis glomerata* L.) Y TREBOL BLANCO (*Trifolium repens* L.)

Cuadro 1. Rendimiento anual y estacional (kg MS ha⁻¹) de ballico perenne (*Lolium perenne* L.) solo y asociado con ovilla (*Dactylis glomerata* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.).60

Cuadro 2. Cambios estacionales en la relación hoja:tallo de ballico perenne (*Lolium perenne* L.) solo y asociado con pasto ovilla (*Dactylis glomerata* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.).66

Cuadro 3. Cambios estacionales en altura de forraje (cm) de ballico perenne (*Lolium perenne* L.) solo y asociado con ovilla (*Dactylis glomerata* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.).68

Cuadro 4. Cambios estacionales en densidad de plantas (plantas m⁻²) de ballico perenne (*Lolium perenne* L.) solo y asociado con ovilla (*Dactylis glomerata* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.).70

CAPÍTULO 4. RENDIMIENTO DEL PASTO OVILLO (*Dactylis glomerata* L.) SOLO Y ASOCIADO CON BALLICO PERENNE (*Lolium perenne* L.) Y TRÉBOL BLANCO (*Trifolium repens* L.)

Cuadro 1. Rendimiento anual y estacional (kg MS ha⁻¹) de ovilla (*Dactylis glomerata* L.) sólo y asociado con ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.).86

Cuadro 2. Cambios estacionales en la relación hoja:tallo de pasto ovilla (*Dactylis glomerata* L.) sólo y asociado con ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.).91

Cuadro 3. Cambios estacionales en la altura de forraje por estación (cm) de pasto ovilla (*Dactylis glomerata* L.) solo y asociado con ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.).....93

Cuadro 4. Cambios estacionales en la densidad de plantas (plantas m⁻²) de pasto ovilla (*Dactylis glomerata* L.) sólo y asociado con ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.).....95

CAPÍTULO 5. DINÁMICA DE AHIJAMIENTO DE BALLICO PERENNE (*Lolium perenne* L.) SOLO Y ASOCIADO CON OVILLO (*Dactylis glomerata* L.) Y TRÉBOL BLANCO (*Trifolium repens* L.)

Cuadro 1. Cambios estacionales en el peso por tallo (g tallo⁻¹) de ballico perenne (*Lolium perenne* L.), solo y asociado con pasto ovilla (*Dactylis glomerata* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.)111

Cuadro 2. Cambios estacionales en el peso de tallos (g tallo⁻¹) de pasto ovilla (*Dactylis glomerata* L.) en asociación con ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.).....112

Cuadro 3. Cambios mensuales en la tasa de aparición (Tallos * 100 tallos d⁻¹) de tallos de ballico perenne (*Lolium perenne* L.) solo y asociado con ovilla (*Dactylis glomerata* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.).....114

Cuadro 4. Cambios mensuales en la tasa de mortalidad (Tallos * 100 tallos d⁻¹) de tallos de ballico perenne (*Lolium perenne* L.) solo y asociado con ovilla (*Dactylis glomerata* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.).....115

Cuadro 5. Cambios mensuales en la tasa de sobrevivencia de tallos de ballico perenne (*Lolium perenne* L.) solo y asociado con ovilla (*Dactylis glomerata* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.).....115

Cuadro 6. Cambios mensuales en la tasa de aparición (Tallos * 100 tallos d⁻¹) de tallos de pasto ovilla (*Dactylis glomerata* L.) en asociación con ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.).....117

Cuadro 7. Cambios mensuales en la tasa de muerte (Tallos * 100 tallos d⁻¹) de tallos de pasto ovilla (*Dactylis glomerata* L.) en asociación con ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.).....117

Cuadro 8. Cambios mensuales en la tasa de sobrevivencia (%) de tallos de ovilla (*Dactylis glomerata* L.) en asociación con ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.).....118

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 3. COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE BALLICO PERENNE (*Lolium perenne* L.) SOLO Y ASOCIADO CON OVILLO (*Dactylis glomerata* L.) Y TRÉBOL BLANCO (*Trifolium repens* L.)

Figura 1. Temperaturas media mensual máxima y mínima y precipitación acumulada durante el periodo de estudio (2010 y 2011).58

Figura 2. Cambios estacionales en la composición botánica y morfológica del pasto ballico perenne (*Lolium perenne* L.) solo y asociado con ovillo (*Dactylis glomerata* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.).63

CAPÍTULO 4. RENDIMIENTO DEL PASTO OVILLO (*Dactylis glomerata* L.) SOLO Y ASOCIADO CON BALLICO PERENNE (*Lolium perenne* L.) Y TRÉBOL BLANCO (*Trifolium repens* L.)

Figura 1. Temperaturas media mensual máxima y mínima y precipitación acumulada durante el periodo de estudio (2010 y 2011).84

Figura 2. Cambios estacionales en la composición botánica y morfológica del pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) solo y asociado con ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.).....89

CAPÍTULO 5. DINÁMICA DE HAIJAMIENTO DEL PASTO BALLICO PERENNE (*Lolium perenne* L.) SOLO Y ASOCIADO CON PASTO OVILLO (*Dactylis glomerata* L.) Y TRÉBOL BLANCO (*Trifolium repens* L.)

Figura 1. Temperaturas media mensual máxima y mínima y precipitación acumulada durante el periodo de estudio (2010 y 2011).109

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

En México, la ganadería es una de las principales actividades económicas, debido a que más del 50 % de la superficie nacional se dedica a esta actividad. El pastoreo se realiza en todos los estados de la República Mexicana y utiliza cerca del 62.5 % de los 2 000 000 de km² de tierra que existen en el país (CONAGRO, 2006). Los forrajes constituyen una parte importante en la dieta de los rumiantes en las unidades ganaderas, y son la fuente más barata para la producción animal (Pérez *et al.*, 2002). En la zona central del país existen sistemas de producción animal que tienen como componente importante el uso de praderas puras y asociadas. Al respecto, INEGI (2013) menciona que en México la superficie total sembrada fue de 112 349 110 ha, con una superficie establecida de pastos de 30 650 105 ha, y un rendimiento de pastos cultivados de 18.7 t MS ha⁻¹ (SAGARPA, 2013).

Las nuevas exigencias que enfrenta la producción agropecuaria en México y en el mundo, apuntan no sólo al aumento de la producción agropecuaria competitivamente, sino que debe hacerse de manera sostenible. La sostenibilidad no debe entenderse únicamente en el contexto ecológico, sino en el económico y social. Ecológico en cuanto a desarrollar las actividades agropecuarias en armonía con el ambiente cada día más frágil, procurando acrecentar y mejorar la base de los recursos naturales y productivos donde se sustenta la sociedad misma; económico en tanto que los productores puedan producir de forma rentable para generar ingresos y obtener beneficios para retribuir el trabajo y los costos involucrados; y, social en cuanto a satisfacer las necesidades básicas de la comunidad y contribuir al desarrollo de sus integrantes en igualdad de oportunidades, todo orientado a elevar

los niveles de bienestar de los habitantes de una comunidad en particular, a fin de que su medio sea una opción de vida viable y satisfactoria (Arriaga *et al.*, 1999).

En base a ello el uso de asociaciones de gramíneas y leguminosas permite tener mayor valor nutritivo y rendimiento de materia seca, actividad que permite disminuir los costos de producción en comparación con la utilización de dietas balanceadas y así con ello, asegurar una alta producción; y desde el punto de vista ecológico, las leguminosas mejoran la fertilidad del suelo al fijar nitrógeno atmosférico, reduciendo con ello el uso de fertilizantes químicos, así como una mejor intercepción de luz y distribución estacional de la producción de biomasa (Camacho y García, 2003; Gonzales *et al.*, 2004).

En el presente trabajo en el apartado de resultados, se presenta el arreglo de variables e indicadores, que intervienen en el rendimiento de forraje en cada una de las especies evaluadas (Ballico perenne (*Lolium perenne* L.), pasto ovilla (*Dactylis glomerata* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.), por lo que el objetivo del estudio fue determinar la mejor asociación de dos gramíneas y una leguminosa, sembradas en diferentes proporciones, para diferentes atributos: rendimiento de materia seca, composición botánica y morfológica, relación hoja:tallo, altura de planta, peso por tallo, tasa de aparición, muerte, sobrevivencia y densidad de tallos.

CAPÍTULO 2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA Y AGRONÓMICA DE LAS ESPECIES DE ESTUDIO

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 (COTECOCA, 1987; Muslera y Ratera, 1991). Presenta culmos erectos y lisos de 30 a 60 cm de alto, ramificados en la base; vainas lisas más cortas que los entrenudos y frecuentemente con aurículas decurrentes; lígula de 0.5 a 1 mm de largo; láminas lisas y brillantes, planas o conduplicadas, casi siempre de 5 a 15 cm de largo por menos de 4 mm de ancho, las basales más largas, obtusas en el ápice y escabrosas en los márgenes. Su inflorescencia es una espiga erecta o casi erecta, casi siempre de 10 a 20 cm de largo con eje de aproximadamente 1 mm de ancho, glabro excepto en los bordes que son escabrosos y en ocasiones es todo ligeramente escabroso; espiguillas adpresas por lo general de 8 a 13 cm de largo, la mayoría de 6 a 10 flosculadas; raquilla de 0.5 mm de ancho y escabrosa en los márgenes; segunda gluma más corta que la espiguilla, obtusa y escariosa en el ápice, lemmas de 5 a 6 mm de largo, herbáceas, obtusas, a veces agudas o con aristas cortas, glabras exceptuando los márgenes escabriúsculos, con 5 a 7 nervios evidentes hacia el ápice, márgenes y ápice escariosos; pálea de color verde, ligeramente más corta que la lemma, obtusa o aguda con el ápice más o menos bífido, cariósipide de aproximadamente 4 mm de largo y 1.4 mm de ancho (Duthil, 1989; Aizpuru *et al.*, 1999).

La temperatura ambiental, afecta y estimula el crecimiento del ballico perenne, donde el rango de temperatura óptima para su crecimiento entre 18 y 25 °C, adaptándose bien a climas fríos y húmedos. Tolera el frío, pero es sensible al calor y a la sequía. Su crecimiento se estabiliza a partir de 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). Esta gramínea presenta buenos niveles de producción en suelos fértiles y con buen drenaje y tiene un amplio rango de adaptación a diferentes tipos de suelo. Responde bien a la fertilización nitrogenada; en terrenos ricos en nitrógeno se desarrolla profusamente, llegando a ser la especie dominante. Soporta la compactación pero no tolera los encharcamientos. Es exigente en fertilidad, adaptándose a suelos tanto francos, como franco-arcillosos y de pH cercano a la neutralidad. Tolera los suelos ácidos y alcalinos (pH de 5.1 a 8.4), pero su mejor crecimiento es a pH de 5.5 a 7.5. Es totalmente intolerante a salinidad, alcalinidad, sequías e inundaciones (Muslera y Ratera, 1991; Devesh, 2005).

2.1.2 Ovillo (*Dactylis glomerata* L.)

El pasto ovillo es nativo del oeste y del centro de Europa. Es una planta perenne con culmos erectos, densamente aglomerados, glabros, delgados, de 50 a 100 cm de alto; vainas glabras o casi glabras, con frecuencia aquilladas y lateralmente comprimidas; lígula membranácea de 2 a 5 mm de largo; láminas alargadas, planas o involutas de 2 a 8 mm de ancho, glabras, escabrosas o diminutamente hirsutas en la superficie adaxial. Presenta panículas exertas de 3 a 20 cm de largo, con o sin ramas inferiores alargadas, en el ápice del eje principal y hacia el ápice de las ramas

se originan racimos de espiguillas, ramas inferiores con frecuencia de 6 a 10 cm o más de largo, sin espiguillas hacia la base; espiguillas 2 a 5 flosculadas desarticulándose sobre las glumas y entre los flósculos; glumas de desiguales a casi iguales, aquilladas de 1 a 3 nervadas, glabras o híspidas en la nervadura media, agudas, acuminadas o con una arista corta en el ápice; lemma frecuentemente aquillada, 5 nervada, de 4 a 8 mm de largo, acuminada con una arista corta, escabrosa y ciliada en las nervaduras; pálea ligeramente más corta que la lemma (COTECOCA, 1987; Muslera y Ratera, 1991).

El pasto ovillo 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. Una característica agronómica del pasto ovillo es su fácil germinación pero lento establecimiento en las praderas, donde la dosis de semillas para la siembra oscila entre 15 y 20 kg ha⁻¹. Como consecuencia de su escasa agresividad inicial, 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 (Juscafresca, 1983; Duthil, 1989).

El pasto ovillo es la especie más comúnmente utilizada para la asociación con la alfalfa. Sin embargo, la mayoría de las variedades comunes de pasto ovillo maduran temprano y son propensas a enfermedades, como la oxidación, que reduce la apetencia del forraje (Walton, 1983). Las variedades mejoradas, que son recomendadas para la asociación con alfalfa, deben ser de madurez tardía y poseer

mejor apetencia y digestibilidad. Variedades tardías también presentan mejor relación hoja: tallo (Aizpuru *et al.*, 1999; Muslera y Ratera, 1991). Es una especie productiva (9 t MS ha⁻¹ en climas templados), crecimiento rápido en primavera y verano. Su producción supera a la de ballico perenne en zonas con sequías prolongadas. Tiene un buen valor nutritivo, aunque su digestibilidad disminuye rápidamente en la etapa de floración. El forraje es rico en sodio, pobre en azúcares solubles y con un alto contenido proteico. En general, el pasto ovillo es menos digestible y apetecible que el ballico perenne y tiende a espigar antes que éste. 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 la especie forrajera más comúnmente cultivado, es considerado un pasto apetente como forraje y muy persistente. 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 de esta especie es su establecimiento lento, sin embargo una vez establecido, es una planta muy persistente y productiva.

2.1.3 Trébol blanco (*Trifolium repens* L.)

El trébol blanco es nativo de Europa. Probablemente es originario de los países del este del Mediterráneo o del oeste de Asia Menor. Se tienen registros de producción en Inglaterra desde 1707. Indudablemente fue introducido en los Estados Unidos por los primeros conquistadores, que trajeron consigo las semillas de esta especie. El trébol blanco es una de las especies de leguminosas más extendidas en el mundo.

Crece tanto por encima del límite de los bosques, en las regiones montañosas, como en el sur de Florida. Los factores que favorecen la diseminación de las semillas son: su pequeño tamaño, la adherencia de la cáscara a las semillas al llegar a la maduración, la dureza del tegumento de las semillas que prolongan su vida, el largo periodo de floración y de producción de semilla (L'Huiller, 1987; Rattray, 2005).

En general, el trébol blanco se adapta mejor a suelos arcillosos y limosos, también crece satisfactoriamente en suelos arenosos, en que el manto freático está alto, cuando se aplican fertilizantes minerales y cal. Botánicamente, el trébol blanco es una planta perenne, con formas muy diferentes, que tiene un hábito de crecimiento rastrero. Las plántulas producen hojas en una especie de roseta y una corona pequeña, de la que nacen tallos estoloníferos. Como resultado de este hábito de crecimiento, se puede formar en poco tiempo, una vegetación muy densa, a partir de una población rala de plántulas. Las hojas producidas están formadas generalmente por tres folíolos. Su forma y tamaño son muy variables. Pueden ser elípticas anchas u ovals, o casi acorazonadas y tener la punta afilada. Pueden presentar o no, una mancha clara en forma de media luna, en el haz del limbo. Las cabezuelas florales, tienen un pedúnculo relativamente largo, que nace en las axilas de las hojas, en los nudos del tallo. Las cabezuelas están formadas por 40 a 100 flores individuales. Normalmente, son de color blanco, pero pueden tener un color rosado. La vaina procedente de cada flor individual, puede contener una a siete semillas. Las flores son, en general, autoestériles y para que se forme semilla tiene que llevarse a cabo la fecundación cruzada. Después de la floración, las flores individuales se van marchitando a medida que maduran las semillas. Las semillas maduran en 23 a 28 días. Las semillas del trébol blanco son muy pequeñas aproximadamente tienen de

1 540 000 por kilogramo, son de forma redonda y de color amarillo brillante, que se vuelve parduzco con la intemperie y la edad. Las semillas tienen en general, un tegumento duro (Muslera y Ratera, 1991; Rzedowski, 2001; Dorado *et al.*, 2005).

El trébol blanco es una de las leguminosas más nutritivas y apetecidas por los animales. Esto es explicable, pues las únicas partes de la planta consumidas por los animales en pastoreo son las hojas. El valor nutritivo, expresado por la composición, difiere notablemente con las distintas fases de maduración, con las diferentes prácticas de manejo y con las diversas localidades, que puede tener valores de proteína de 19 a 30 % en estado reproductivo y vegetativo, respectivamente (Juscafresca, 1983; Duthil, 1989).

2.2 FACTORES QUE AFECTAN EL CRECIMIENTO Y LA PRODUCCIÓN DE FORRAJES

2.2.1 Luz

La capacidad para absorber, atrapar y utilizar el contenido energético de la luz es un primer requisito para la fotosíntesis. Los procesos de absorción de luz y de conversión de energía se llevan a cabo en complejos de proteínas y pigmentos específicos embebidos en el medio hidrofóbico de las membranas fotosintéticas. En las células procariontes las membranas “cromatóforas” fotosintéticas se asocian con pliegues muy complejos de la membrana celular. En los organismos eucariontes las membranas fotosintéticas se localizan en organelos especializados del tipo de los plástidos, conocidos como cloroplastos debido a que su sistema de membranas internas está altamente enriquecido con el pigmento fotosintético clorofila. En el cloroplasto, la membrana fotosintética es una estructura sumamente organizada de

naturaleza más bien fluida que, por lo general, se pliega en regiones apretadas, las que reciben el nombre de tilacoides y que están conectadas por medio de laminillas del estroma. La absorción de luz se facilita por la presencia de pigmentos fotosensibles. La presencia de por lo menos un tipo de molécula de clorofila parece ser universal en virtualmente todos los organismos fotosintéticos (Rojas, 1993; Lemaire, 2001).

De acuerdo con Strasburguer *et al.* (2004) la estructura de una hoja permite una absorción de luz óptima. Las células de la epidermis, con su sección transversal en forma de lente, focalizan la luz sobre las células del parénquima de empalizada de debajo, que aporta el 80 % de la fotosíntesis. Los fotones no son absorbidos se derraman sobre la superficie límite del parénquima esponjoso, que no muestra dirección privilegiada alguna. De este modo se prolonga el recorrido de la luz a través de la hoja y aumenta la probabilidad de absorción. La intensidad de radiación que incide sobre una hoja puede estar sujeta a oscilaciones de corto plazo (por ejemplo, debido a una sombra en un cielo nublado). Los cloroplastos de algunas plantas tropiezan con este tipo de oscilaciones de la intensidad al cambiar su posición en relación a la luz incidente. En la llamada posición de luz débil, los orgánulos con gorma lenticular vuelven su cara ancha hacia la luz y en posición de luz intensa, vuelven su cara delgada. En la reorientación de los orgánulos interviene el citoesqueleto, probablemente actina, en una reacción dependiente del calcio. Gracias a este cambio de sección transversal de captura, la absorción de luz de las antenas se estabiliza dentro de ciertos límites a pesar de las intensidades variables de entrada (Foyer, 1987).

Las hojas o tallos de algunas plantas siguen la trayectoria del sol de tal manera que los limbos foliares se mantienen perpendiculares a la dirección de incidencia de radiación. Este fototropismo positivo asegura que la hoja se ilumine con intensidad máxima y minimiza las pérdidas por reflexión. En condiciones naturales, el contenido en clorofila no representa un factor limitante para la intensidad fotosintética ya que en intensidades de luz bajas incluso las hojas con cantidades reducidas de clorofila absorben todavía tantos fotones que el aparato fotosintético está saturado. Sin embargo, el contenido elevado de clorofila de las hojas puede ser importante cuando es posible absorber de forma más completa las pocas partes del espectro utilizables fotosintéticamente de aquella luz que ya ha pasado por otra hojas. Por eso las hojas de sombra, por regla general, muestran mayores concentraciones de clorofila por superficie foliar que las hojas de sol. También muestran una grana particularmente grande, en la cual se pueden amontonar unos sobre otros hasta 100 tilacoides. Las plantas de sombra presentan más moléculas de pigmento por cadena de transporte de electrones (unidad fotosintética), y por lo tanto, antenas mayores y muestran una relación de clorofila a:b rebajada (o sea, relativamente más clorofila b para aprovechar mejor el hueco del verde) y una mayor participación en el fotosistema II respecto al fotosistema I. De este modo debe impedirse la excitación del fotosistema I (que absorbe longitudes de ondas más largas que el fotosistema II, intensificada a la sombra por la sección rojo oscuro. A menudo las hojas de sombra son más delgadas que las del sol, con lo que se reduce el sombreado de los cloroplastos. En la regulación del desarrollo de hojas de sol o de sombra respectivamente se requiere un sistema fotorreceptor sensible al rojo (Bidwel, 1979; Carneiro *et al.*, 2008).

Con intensidad de radiación pequeña, la intensidad de la fotosíntesis es proporcional al flujo de fotones, sino existen otros factores que actúen como limitantes. Cuando la intensidad lumínica es elevada, este último es el caso más frecuente. Por ello, las curvas que relacionan la intensidad de la fotosíntesis neta aparente con la luz se va aplanando hasta que, finalmente la intensidad de la fotosíntesis no puede subir como respuesta a un aumento de la luz (saturación lumínica). Por regla general, en esta situación es el segundo aprovisionamiento de CO₂ en que se ha hecho limitante. La zona de saturación lumínica de las plantas adaptadas a lugares soleados se sitúa en los 500 – 1500 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, y la de las plantas de sombra, en los 100 – 500 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Debido al aprovisionamiento de CO₂ del ciclo de Calvin, mucho más efectivo en las plantas C₄, éstas no llegan a la saturación lumínica ni con las mayores intensidades de luz que encontramos en la naturaleza, a diferencia de las plantas C₃. Las plantas C₄, por regla general, están limitadas por la luz en todo el campo de la fotosíntesis, siempre y cuando una fuerte falta de agua no conlleve a una limitación del CO₂ por el hecho de que cierren los estomas (Richter, 1984; Strasburguer *et al.*, 2004).

A intensidades de radiación aún mayores, el aparato fotosintético puede sufrir daños, de modo que la intensidad de la fotosíntesis vuelve a bajar. En condiciones naturales, esto puede suceder cuando las plantas adaptadas a la sombra se exponen súbitamente a plena luz del sol, sobre todo a baja temperatura, cuando las reacciones enzimáticas de fijación del CO₂ transcurren lentamente (mecanismos de protección ante los daños ocasionados por la luz en la fotosíntesis) (Rojas, 1993).

Aquella intensidad de la luz en la que el consumo de CO₂ (o la producción de O₂, respectivamente) compensa exactamente la producción de CO₂ causada por la respiración mitocondrial se llama punto de compensación lumínica de la fotosíntesis; en él la fotosíntesis neta es nula. En las hojas de sol (o las de sombra, respectivamente), el punto de compensación lumínica se encuentra aproximadamente en los 10 – 50 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, y en las hojas de sombra, alrededor de 1 – 10 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Por ello, las plantas de sol dejan de desarrollarse cuando están bajo un techo denso de hojas, mientras que las plantas de sombra todavía muestran un balance de carbono positivo incluso con vegetación densa (Foyer, 1987; Strasburguer *et al.*, 2004).

La luz es la fuente energética para la fotosíntesis, la calidad y periodicidad influyen en el desarrollo de las plantas, porque estimulan o limitan la germinación, la floración de la planta y otros fenómenos. La percepción del estímulo luminoso, se realiza mediante un fotoreceptor adecuado, como la clorofila, el caroteno o el fitocromo, que son sensibles a diferentes longitudes de onda. Las principales respuestas fotomorfogénicas de las plantas, están mediadas por pigmentos fotosensibles: fitocromo (sensible en la absorción del rojo (R) y el rojo lejano (RL) del espectro lumínico, criocromo (sensible a la porción azul) y UVcromo (sensible a los rayos ultra violeta) (Foyer, 1987; Lemaire, 2001).

En términos generales, una baja cantidad de luz y una baja relación R:RL, provocan tres respuestas principales en las plantas: aumento de asignación de recursos a la parte aérea, alargamiento de los órganos ya existentes, reducción del macollo y, eventualmente, una reducción en la aparición de hojas (Dias y De Carvalho, 2000).

Cuando la concentración de CO₂, la disponibilidad de agua y la temperatura no son limitantes, la tasa fotosintética es directamente proporcional, dentro de ciertos límites, a la radiación absorbida por la hoja, o sea, aquella de longitud de onda entre 400 y 700 nm (Lascano y Spain, 1988).

La luz es esencial para la planta desde dos puntos de vista: a) para que la planta sintetice clorofila, b) porque es la energía primaria que la clorofila transformará en energía química. Desde el primer punto de vista, la planta exige una cantidad mínima de luz para que la protoclorofilida pase a clorofilida y luego a clorofila, de modo que la falta de luz ocasiona clorosis; conforme se aumenta la intensidad lumínica se incrementa la síntesis de clorofila, hasta un punto, pasado el cual un aumento en la intensidad lumínica ocasiona una rápida destrucción de clorofila, hasta llegar a clorosis. Desde el punto de vista de la luz, como fuente de energía del metabolismo, es muy interesante y de repercusiones prácticas que la planta se comporta como un sistema autorregulable, y la eficiencia de conversión de energía lumínica en energía química es mucho mayor cuando recibe intensidades de luz muy bajas. En cambio, cuando recibe intensidades cercanas al óptimo, su eficiencia baja mucho. La variación es del orden del 50 % de la energía absorbida cuando recibe luz muy débil, y del 5 % cuando la intensidad es óptima. Por lo general, de los factores de la fotosíntesis, la propia cantidad de clorofila no es limitante y se ha visto en otros cultivos que a una planta se le puede quitar hasta un 25 % de sus hojas sin afectar el rendimiento. Sin embargo, otros factores como los edáficos en ocasiones pueden determinar deficiencias serias de minerales esenciales en la fotosíntesis como Fe, Mn y Mg, afectando y limitando seriamente la cantidad de clorofila (Carneiro *et al.*, 2008).

2.2.2 Temperatura

La temperatura es un factor abiótico importante que determina la distribución, adaptabilidad y productividad de las plantas. Los procesos metabólicos son controlados por enzimas que también son catalizadas por las temperaturas, indicando que estas tasas de crecimiento y acumulación de materia seca y otros diversos procesos asociados varían con la temperatura. Esto explica la adaptabilidad de las plantas a altas temperaturas. Las plantas crecen en función de su temperatura interna derivada de la temperatura externa del aire que las rodea; así una planta en la pradera está rodeada de aire caliente, eleva su temperatura interna y muchos procesos fisiológicos y enzimáticos, entre otros, se aceleran hasta cierto nivel (umbral), si se sobrepasa este valor (temperatura extrema), la planta puede morir por exceso de calor, si el aire se enfría sufre un enfriamiento interno y la planta tiende a disminuir su crecimiento (Richter, 1984; Carneiro *et al.*, 2008).

Entre los factores climáticos que determinan la expansión de las plantas sobre la tierra son decisivas la disponibilidad de agua y la resistencia frente a las bajas temperaturas. La helada es el primer filtro ambiental a través del cual tiene que pasar una especie vegetal antes de que pueda establecerse fuera de zonas libres de heladas. Todas las plantas que han pasado esta selección son resistentes, o sea, que en general ya no ven amenazada su existencia. Las plantas cuyos tallos no son lo suficientemente resistentes pueden sobrevivir durante este período crítico en forma de semilla (anuales) o con órganos perdurantes subterráneos (Strasburguer *et al.*, 2004). Estas desviaciones reciben el nombre de estrategias de huida o escape para superar la helada. Ser resistente a la helada significa evitar que se formen en el citoplasma los cristales de hielo, siempre mortíferos. Para comprender la resistencia

a la helada basta recordar que el agua se encuentra en dos compartimentos dentro de los tejidos vegetales: fuera de la membrana de los protoplastos, en los apoplastos, o sea, en el xilema, y sobre todo en la paredes celulares y en todos los espacios intercelulares (con muy pocas sustancias disueltas) y dentro de los simplastos (con un potencial osmótico en estado turgente entre aproximadamente -1.5 y -2.5 Mpa) (Foyer, 1987). La resistencia de las plantas a la helada lo hace al evitar la congelación o superenfriamiento, es decir, la interrupción continúa de la formación de hielo con temperaturas negativas. En las hojas de muchas plantas llega a -5 °C y, en algunas plantas de alta montaña, hasta -12 °C aproximadamente y, en el parénquima xilamático de algunas plantas leñosas de zonas templadas, puede llegar aproximadamente a -40 °C. Es de importancia decisiva retrasar la congelación que no haya núcleos de cristalización y que el agua pase a un estado metaestable. Si se sobrepasan las temperaturas, el tejido se congela bruscamente, lo cual es letal para las células. Esto debido a que en los tejidos empieza la formación de hielo en los lugares donde el agua tiene la presión osmótica más baja, o sea, en los apoplastos. Además, los espacios intercelulares se llenan de hielo (sin dañar al tejido) y el agua sucesiva va a parar al simplasto. Este proceso supone una gran permeabilidad al agua, es decir, la fluidez del plasmalema intacto a temperaturas muy bajas, un carácter genotípico que muestra, sin embargo, una fuerte aclimatación (endurecimiento ante la helada; propiedades de los lípidos de membrana). En el grado de drenaje celular y la tolerancia al drenaje por parte del protoplasto desempeñan un papel importante los osmóticos y, sobre todo, las sustancias protectoras que estabilizan la membrana (hidratos de carbono disueltos y las proteínas, requisitos comunes para resistir las heladas y la sequía (Rojas, 1993; Strasburguer *et al.*, 2004).

Es especialmente importante tanto práctica como ecológicamente que el endurecimiento de la planta a la helada está en función de factores externos e internos. Los cinco tipos de influencias determinan hasta qué punto las plantas soportan de hecho la helada con un potencial de resistencia dado:

- El estado de aclimatación (época del año, prehistoria térmica, etc.),
- La fase de desarrollo de la planta (un tejido activo, en crecimiento, hecho o un tejido joven resiste menos que un tejido maduro, poco activo, viejo),
- El órgano afectado (las raíces soportan mucho menos las bajas temperaturas que las hojas; según el estado de desarrollo y la especie, el cambium puede resistir menos o más que el parénquima leñoso, etc.),
- El aporte de agua (las plantas que se mantienen continuamente húmedas resisten menos que las que experimentan la sequía),
- El aporte de nutrientes (las plantas con aporte óptimo de nutrientes resisten más que las abonadas en exceso o que las que presentan carencias de sustancias minerales) (Bidwel, 1979; Strasburguer *et al.*, 2004).

La temperatura límite para los daños provocados en el pecíolo foliar en las zonas templadas durante el período vegetativo está entre los -2 y -8 °C, siendo las plantas herbáceas más delicadas que las gramíneas y las especies C₃. Las situaciones de mayor peligro son finales de primavera después de que todo haya brotado y, en general, las oscilaciones extremas de temperatura. La tolerancia máxima invernal (con un endurecimiento total) de los órganos aéreos de las especies de las zonas templadas está entre los -25 y -40 °C y la de las plantas leñosas mediterráneas adultas suele estar entre los -10 y -14 °C (para las plantas en macetas -2 °C puede ser ya crítico). La nieve y el que las yemas perdurantes se hallen bajo tierra protegen

a las especies sensibles. Algunas plantas tropicales resultan dañadas de forma permanente a temperaturas que van de 0 a +7 °C, en este caso se habla de daños por enfriamiento (Rojas, 1993; Carneiro *et al.*, 2008).

2.2.3 Agua

Con respecto a la disponibilidad de agua, ésta puede ser una limitante, para producir e incrementar volúmenes estables de forrajes nutritivos (Jensen *et al.*, 2003); así mismo, mencionan que un entendimiento de cómo los niveles 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), son críticas en el manejo de las plantas forrajeras.

Jensen *et al.* (2003), evaluaron cultivares de pasto ovido 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 ovido maduro, se tienen pocos efectos en las características nutricionales del forraje por la cantidad de humedad recibida, mientras que las variedades tetraploides de ballico perenne promedian altas concentraciones de PC, DTIV y bajos valores de FDN comparados con las variedades diploides. En general, si el estrés hídrico aumenta, el valor nutricional del forraje (PC y DFDN) también.

Las plantas responden al déficit hídrico con cambios morfológicos y fisiológicos que les permiten disminuir la pérdida de agua y mejorar el 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). Ésto 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; Turner *et al.*, 2005). Por lo expuesto, la vida media foliar tiende a ser más corta y las pasturas menos densas en las condiciones antes 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. Así mismo, en muchas praderas templadas, 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 perenne.

2.2.4 Nutrientes

Pearson y Ison (1987) y Horrocks y Vallentine (1999) mencionan que la capacidad que posee una pradera para producir materia seca (MS), depende de la disponibilidad de nutrientes, agua y del grado de intercepción de la radiación solar por las hojas. Los elementos nutritivos de las plantas, a excepción de los que contienen el agua y el CO₂, se distribuyen en dos grupos: las llamadas sustancias

minerales, o sea, elementos que en principio proceden del material inicial, inorgánico, del suelo (o del polvo volátil), y el nitrógeno, que procede primariamente de la atmósfera, pero que, a través del ciclo de los nutrientes, acaba encontrándose en el suelo como verdaderas sustancias minerales. En caso de carencia, cada uno de estos elementos puede limitar el crecimiento. Sin embargo, suelen ser el nitrógeno y el fósforo, cuya disponibilidad en la naturaleza es crítica. En general, los fijadores de nitrógeno necesitan notables cantidades de fosfato, por lo que la economía del nitrógeno y el fósforo están acopladas a ese nivel. La economía del nitrógeno ocupa un lugar especial en la economía de las sustancias minerales. Las plantas contienen aproximadamente 10 veces más nitrógeno que el fósforo. La cantidad de nitrógeno en los tejidos es proporcional a la cantidad de proteínas. Por ejemplo, en el endosperma de los granos de los cereales, la concentración de proteínas es de aproximadamente 13 % (ó sea aproximadamente 2 % de nitrógeno) (Perreta *et al.*, 1997; Moliterno, 2002).

A excepción de los suelos la mayor parte del nitrógeno utilizado en el crecimiento anual de la plantas procede del reciclaje, es decir, de la descomposición por parte de los microbios de la sustancia vegetal muerta. Además, las formas reducidas de nitrógeno se oxidan progresivamente en los suelos moderadamente ácidos a neutros y bien aireados y vuelven a estar disponibles en forma de nitrato o también, en cantidades muy pequeñas en forma de gas, N_2O o como N_2 , desprendido del sistema. En suelos muy ácidos y húmedos, el nitrógeno disuelto se presenta mayoritariamente en forma de amoníaco. En la actualidad se sabe que las plantas también absorben compuestos de nitrógeno orgánico libre (Strasburguer *et al.*, 2004). Las fuentes atmosféricas de los compuestos disueltos de nitrógeno son los

procesos de oxidación en la atmósfera (rayos, incendios) y, últimamente, los compuestos procedentes de procesos de combustión. También el amoníaco de las materias fecales se convirtió en una fuente atmosférica importante. Una tercera fuente está representada por las cianobacterias de vida libre y la cuarta, un sistema simbiótico (Horrocks y Vallentine, 1999).

Muchas plantas longevas crecen poco a poco y consiguen la mayor parte de los nutrientes minerales y del nitrógeno de reservas o depósitos situados en sus propios tejidos. En estos casos, la inversión en nutrientes y su absorción están muy distantes. Las pérdidas más importantes de nitrógeno en el ecosistema son la biomasa y el humus del suelo. La importancia del humus como depósito de nitrógeno crece en dirección a los polos y sólo alcanza el mínimo en los bosques tropicales húmedos debido a la escasa cantidad de humus por metro cuadrado. Cuando el nitrógeno va a parar a la fracción del humus, queda retirado del ciclo durante mucho tiempo. La humificación, o sea, la fijación de carbono en el suelo en forma de complejos de ácido húmico y péptidos, entra en competencia con la demanda de nitrógeno por parte de las plantas. Estas reservas pueden activarse por una perturbación mecánica del suelo o por calcificación (Durand *et al.*, 1999, Carneiro *et al.*, 2008).

2.3 FACTORES QUE AFECTAN EL REBROTE

2.3.1 Índice de área foliar (IAF) y fotosíntesis

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 luz que puede 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).

De acuerdo con Lemaire (2001) una defoliación ligera ocasiona poca reducción en la tasa de asimilación de carbono (C) y puede tener efectos positivos si, al remover hojas de plantas vecinas, se elimina el sombreado entre plantas; en cambio, después de una defoliación severa, el abastecimiento de carbono 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. La defoliación severa provoca fuerte disminución de carbono en las raíces y reducción temporal en la absorción de nitrógeno. Esto es que al aumentar el área foliar específica, permite elevar la eficiencia de expansión y exposición de área foliar; finalmente, resalta que la capacidad de almacenamiento de reservas de nitrógeno y carbono, representan una importante adaptación fisiológica de las plantas a la defoliación, los cuales son rápidamente movilizados y usados para nueva expansión de lámina foliar.

El área foliar remanente es importante en el rebrote, para realizar la fotosíntesis después de la defoliación y poder promover la formación de nueva biomasa (Briske, 1991). La tasa fotosintética del follaje en plantas defoliadas es, generalmente, más alta que en aquellas no defoliadas, lo cual refleja un rejuvenecimiento de las hojas o

una declinación en la capacidad fotosintética de las hojas viejas y senescentes. Hay que considerar que la fotosíntesis compensatoria puede resultar solo de cambios en el ambiente lumínico o por cambios en factores endógenos, que son afectados por la defoliación o por la combinación de ambos. Así, el crecimiento de una planta es abastecido por 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). De acuerdo con Villegas (2002) la acumulación de materia seca está relacionada directamente con el IAF, es decir, que conforme aumenta el IAF se presenta mayor intercepción de luz y, por tanto, mayor rendimiento.

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). Varios tipos de azúcares (almidón y fructosas) y otros hidratos de carbono, son almacenados en las raíces y base de los tallos. Estos glúcidos se almacenan cuando la fotosíntesis sobrepasa a la respiración, que ocurre cuando existe una alta captación de energía luminosa, por lo que posterior a una defoliación intensa, la respiración sobrepasa a la fotosíntesis y es cuando las plantas hacen uso de sus reservas de carbohidratos para su crecimiento (Horrocks y Vallentine, 1999).

Las reservas de carbohidratos y nitrógeno, en varias partes de la planta, han sido consideradas, tradicionalmente, una fuente importante de nutrientes para el rebrote, después de una defoliación (Simpson y Culvenor, 1987). El crecimiento inicial, con frecuencia, depende de la movilización de las reservas de nitrógeno y

carbohidratos no estructurales (CNE) almacenados en raíces y coronas (Volenc *et al.*, 1996). El grado con el cual la movilización de CNE y nitrógeno contribuyen al rebrote, depende de las concentraciones internas y externas de CO₂ y del suministro de nitrógeno (Skinner *et al.*, 1999). El rebrote de las plantas forrajeras se ha atribuido, primariamente, a los carbohidratos no estructurales (Richards, 1993); sin embargo, se ha observado la movilización específica de componentes de nitrógeno del tejido residual, después de la defoliación, a zonas de crecimiento en varias especies forrajeras (Volenc *et al.*, 1996). La recuperación inicial de las plantas, después de la defoliación, involucra movilización de carbohidratos del tejido remanente para la formación de tejido nuevo, pero el rebrote puede depender en mayor proporción de la disponibilidad de nitrógeno orgánico, en vez de las reservas de carbono. Así, en forrajes más del 61 % del carbono almacenado fue usado para la respiración de la raíz, 30 días después de la cosecha, mientras solo una pequeña proporción (5 %) fue recuperada en los nuevos brotes (Avicé *et al.*, 1996). La cantidad de carbohidratos de reserva usados en el rebrote, depende de la severidad de la cosecha, la capacidad fotosintética de las hojas remanentes y las condiciones ambientales para la fotosíntesis durante el crecimiento. Las reservas de carbohidratos de los forrajes declinan durante el rebrote, mientras la nueva parte aérea es producida. Tal descenso continúa dos o tres semanas, en condiciones de campo, antes de que ocurra la recuperación (Ueno y Smith, 1970). El crecimiento de los forrajes, también depende del número y tamaño de las yemas presentes en el área foliar remanente (Leach, 1968; Valentine y Matthew, 1999). El crecimiento de las plantas se realiza por la acumulación de energía en forma de azúcares simples, el proceso fotosintético realizado en los cloroplastos de las hojas verdes expuestas a la luz solar. Estos procesos capturan 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). En gramíneas, el crecimiento posterior a la defoliación depende de un adecuado suministro de fotoasimilados que cubra las demandas para la respiración y el 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 o bases foliares (Kigel, 1980; Waller *et al.*, 1995).

2.3.2 Uso y participación de fotoasimilados

Cerca del 90 % de peso seco de las plantas está constituido por compuestos derivados de la fijación de CO₂ atmosférico transformados en carbohidratos solubles; mismos que son utilizados como fuente de energía para la síntesis y de formación de tejidos en las diferentes partes de la planta. El sustrato, en el cual la célula autótrofa basa la síntesis de los compuestos propios de sus células, es, en último lugar, un carbohidrato de nivel hexosa, como es suministrado por la fotosíntesis o quimosíntesis mediante la reducción del CO₂ (Richter, 1984; Strasburguer *et al.*, 2004; Carneiro *et al.*, 2008). En condiciones de luz saturante, los principales productos terminales de la fijación del CO₂ en las hojas y en los protoplastos de las hojas son el almidón y la sacarosa. La mayor parte del carbono fijado durante la fotosíntesis es exportando al citoplasma en forma de fosfatos de azúcar para ser utilizados en el metabolismo o ser convertidos en formas transportables. La sacarosa ocupa una posición central en el metabolismo de las plantas. Sólo un pequeño número de eucariontes, no sintetizan sacarosa (Strasburguer *et al.*, 2004), En general, los fosfatos de triosa son los principales productos terminales de la fotosíntesis de las hojas. La sacarosa es sintetizada para transportar sustancias

asimilables desde los tejidos que las producen hasta los tejidos que las consumen en toda la planta, sirviendo como una fuente de carbono orgánico o, en algunos casos, siendo acumulada y almacenada (Carneiro *et al.*, 2008). Sin embargo, durante los periodos de elevada fijación neta de CO₂, la producción de fosfato de triosa por los cloroplastos excede la salida y este exceso se convierte temporalmente en almidón. El almidón es el único producto de la fotosíntesis que es retenido por el cloroplasto. La reserva de almidón del cloroplasto se moviliza y es utilizada por la planta en la oscuridad y en ocasiones en que está limitada la fotosíntesis. La sacarosa exportada desde las hojas es, por lo general, la principal fuente de carbono en la síntesis de almidón de los tejidos de reserva. La sacarosa es un disacárido no reductor que se puede hidrolizar a glucosa y fructosa en ácidos diluidos o por la acción enzimática. La molécula de sacarosa es eléctricamente neutra por lo que no interactúa de manera importante desde el punto de vista electrostático con otras moléculas cargadas y como es un azúcar no reductor, está libre de interacciones con grupos funcionales de otras moléculas biológicas. Estas propiedades hacen a la sacarosa un componente adecuado dentro de los mecanismos que sirven para regular la presión osmótica y las relaciones con el agua entre los compartimentos celulares de la planta (Bidwel, 1979; Foyer, 1987; Rojas, 1993). Los oligosacáridos de la sacarosa funcionan como material de almacenamiento y también parecen tener una función de protección a bajas temperaturas, contribuyendo a la resistencia a la congelación en algunas especies de plantas. Las plantas que resisten la congelación muestran una disminución en la síntesis de almidón y un aumento en la producción de oligosacáridos de bajo peso molecular al principio del invierno. La sacarosa, la rafinosa y la estaquiosa, con

frecuencia se acumulan durante la aclimatación al frío (Foyer, 1987; Strasburguer *et al.*, 2004).

2.3.3 Meristemas de crecimiento

Los meristemas son regiones celulares de las plantas, formados por células que, perpetuamente, son embrionarias, pero cuya multiplicación y diferenciación se forma del resto de los tejidos. Se pueden distinguir entre meristemas primarios, de los que depende el crecimiento en longitud y meristemas secundarios, que producen engrosamiento de los tallos y raíces (Bidwell, 1979; Rojas, 1993). 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 (Tomlinson y O'Connor (2004); Skinner *et al.*, 1999).

La velocidad de rebrote, se considera una característica distintiva de las especies tolerantes a la defoliación; entre los tipos más importantes están los meristemas activos de tallos remanentes (Richards, 1993). Si la cosecha se realiza muy cercana al suelo, las especies rastreras se favorecen en relación a las erectas, pero si la cosecha no es cercana al suelo son las especies erectas las que responden más rápido. Esto se ha atribuido a que, conforme van creciendo las plantas los puntos de crecimiento se alejan del suelo, lo que origina que la recuperación sea más favorecida por las reservas almacenadas, que por el área foliar, lo cual no sucede en pastos rastreros en los que es más difícil efectuar una cosecha, que implique dejar sin área foliar remanente a la pradera.

De acuerdo con Chapman y Lemaire (1993) y Lemaire (2001), algunas especies forrajeras, conforme son expuestas a defoliaciones severas, desarrollan una morfología que les permite mantener área foliar verde por debajo de la altura de cosecha, por lo que de esta manera disminuye el impacto de defoliaciones posteriores y optimiza su dinámica de rebrote, que implica una modificación progresiva y reversible de sus rasgos morfológicos, es decir, desarrolla plasticidad fenotípica. De acuerdo con Gold y Caldwell (1989) y Lemaire (2001), la posición de los meristemas depende del hábito de crecimiento de la planta. En las especies cespitosas, durante el estado vegetativo, los meristemas activos permanecen más o menos cerca de la superficie del suelo y escapan a la remoción.

En la práctica, si una pradera es cosechada con regímenes de corte severos, no permite el tiempo a que la planta se recupere y por tanto, la densidad de plantas de las especies deseables disminuye rápidamente (Hughes *et al.*, 1980), debido a la remoción de grandes cantidades de meristemas. Mientras que la altura de corte o pastoreo se denomina severidad o intensidad de defoliación y es el grado o altura a la que ocurre la cosecha, o bien, es el porcentaje o cantidad de biomasa cosechada, con respecto a la cantidad de forraje total presente. La severidad de cosecha es de gran importancia para el crecimiento y persistencia de las especies forrajeras, porque afecta directamente las reservas de carbohidratos y el IAF remanente, indispensables para iniciar un nuevo rebrote (Hernández-Garay y Martínez, 1997).

En conclusión la altura de cosecha es el factor que afecta directamente el área foliar remanente, las reservas de carbohidratos y la cantidad de zonas meristemáticas, que interactúan con factores ambientales, como la concentración de CO₂ atmosférico, disponibilidad de nitrógeno en el suelo, humedad disponible, temperatura y cantidad de radiación solar recibida para aumentar o reducir la capacidad de rebrote de la planta. Esto debido a que a medida que disminuye la altura de corte, el área foliar remanente es menor, lo que ocasiona que la capacidad de rebrote sea lenta. Esto se debe a la poca capacidad que tiene la planta recién cortada para realizar la fotosíntesis, por lo que aumenta el uso de las reservas de carbohidratos, para llegar a un estado de desarrollo en el cual la fotosíntesis, además de cubrir las demandas de mantenimiento, sea capaz de aumentar la formación de tejido foliar (Bahmani *et al.*, 2000, Enríquez *et al.*, 2003).

2.4 ESTACIONALIDAD EN EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE FORRAJE

Cuando las plantas crecen, la biomasa aumenta por unidad de superficie terrestre a lo largo del tiempo y se habla de producción de la biomasa o productividad, expresada como tasa por unidad de tiempo. El crecimiento de las plantas es definido como “un incremento irreversible en tamaño y en peso de tejido nuevo”, de tallos o de hojas y raíces, a través del tiempo (Bidwell, 1979; Hodgson, 1979); el crecimiento es el aumento en la masa de la planta y es, por tanto, un fenómeno cuantitativo susceptible de medirse y expresarlo como aumento de longitud o del diámetro del cuerpo vegetal y peso (Rojas, 1993) y es producto de diversas interacciones del clima con las especies vegetales, suelo y prácticas de manejo (Pearson e Ison, 1987; Velasco *et al.*, 2001). Por su parte, Jiménez y Martínez (1984), mencionan que la variación de temperatura y humedad, afectan el crecimiento de las especies

forrajeras; sin embargo, Valentine y Matthew (1999), Alcántara y Trejo (2007), consignan que la adquisición de recursos ambientales (luz, CO₂, temperatura y humedad), depende de la proporción de hojas, tallos y raíces de las plantas que, mediante los procesos fisiológicos de fotosíntesis, absorción de agua y nutrimentos, por lo tanto, el crecimiento y desarrollo, determinan la productividad de las plantas. En éstas el mayor crecimiento, división y alargamiento celular, está restringido a la región meristemática y zonas adyacentes; las áreas meristemáticas comprenden los ápices de raíz y tallo, los meristemos del cambium en tallos y raíces y meristemos laterales e intercalares en las hojas en desarrollo (Causton y Venus, 1981).

El crecimiento y rendimiento de las plantas forrajeras, se evalúa por la cantidad de forraje, ya que es un índice de crecimiento de la planta total, por lo que se considera de interés práctico, puesto que es la base de la producción animal (Speeding, 1971; Rojas, 1993). Por su parte, Hernández-Garay *et al.*, (1992) señalan una serie de índices de eficiencia del crecimiento vegetal, tales como la tasa de crecimiento del cultivo (g d⁻¹), que indica el incremento del material vegetal por unidad de tiempo; la tasa relativa de crecimiento (g g⁻¹ d⁻¹) que mide el incremento en material vegetal por unidad de material vegetal presente por unidad de tiempo; la primera variable representa la actividad fotosintética de la pradera y varía según el manejo y condiciones ambientales, de tal manera que es difícil predecir el crecimiento, particularmente a largo plazo (Hodgson *et al.*, 1981).

Jiménez y Martínez (1984) señalan que el aumento de la temperatura afecta la respiración y la energía aleatoria de la planta y se duplica o triplica la producción de anhídrido carbónico por cada 10 °C que aumenta la temperatura, mientras no sea

superior a los 45 °C, por lo que aumenta así la formación de materia orgánica de la planta. De acuerdo con Chapman y Lemaire (1993) la tasa de acumulación neta de forraje, está en un máximo cuando se alcanza el mayor índice de área foliar.

Por ello, las condiciones edafoclimáticas de un ambiente particular, determinan los patrones de crecimiento estacional de las especies forrajeras predominantes; en igualdad de condiciones de manejo, las diferencias en producción total y estacional, dependerán de la especie y de su interacción con el clima, tales como la precipitación, tasa de evaporación, temperatura, viento, horas e intensidad luminosa (Hernández-Garay y Martínez, 1997). Diversos factores determinan la magnitud del crecimiento de una pradera tales como: prácticas de fertilización, frecuencia y severidad de cosecha, crecimiento vegetativo y reproductivo de la planta, variedades utilizadas, tipo de suelo y clima (Tablada, 1998).

Carambula (1977), Pearson e Ison (1987) y Horrocks y Vallentine (1999) mencionan que la capacidad que posee una pradera para producir materia seca (MS), depende de la disponibilidad de nutrientes, agua y, principalmente, del grado de intercepción de la radiación solar por las hojas. Con el aumento en la cantidad de hojas, se tiene una mayor intercepción de luz, pero las hojas en los estratos inferiores reciben menor intensidad y calidad de luz, por lo que provocan la reducción del crecimiento o de la tasa de asimilación neta; por ello, el mayor rendimiento de los forrajes, coincide con el mayor índice de área foliar y la mayor masa foliar verde (Donald y Black, 1958; Salas, 1998; Velasco *et al.*, 2001; Morales *et al.*, 2006b).

De acuerdo con Tovar (2006), en los forrajes al realizar prácticas agronómicas como inoculación, encalado y fertilización, se aumenta el rendimiento y se eleva el contenido de N y P en el follaje.

Hernández-Garay y Martínez (1997) mencionan que la estacionalidad, en el crecimiento y producción de forraje de especies de interés en una determinada región, es un aspecto primordial para optimizar la interrelación suelo-planta-animal, ya que permite detectar los tiempos de mayor y menor disponibilidad de forraje y, con ello, adoptar diferentes prácticas de manejo, con el propósito de maximizar la disponibilidad de forraje y, por tanto, la producción animal.

2.5 ECOLOGÍA DEL CRECIMIENTO

El crecimiento de una planta es, en última instancia, el balance (expresado en la materia seca) entre entradas y salidas, o sea, en realidad, la suma de la asimilación de carbono menos la suma de todas las pérdidas respiratorias y no respiratorias. La tasa neta de absorción de carbono de toda una planta en un momento determinado depende de los siguientes factores:

- Tasa de fotosíntesis por unidad de superficie foliar (integrada a través de todas las hojas),
- Superficie foliar total por biomasa total de la planta
- Respiración de todos los órganos (muy diferentes según el órgano)
- Exportación de carbono y,
- Actividad de los descensos de carbono (crecimiento estructural o almacenamiento) (Thornton y Millard, 1996; Strasburguer *et al.*, 2004).

Cada uno de estos cinco factores dependen, a su vez, de numerosas influencias externas e internas. No es posible predecir a partir de uno solo estos factores la absorción de carbono o el crecimiento. La actividad descendente (del mismo crecimiento a gran escala) provocada por la disponibilidad de otros recursos diferentes al carbono es, en cambio, enormemente variable y, en la mayoría de los casos (exceptuando la carencia de luz), la verdadera fuerza que rige la asimilación de la planta. Esto se explica por el simple hecho de que la fotosíntesis tiene lugar, sin obstáculos sólo mientras los asimilados producidos se utilizan en algún lugar de la planta. Por el contrario, la productividad debe detenerse inmediatamente cuando las vías de transporte quedan “segadas” o los cloroplastos están repletos de asimilados (inhibición por el producto final). Cuando a una planta se le desposee de una parte de sus hojas, aumenta la tasa de fotosíntesis en las hojas que han quedado (Carneiro *et al.*, 2008; Castro *et al.*, 2013).

El descenso de carbono en la planta depende de la oferta de recursos existentes en el suelo (agua y nutrientes), de la temperatura y del estado de desarrollo de la planta, que, a su vez, está determinado por los dos factores ya citados y por muchos más (por ejemplo, fotoperíodo). Innumerables artículos sobre el tema muestran que, ante todas las influencias naturales – exceptuando a la luz -, la actividad descendente reacciona con más sensibilidad (más pronto) que la fotosíntesis foliar. Los procesos de crecimiento (división, dilatación, diferenciación celular) reaccionan, mucho antes de que la fotosíntesis se vea afectada de manera apreciable, ante la deshidratación, la carencia de nutrientes y las bajas temperaturas. Por lo tanto el crecimiento, o sea la demanda de asimilados, controla la fotosíntesis y no a la

inversa (que la oferta de asimilados al crecimiento) (Clark *et al.*, 1995; Lemaire, 2001).

También la respiración reacciona muchas veces con más sensibilidad ante las influencias ambientales (es especial la temperatura) que la fotosíntesis, está acoplada en parte con la actividad descendente (respiración de crecimiento) y es muy difícil de determinar debido a su especificidad orgánica (Strasburguer *et al.*, 2004; Castro *et al.*, 2013).

2.6 PESO Y POBLACIÓN DE TALLOS

La producción de forraje en una pradera, está en función de dos componentes: el número de tallos por unidad de área y el peso de cada uno de ellos o por la combinación de ambos (Bircham y Hodgson, 1983; Volenec y Nelson, 1983). Durante el desarrollo de una pradera, los tallos están continuamente emergiendo, creciendo y muriendo a tasas que difieren apreciablemente, dependiendo de las condiciones ambientales, del estado de desarrollo de la planta y del manejo (Hodgson *et al.*, 1981). La tasa de crecimiento de la pradera es la integral de la tasa de crecimiento de sus componentes, la cual es influenciada por la tasa de producción de tallos y por sus tasas de crecimiento individual (Milthorpe y Davidson, 1966). Sin embargo, la radiación solar y la temperatura, también influyen en la aparición de nuevos tallos que, a su vez, están controlados por la tasa de aparición de hojas (Matthew y Hodgson, 1997; Hernández-Garay *et al.*, 1999; Lemaire, 2001).

Cuando la densidad de tallos es alta o la pradera empieza a cambiar a la fase reproductiva, el peso de los tallos empieza a ser más importante (Volenec y Nelson, 1983). Sin embargo, aunque la producción de forraje ha sido explicada, en términos

de respuestas en densidad de tallos o peso de tallos, también se ha señalado que el potencial productivo de una pradera está en función de la compensación tamaño-densidad (Hodgson *et al.*, 1981; Bircham y Hodgson, 1983; Davies, 1988; Chapman y Lemaire, 1993).

La aparición de tallos 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 por las hojas; así, conforme el sombreado llega a ser más severo, el sitio de llenado también es afectado (Skinner y Nelson, 1992; Lemaire, 2001). No obstante, Tomlinson y O'Connor (2004) mencionan que existen varios factores que intervienen en la aparición de nuevos tallos, entre los que destacan los hormonales, nutricionales, de fotosensibilidad, del ambiente que los rodea y del uso dado a la pradera. Así, Azcon-Bieto y Talon (1993) consignaron que el crecimiento de los tallos laterales está regulado por las auxinas y citoquininas; las auxinas se sintetizan en tejidos jóvenes, en el ápice del tallo o cerca de él y promueven el alargamiento celular, así como, la inhibición del crecimiento de las yemas laterales, mediante la movilización de reservas hacia los meristemos apicales, mientras que las citoquininas realizan una función antagónica, pues promueven la división celular, el crecimiento de los tallos laterales y movilizan los nutrientes de las plantas, por lo que sugieren, que esta hormona puede ser la responsable del crecimiento de los tallos aunque, en altas concentraciones, se ha observado que no desencadena este proceso (Bidwell, 1979; Rojas, 1993).

Tomlinson y O'Connor (2004) señalan que al realizar prácticas de manejo, como la aplicación de NO_3 , se estimula la producción de citoquininas, mientras que la aplicación de NH_4 incrementa el balance de auxinas:citoquininas, al aumentar la producción de MS, con la consecuencia de que se reduce la aparición de tallos laterales. Lestienne *et al.* (2006) indican que el nitrógeno es el nutriente que más limita el desarrollo de los tallos laterales, lo cual se relaciona con la evolución de las plantas, al existir una fuerte competencia de los tallos emergentes por este recurso, ya que de eso dependerá, en gran medida, su muerte o desarrollo.

Asimismo, la densidad de tallos también se puede manipular con el manejo en el campo; es decir, modificando la frecuencia e intensidad de defoliación se puede incrementar el número de tallos por unidad de área, así como reducir la muerte de los mismos, al controlar la acumulación de forraje (L'Huillier, 1987). Por otra parte, se ha reportado que el rebrote está sujeto a la compensación tamaño-densidad; por lo general, existe aumento en la densidad de tallos pequeños y menos pesados en regímenes de defoliación severo y viceversa. La densidad de tallos, frecuentemente, se mide como indicador de persistencia de las praderas o como componente de una respuesta al manejo de la pradera, tal como la fertilización nitrogenada (Mazzanti *et al.*, 1994). En general, hay una disminución en la densidad de tallos más pesados, con regímenes de defoliación ligera; así, aumentos o disminuciones en la densidad de tallos, son un indicador ambiguo del vigor de la pradera y puede, en algunos casos, reflejar el efecto de la compensación tamaño-densidad en respuesta a cambios en la intensidad y frecuencia de la defoliación (Matthew *et al.*, 1995). Debido a ello, la persistencia de la pradera está directamente determinada por el efecto combinado del patrón estacional de aparición y muerte de tallos. En una

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

2.7 ASOCIACIONES DE GRAMÍNEAS Y LEGUMINOSAS FORRAJERAS

El uso de especies en monocultivo afecta la producción constante de forraje durante el año al presentar una marcada estacionalidad en la producción de materia seca (Velasco *et al.*, 2001 y 2002). Debido a ello, la utilización de praderas asociadas de gramíneas y leguminosas se justifica por las ventajas que se obtienen al presentar una mejor distribución estacional en la producción de forrajes, se logra un establecimiento más rápido y mayor valor nutritivo de la dieta (Arriaga *et al.*, 1999; Camacho y García, 2003 y Scheneiter *et al.*, 2006). De igual importancia es la economía que se logra por el menor uso de fertilizantes nitrogenados, al aprovechar la fijación simbiótica de nitrógeno que realizan las leguminosas con la bacteria del género *Rhizobium* (Gylfadóttir *et al.*, 2007; Pirhofer *et al.*, 2012).

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 género rizobium.

El aprovechamiento adecuado de praderas puras o mixtas, requiere del conocimiento sobre el manejo agronómico, distribución estacional del rendimiento y la respuesta a la defoliación. Sin embargo, el rendimiento de las plantas forrajeras está sujeto a un patrón de crecimiento, influenciado por la temperatura, humedad y nutrientes que determinan la cantidad de biomasa por ciclo de crecimiento, rendimiento estacional y anual (Lemaire, 2001; Matthew *et al.*, 2001). Cuando se evalúan praderas mixtas con más de dos especies Sanderson *et al.*, (2005) reportaron que en la época húmeda no se presentan diferencias en la producción de materia seca, con un promedio de 9, 800 kg MS ha⁻¹ en todas las asociaciones evaluadas; pero durante la época de estiaje, las praderas con un menor número de especies asociadas (2 especies), produjeron menor cantidad de forraje que aquellas asociaciones con más de 6 especies (4800 vs 7600 kg MS ha⁻¹). Lo cual es importante, dado que las especies forrajeras expresan su aptitud diferencial ante las condiciones fisiográficas, ambientales y de manejo que enfrentan.

De igual forma al tener diferentes especies de gramíneas y leguminosas afecta favorablemente en la composición botánica misma que 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. La explicación de 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 (2003), evaluaron cuatro variedades de alfalfa, asociadas con trébol blanco, ballico perenne, festuca alta y pasto oville y encontraron que la estación del año afectó significativamente ($P < 0.01$) la altura de la pradera, registrándose la máxima en verano (54 cm) y la menor en invierno (33 cm). También observaron que la contribución de las especies al rendimiento de forraje varió con la estación del año: en primavera y verano, las gramíneas aportaron 28 y 27 % del rendimiento, mientras que, las leguminosas sobresalieron con el 69 % y que durante el otoño e invierno, las leguminosas solo aportaron el 61 %.

2.8 CONCLUSIONES DE LA REVISIÓN DE LITERATURA

- Los factores ambientales y el manejo afectan el crecimiento y rendimiento de los forrajes a través del año, siendo la temperatura el factor que presenta mayor efecto.
- El rebrote después de una defoliación, está influenciado principalmente por las reservas de carbohidratos, área foliar remanente y presencia de meristemas de crecimiento.
- La productividad de una pradera depende del balance entre la densidad poblacional de tallos y su peso individual. Una alta densidad y bajo peso de tallos, está relacionada con cosechas frecuentes e intensas, mientras que una

baja densidad y mayor peso, están asociados con cosechas poco frecuentes y poco intensas.

- 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.

2.9 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.

Alcántara, G. G., y Trejo, T. L. (2007). Nutrición de cultivos. Colegio de Postgraduados. 1ª Edición. Editorial Mundi Prensa. Montecillo, México S. A. 705 p.

Arriaga, J. C., Espinoza, O. A., Albarrán, P. B. y Castelán, O. O. (1999). Producción de leche en pastoreo de praderas cultivadas: una alternativa para el altiplano central. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México. Ciencia Ergo Sum. Noviembre. 6 (3) 290-300.

Avise, J. C., Ourry, A., Lemaire, G. and Boucaud, J. (1996). Nitrogen and carbon flows estimated by ¹⁵N y ¹³C pulse chase labeling during regrowth of *Medicago sativa* L. Plant Physiology. 112:281-290.

Azcon, B. J. y Talon, M. (1993). Fisiología y Bioquímica Vegetal. Ed. Interamericana McGraww-Hill. Madrid, España. 581 p.

Baguet, H. A. y Bavera, G. A. (2001). Fisiología de la planta pastoreada. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional del Río Cuarto. Provincia

de Córdoba, Argentina. http://www.produccionovina.com.ar/produccioymanejo/pasturas/pastoreosistemas/04fisiologia_de_la_planta_pastoreada.htm

Bahmani, I., Hazard, L., Varlet – Grancher, C., Betin, M., Lemaire, G., Matthew, C. y 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.

Bidwell, R. G. S. (1979). *Fisiología Vegetal*. A. G. T. Editor. A. A. México. 784 p.

Bircham, J. S. and Hodgson, J. (1983). The influence of sward conditions on rates of herbage growth and senescence in mixed swards and continuous grazing management. *Grass and Forages Science*. 323-331.

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. 85-108 p.

Camacho, G. J. L. y García, M. J. G. (2003). Producción y calidad del forraje de cuatro variedades de alfalfa asociadas con trébol blanco, ballico perenne, festuca alta y pasto ovilla. *Veterinaria de México*. 34(2) 151-177.

Carámbula, M. (1977). *Producción y Manejo de pasturas sembradas*. Editorial Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay. 464 p.

Carneiro D. S. S., Do Nascimento, J. D. y Batista, E. V. P. (2008). *Pastagens: Conceitos básicos, produção e manejo*. Viçosa-MG. Departamento de Zootecnia. Universidade Federal de Viçosa. San Paulo, Brasil. 115 p.

Castro, R. R., Hernández G. A., Ramírez R. O., Aguilar B. G., Enríquez Q. J. F. y Mendoza P. S. I. (2013). Crecimiento en longitud foliar y dinámica de población de tallos de cinco asociaciones de gramíneas y leguminosa bajo pastoreo. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 4(2) 201-215.

- Causton, R. D. and J. C. Venus. (1981). The Biometry of plant growth. (ed.). Edward Arnold Limited. London. 144 p.
- 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. 95-104 p.
- 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 os Applied Ecology, 1995, 32, 128-136.
- CONAGRO. (2006). La ganadería en México. Documento informativo. <http://www.conagro.com/novedades/ganaderia.html>
- COTECOCA (Comisión Técnica Consultiva para la Determinación de Coeficientes de Agostaderos). (1987). Las gramíneas de México. Tomo II. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidrahúlicos. México, D. F. 344 p.
- Davies, A. (1988). The regrowth of grass swards. In: Jones M. B. and Lazenby A. (eds). The Grass Crops. Chapman and Hall. London. 85-127 p.
- 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. Visalia Ca. USA. <http://alfalfa.ucdaves.edu>
- Dias, F. M. B. and De Carvalho, C. J. R. (2000). Physiological and morphological responses of *Brachiaria* spp. To flooding 1. Pesquisa Agropecuaria Brasileira, Brasília, 35 (10)1959-1966.
- Donald, C. M. and Black, J. N. (1958). The significance of leaf area in pasture growth. Herbage Abstracts. 1-6.

- Dorado, O., Arias, M. D., Ramírez, R. y Sousa, M. (2005). Leguminosas de la Sierra de Huautla. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. CEAMISH. Cuernavaca, Morelos. 176 p.
- Duthill, J. (1989). Producción de forrajes. Editorial Mundiprensa. Madrid, España. 367 p.
- 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.
- Enríquez, Q. J. F., Hernández, G. A., Pérez, P. J., Quero, C. A. R. y Moreno, C. J. G. (2003). Densidad de siembra y frecuencias de corte en el rendimiento de *Cratylia Argentea* (Desvaux) O. Kuntze en el sur de Veracruz. *Técnica Pecuaria en México*. 41(1): 75 – 84.
- Estrada, A. J. (2002). Pastos y forrajes para el trópico colombiano. Ed. Universidad de Caldas. Colombia.
- Foyer, H. C. (1987). Fotosíntesis. Editorial Continental, S. A. de C. V. México, D. F. 212 p.
- Gold, W. G. and Calwell, M. M. (1989). The effects of the spatial pattern of defoliation on regrowth of a tussock grass. *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.
- Gylfadóttir, T., Helgadóttir, J. H., Høgh (2007). Consequences of including adapted white clover in northern European grassland: transfer and deposition of nitrogen. *Plant Soil*. 297: 93-104

- Hanson, A. A., Barnes, R. D. K. y Hill, A. (1988). Alfalfa and alfalfa improvement. American Society of Agronomy Inc. Madison, USA. 1084 p.
- Hernández-Garay. A., Matthew, C. and Hodgson, J. (1999). Tiller size/density compensation in perennial miniature swards subject to differing defoliation heights and a proposed productivity index. Grass and Forage Science. 347-356 p.
- Hernández-Garay, A. y Martínez, H. P. A. (1997). Utilización de pasturas tropicales. En: Torres H. G. y Díaz, R. P (Eds.) Producción de ovinos en zonas tropicales. Fundación Produce-Inifap. 8-24 p.
- Hernández-Garay, A., Pérez, P. J. y Hernández, G. V. A. (1992). Crecimiento y rendimiento de alfalfa en respuesta a diferentes regímenes de cosecha. Revista Agrociencia. 2:131-144.
- 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.). Sward Measurement Handbook. The British Grasslands Society. Berkshire, England. 1-14 p.
- Hodgson, J. (1979). Nomenclature and definitions in grazing studies. Grass and Forage Science. 34: 11-18 p.
- Horrocks, R. D. y Vallentine, J. F. (1999). Harvested Forages. Academic Press. Oval Road, London. United States of America. 426 p.
- Hughes, H. D., Heath, M. E. and Metcalf, D. S. (1980). Forrajes. Editorial CECSA. México. 758 p.
- INEGI, (2013). Agricultura, ganadería, silvicultura, ganadería y pesca. www.inegi.org.mx Consultado el 03 de febrero de 2013.

- Jensen, B. K., Waldron B. L., Asay K. H., Johnson D. A., Monaco T. A. (2003). Forage nutritional characteristics of orchardgrass and perennial ryegrass at five irrigation levels. *Agronomy Journal*. 95:668-675.
- Jiménez, M. A. y Martínez, H. P. A. (1984). Utilización de praderas. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 85 p.
- Juncafresca, B. (1983). Forrajes, fertilizantes y valor nutritivo. 2ª edición. Editorial Aedos Barcelona, España. 203 p.
- Karsten, H. D. y Carllassare, M. (2002). Describing the botanical composition of a mixed species northeastern U.S. Pasture rotationally grazed by cattle. *Crop Science*. 42:882-889.
- Karsten, H. D. and 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 p.
- Lascano, C. E., Spain, J. M. (1988). Establecimiento y renovación de pasturas. Memoria, VI reunión del comité de asesores de la RIEPT (Red internacional de evaluación de pastos tropicales) Veracruz, México.
- Leach, G. J. (1968). The growth of the Lucerne plant after cutting: the effect of cutting at different stages of maturity and at different intensities. *Australian Journal of Agricultural Research*. 19: 517:530.
- Lemaire, G. (2001). Ecophysiology of grasslands Aspects of forage plant populations in grazed swards. Proc XIX International Grassland Congress. Brazilian Society of Animal Husbandry Sociedade Brasileira de Zootecnia. Sao Pedro, San Paulo. Brasil. 29-37 p.

- L'Huillier, 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.
- Lestienne, F., Thornton, B. and Gastal, F. (2006). Impact of defoliation intensity and frequency on N uptake and mobilization in *Lolium perenne*. *Journal Experimental Botany*. 997-1006.
- Matthew, C., G. Lemaire, N. R. Sackville Hamilton and A. Hernández-Garay. (1995). A modified self-thinning equation to describe size/density relationships for defoliated swards. *Annals of Botany*. 76:579-587.
- Matthew, C. y Hodgson J. (1997). Form and function of grass. CD ROM. Grassview. Institute of Natural Resources, Massey University, New Zealand.
- Matthew C G, E N Val Loo, E R Tom, L A Dawson, D A Care (2001) Understanding shoot and root development. *Proceeding of the XIX International Grassland Congress*. São Pedro, São Paulo, Brasil. pp:19-27.
- Mazzanti A G, G Lemaire, F Gastel (1994) The effect of nitrogen fertilization upon herbage production of tall fescue swards continuously grazed with sheep. 1. Herbage growth dynamics. *Grass and Forage Science* 49: 111-120.
- Milthorpe, F. L. and J. L. Davidson. (1966). Physiological aspects of regrowth in grasses. In: F. L. Milthorpe and J. D. Ivins (eds.). *The Growth of Cereal and Grasses*. Butterworths, London. pp. 241-254.
- 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.
- Muslera, P. E. y Ratera C. G. (1991). *Praderas y Forrajes, Producción y Aprovechamiento*. 2ª Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 674 p.

- Passioura, J. B. (1982). Water in the soil-plant atmosphere continuum. In O. L. Lange, P. S. Nobel, C. B. Osmond, and H. Ziegler (eds.), *Physiological plant ecology II. Water relations and carbon assimilation*, Springer Verlag, New York. (12) 5-33.
- Pearson, C. J. and Ison, R. L. (1987). *Agronomy of grassland systems*. Cambridge University Press. Great Britain. 169 p.
- Pérez, B. M. T., Hernández-Garay, 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*. I y II. 68-80 p.
- Pirhofer K W, J Rasmussen, J H Hogh, J Eriksen, K Soegaar, J Rasmussen (2012) Nitrogen transfer from forage legumes to nine neighboring plants in a multi-species grassland. *Plant Soil*. 350: 71-84
- 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>
- Richards, J. H. (1993). Physiology of plants recovering from defoliation. In: *Proceedings of the XVII International Grassland Congress*. New Zealand and Australia. 85-94 p.
- Richter G. (1984). *Fisiología del metabolismo de las plantas*. Editorial Continental, S. A. de C.V. México, Distrito Federal. 417 p.
- Rojas, G. M. (1993). *Fisiología Vegetal Aplicada*. 4ª Edición. Editorial Interamericana McGraw-Hill. México. 275 p.

- 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. (2013). Producción Agrícola en México. Centro de Estadística Agropecuaria. Servicio de información y estadística agroalimentaria y pesquera. <http://www.siap.gob.mx/> Revisado el 20 de enero de 2013.
- Salas, B. J. E. (1998). Estado fisiológico óptimo de corte en alfalfa durante el verano y otoño. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 88 p.
- Scheneiter, O., Carrete, J., Amendola (2006). Utilización de pasturas de alfalfa-festuca alta con dos sistemas de pastoreo. I. Disponibilidad, composición y digestibilidad del forraje. Revista de Investigaciones Agropecuarias. 35 (003) 3-18.
- Simpson, R. J. and Vulvenor, R. A. (1987). Photosynthesis, carbon partitioning and herbage yield. Temperate Pastures. 113-114 p.
- Skinner, R. H. y Nelson, C. J. (1992). Estimation of potential tiller production and site usage during tall fescue canopy development. Annals of Botany.70:493-499 p.
- Skinner, R. H., Morgan, J. A. and Hanson, J. D. (1999). Carbon and nitrogen reserve remobilization following defoliation: nitrogen and elevated CO₂ effects. Crop Science. (39) 1749-1756 p.
- Speeding, C. R. W. (1971). Grassland Ecology. Clarendon press. Oxford, Great Britain. 221 p.
- Strasburger E., Noll F., Schenck y Schimper. A. F. W. (2004). Tratado de botánica. Ediciones Omega. Barcelona, España. 1134 p.

- Tablada, A. Y. (1998). Comportamiento de una pradera alfalfa-ovillo a diferentes frecuencias de pastoreo con borregos. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco. Edo. de México. 76 p.
- Thornton, B. and Millard. P. (1996). Effects of severity of defoliation on root functionary in grasses. *Journal Range of Manager.*(49) 443-447.
- Tomlinson, K. W. and O'Connor, T. G. (2004). Control of tiller recruitment in bunchgrasses: Uniting Physiology and Ecology. *Functionl Ecology.* 489-496 p.
- 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. 226 p.
- Turner, N. C. and Begg, J. E. (1978). In *Plant Relations in Pastures* (J.R.Wilson, ed). Melbourne:CSIRO. 50-66 p.
- Ueno, M. and Smith, D. (1970). Growth and carbohydrate changes in the root wood and bark of different sized alfalfa plants during regrowth after cutting. *Crop Science.* (10) 396-399.
- 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., Ma. E., Hernández-Garay, G. A., González, H. V., Pérez, P. J., Vaquera H. H., y 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.
- Walton, D.P. (1983). Production and management of cultivated forages. Prentice Hall. Reston Virginia. United States of America. 161-168 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.

CAPÍTULO 3. COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE BALLICO PERENNE (*Lolium perenne* L.) SOLO Y ASOCIADO CON OVILLO (*Dactylis glomerata* L.) Y TREBOL BLANCO (*Trifolium repens* L.)

3.1 RESUMEN

Se evaluó el ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y cuatro asociaciones con pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.) en diferentes proporciones: 100:00:00, 70:20:10, 50:00:50, 40:40:20 y 20:70:10 de BP:O:TB (Ballico perenne, ovillo y trébol blanco), las que se distribuyeron en 15 unidades experimentales bajo un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones. Las variables estudiadas fueron: rendimiento de forraje, composición botánica y morfológica, relación hoja:tallo, altura y densidad de plantas. Las praderas fueron cosechadas por ovinos, cada cinco semanas en otoño, seis en invierno y cuatro en primavera-verano. El rendimiento anual de las asociaciones de ballico perenne, ovillo y trébol blanco mostró el siguiente orden descendente: 50:00:50 > 40:40:20 > 100:00:00 > 70:20:10 > 20:70:10 ($P < 0.05$) de BP:O:TB. La asociación 50:00:50 de BP:O:TB superó en 15 % ($3671 \text{ kg MS ha}^{-1}$) a la asociación 70:20:10. El ballico perenne fue la especie que contribuyó más al rendimiento en otoño e invierno, mientras que en primavera y verano fueron el pasto ovillo y trébol blanco. La altura promedio estacional registró el siguiente orden: 41 cm en verano, 39 en otoño, 35 cm en primavera y 28 cm en verano. Independientemente de la asociación la densidad de plantas m^{-2} de ballico perenne presentó el siguiente orden: 29 > 25 > 20 > 11 plantas m^{-2} para otoño, invierno, primavera y verano, respectivamente, teniendo con ello un promedio de pérdida de plantas del 62 %, siendo más marcada la reducción al llegar al verano. La asociación que mejor comportamiento productivo presentó fue 50:00:50 de BP:O:TB.

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

3.2 SUMMARY

Ryegrass sward alone and associated with orchard grass and white clover in different proportions were studied. Treatments were: 100:00:00, 70:20:10, 50:00:50, 40:40:20 and 20:70:10 of BP:O:TB (perennial ryegrass, orchardgrass and white clover), and were allocated into 15 experimental units under a complete randomized block design with three replications. The studied variables were: herbage yield, botanical and morphology composition, leaf: stem ratio, sward height and plant density. Swards were harvested by sheep, every five weeks in the fall, six in winter and four in spring and summer. The annual herbage yield of the associations of perennial ryegrass, orchard grass and white clover showed the following descending order: 50:00:50 > 40:40:20 > 100:00:00 > 70:20:10 > 20:70:10 ($P < 0.05$). The association 50:00:50 of BP:O:TB produced 15 % ($3671 \text{ kg DM ha}^{-1}$) more than 70:20:10. Perennial ryegrass was the specie that most contributed to the herbage yield in autumn and winter, while in spring and summer were orchard grass and white clover. Seasonal average sward height recorded the following order: 41 cm in summer, 39 in fall, 35 cm in spring, and 28 cm. in summer. Regardless of the association plant density m^{-2} had the following order: 29 > 25 > 20 > 11 plants m^{-2} for fall, winter, spring and summer, respectively, thereby having an average loss of 62% plants, being more marked the reduction during the summer. The association that presented the best productive performance was 50:00:50 of BP:O:TB.

Keywords: *Lolium perenne* L., *Dactylis glomerata* L., *Trifolium repens* L., mixed swards, herbage yield.

3.3 INTRODUCCIÓN

Las gramíneas desde su origen, el principal uso que se les ha dado es como fuente de forraje para la alimentación del ganado. Es precisamente su utilización como fuente de energía para el ganado doméstico y fauna silvestre, lo que convierte a las gramíneas forrajeras en el grupo de plantas más importante para el hombre (Aguado *et al.*, 2004). Así, los forrajes contribuyen a incrementar la eficiencia productiva de las explotaciones pecuarias, pues constituyen la fuente más barata de nutrientes, por lo que antes de recurrir al uso de concentrado debe asegurarse la provisión de forraje de buena calidad (Arriaga *et al.*, 1999), el cual se puede lograr al realizar intervalos cortos e intensidades bajas de cosecha (Acosta *et al.*, 1995; Velasco *et al.*, 2005 y Mendoza *et al.*, 2010); no obstante, el uso de especies en monocultivo afecta la producción constante de forraje durante el año al presentar una marcada estacionalidad en la producción de materia seca (Velasco *et al.*, 2001 y 2002). Debido a ello, la utilización de praderas asociadas de gramíneas y leguminosas se justifica por las ventajas que se obtienen al presentar una mejor distribución estacional en la producción de forrajes, se logra un establecimiento más rápido y mayor valor nutritivo de la dieta (Arriaga *et al.*, 1999; Camacho y García, 2003 y Scheneiter *et al.*, 2006). De igual importancia es la economía que se logra por el menor uso de fertilizantes nitrogenados, al aprovechar la fijación simbiótica de nitrógeno que realizan las leguminosas con la bacteria del género *Rhizobium* (Gylfadóttir *et al.*, 2007; Pirhofer *et al.*, 2012).

Sin embargo, para lograr una buena asociación de gramíneas con leguminosas se deben considerar factores como: utilizar plantas bien adaptadas a las condiciones climáticas y edáficas de la región, especies de gramíneas y leguminosas que sean

compatibles y preferentemente que sean de hábitos de crecimiento similar (Arriaga *et al.*, 1999).

Al respecto, Sanderson *et al.* (2005) consignan que el rendimiento es menor en praderas con dos especies que aquellas con más de tres especies (4800 vs 7600 kg MS ha⁻¹). Dicha aseveración quedó de manifiesto en trabajos realizados por Camacho y García (2003) en alfalfa asociada con trébol blanco, ballico perenne, festuca alta y ovilla al registrar un rendimiento anual de 23 454 kg MS ha⁻¹ con una distribución estacional de 23, 22.6, 25.4 y 29 % para primavera, verano, otoño e invierno, respectivamente. Por otra parte, Castro *et al.* (2012) al evaluar diferentes asociaciones de trébol blanco con ovilla y ballico perenne encontraron que la mejor asociación fue la que presentaba un 40, 20 y 40 %, de cada especie, con un rendimiento anual de 17 275 kg MS ha⁻¹, registrando la mayor cantidad en verano con 6096, seguido de primavera con 5137, 3954 en invierno y por último con 2088 kg MS ha⁻¹ en otoño.

Ante este escenario de producción de forraje se requiere de investigación enfocada a evaluar el rendimiento de diferentes asociaciones de gramíneas y leguminosas, con el propósito de encontrar una alternativa que de la mayor producción de forraje durante todo el año y una mejor distribución estacional. Por tanto, los objetivos del presente trabajo fueron determinar el rendimiento de forraje estacional y anual, la composición botánica y morfológica, la relación hoja:tallo, la altura y densidad de plantas de ballico perenne solo y asociado con ovilla y trébol blanco.

3.4 MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó de septiembre del 2010 a septiembre de 2011, en el Campo Experimental del Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México, ubicado a 19° 29' de LN y 98° 53' de LO, a una altura de 2240 msnm. El clima del lugar es templado subhúmedo, con precipitación media anual de 636.5 mm y régimen de lluvias en verano, (junio a octubre) y temperatura media anual de 15.2 °C (García, 2004). El suelo del área es franco arenoso y ligeramente alcalino con pH 7 - 8 (Ortiz, 1997).

Las praderas fueron establecidas en febrero de 2010, la siembra se realizó en hileras a 30 cm (gramíneas), mientras que la leguminosa fue sembrada en forma perpendicular con una distancia entre surcos de aproximadamente de 30 cm; tomando como base las densidades de 30, 20 y 5 kg ha⁻¹ para ballico perenne, ovinillo y trébol blanco, respectivamente. Las praderas no fueron fertilizadas y en la época de estiaje, se proporcionaron riegos a capacidad de campo cada dos semanas.

Antes de iniciar la investigación, se realizó un pastoreo de uniformidad con ovinos cosechando aproximadamente a 5 cm sobre el nivel del suelo. Posteriormente los pastoreos se realizaron cada 4 semanas en primavera-verano y cada 5 y 6 semanas durante otoño e invierno, respectivamente. Cabe mencionar que los ovinos únicamente fueron utilizados como defoliadores, mismos que fueron manejados en las parcelas experimentales mediante un cerco eléctrico.

Las asociaciones de gramíneas y leguminosa fueron realizadas mediante el paquete Minitab (2006), con un diseño de vértices con tres componentes de la mezcla, con

restricción a la leguminosa en un 10 y 50 % como mínimo y máximo, respectivamente; y teniendo un tratamiento al 100 % para ballico perenne. Los tratamientos consistieron de las siguientes asociaciones: 100:00:00, 70:20:10; 50:00:50; 40:40:20; y 20:70:10 % de ballico perenne (BP), ovillo (O) y trébol blanco (TB).

Los tratamientos se distribuyeron aleatoriamente en 15 parcelas experimentales de 9 por 8 m, de acuerdo a un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones.

3.4.1 Rendimiento de forraje

Para obtener el rendimiento de forraje en cada parcela, se establecieron aleatoriamente dos cuadros fijos de 0.25 m² al inicio de la investigación, donde se cosechó el forraje presente antes del pastoreo a una altura aproximada de 5 cm sobre el nivel del suelo. El forraje presente dentro de cada cuadro se depositó en bolsas de papel etiquetadas, se lavó la muestra y se expuso a un proceso de secado en una estufa de aire forzado, a una temperatura de 55 °C durante 72 h. Posterior a ello, las praderas fueron pastoreadas con ovinos a una altura de 5 cm aproximadamente; después del pastoreo se tomó un cuadro de 0.25 m² al azar en cada unidad experimental para tener la cantidad de forraje residual, mismas que se llevaron de igual forma a materia seca. Una vez secas las muestras de forraje se registraron sus pesos en seco, se sumó el forraje presente antes del pastoreo y residual para determinar el rendimiento total de forraje por corte y por unidad de superficie (kg MS ha⁻¹); con la suma del rendimiento por corte se obtuvo el rendimiento acumulado de forma estacional y anual.

3.4.2 Composición botánica y morfológica

A mediados de cada estación del año, de las muestras de forraje cosechado para determinar el rendimiento, se tomó una submuestra de aproximadamente 20 %. Cada submuestra se separó en las diferentes especies deseadas (ballico perenne, ovillo y trébol blanco) y no deseadas (malezas) para determinar la composición botánica. A las especies deseadas se les separaron sus componentes morfológicos (hojas, tallos, material muerto y flor), para determinar la composición morfológica. Cada componente separado se secó en una estufa de aire forzado, a una temperatura de 55 °C por 72 h y se determinó el peso seco.

Para determinar la contribución (porcentaje) de cada componente al rendimiento se utilizó la siguiente fórmula:

$$CBM = (COMP * 100) / R$$

Dónde:

CBM = Composición botánica y morfológica (%)

COMP = Submuestra del componente separado y/o especie

R = Rendimiento (kg MS ha⁻¹)

3.4.3 Relación hoja:tallo

Los datos originados a partir de la composición morfológica, sirvieron para calcular la relación hoja:tallo, la cual se obtuvo al dividir la cantidad de hoja entre la cantidad de tallo:

$$\text{Hoja:tallo} = H / T$$

Dónde:

Hoja:tallo = Relación hoja: tallo.

H = Peso seco de la hoja (kg MS ha⁻¹).

T = Peso seco de tallo (kg MS ha⁻¹).

3.4.4 Altura del forraje

Para estimar la altura promedio por planta de cada tratamiento, un día antes de cada pastoreo se realizaron 20 mediciones de altura con la regla en cada unidad experimental. Para ello, se utilizó una regla graduada de 100 cm, la cual se colocó al azar en las parcelas, de forma que la parte inferior de la regla graduada quedara a nivel de suelo. Posteriormente, un dispositivo con el que cuenta la regla, se colocaba de manera vertical arriba del dosel vegetal y se deslizó hacia abajo, hasta que éste tocó algún componente morfológico y se registró la altura. Se utilizó el promedio de las 20 alturas registradas.

3.4.5 Densidad de plantas (plantas m⁻²)

Al inicio de la investigación se estableció un cuadro fijo de 1 m² de forma aleatoria en cada unidad experimental. Un día antes de cada pastoreo se contó el número de plantas presentes por especie (ballico perenne, ovilla y trébol blanco), y con ello se obtuvo el número promedio de plantas por especie de forma estacional.

3.4.6 Datos climatológicos

La temperatura máxima mensual osciló entre 28 y 36 °C, en tanto que la temperatura mínima mensual osciló entre -13 y 6 °C. La temperatura alta se presentó en primavera y verano, y fueron superiores a 25 °C, registrándose la máxima en abril y mayo con 36 °C. La temperatura baja (cerca de 0 °C) se presentó a finales de otoño e inicio de invierno con -13 °C en noviembre y diciembre. La precipitación acumulada

de agosto de 2010 a septiembre de 2011 fue de 518.5 mm, de los cuales el 57 % se presentó en dos meses, agosto de 2010 y julio de 2011 con 149.6 y 147.47 mm, respectivamente.

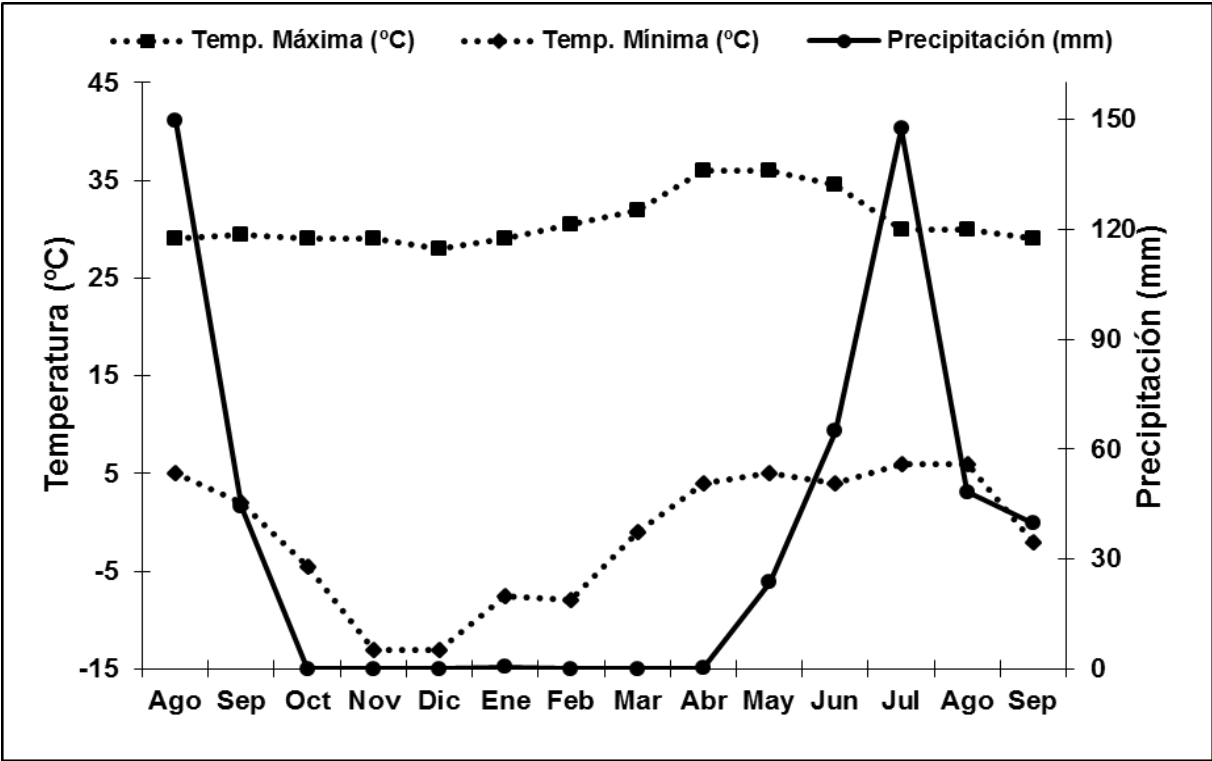


Figura 1. Temperaturas media mensual máxima y mínima y precipitación acumulada durante el periodo de estudio (2010 y 2011).

3.4.7 Análisis estadístico

Para comparar el efecto de las asociaciones estudiadas, se realizó un análisis de varianza con el procedimiento de Modelos Mixtos (SAS, 1999), con un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey ajustada ($\alpha= 0.05$) según Steel y Torrie (1988).

3.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.5.1 Rendimiento de forraje

El rendimiento anual y estacional del monocultivo de ballico perenne y sus asociaciones con ovido y trébol blanco se muestran en el Cuadro 1. El rendimiento anual de las asociaciones de ballico perenne, ovido, y trébol blanco mostró el siguiente orden descendente: 50:00:50 > 40:40:20 > 100:00:00 > 70:20:10 > 20:70:10 ($P < 0.05$). La asociación 50:00:50 superó en 15.4 % (3671 kg MS ha⁻¹) a la asociación 20:70:10. Estos resultados fueron similares a los encontrados por Camacho y García (2003) en alfalfa asociada con trébol blanco, ballico perenne, festuca alta y ovido con un rendimiento anual de 23 454 kg MS ha⁻¹ pero superiores a los registrados por Castro *et al.* (2012) donde obtuvieron un rendimiento de 17 275 kg MS ha⁻¹ con la asociación de trébol blanco, ovido y ballico perenne.

La distribución estacional del rendimiento anual de forraje de la mejor asociación (50:00:50 de BP:O:TB) presentó el siguiente orden durante las estaciones del año: 35 % (otoño) > 25 % (primavera) > 19 % (verano) < 21 % (invierno); mientras que la asociación que mostró el menor rendimiento de materia seca no presentó diferencias significativas entre estaciones. Independientemente de la asociación la estacionalidad ($P < 0.05$) en el rendimiento de materia seca fue de la siguiente manera: 35, 16, 27 y 22 % para otoño, invierno, primavera y verano. El mayor rendimiento registrado en otoño se puede atribuir al rápido establecimiento del ballico perenne, mientras que en verano el menor rendimiento de forraje se debió a la pérdida de plantas de ballico perenne, a consecuencia de las altas temperaturas, registradas en esta estación (Figura 1). Por otra parte, en invierno el bajo rendimiento se atribuye a las bajas temperaturas registradas en el periodo (Figura

1), y de acuerdo con Hernández-Garay *et al.* (1997) dichas temperaturas ocasionan reducción en el crecimiento y tasa de acumulación de forraje, por influencia directa de una menor tasa de aparición y expansión foliar (Horrocks y Vallentine, 1999) ya que para tener la mejor expresión en el crecimiento se requieren temperaturas de 18 a 21 °C para ballico perenne y ovillo, mientras que para el trébol blanco de 24 °C (Brock y Tilbrook, 2000).

Cuadro 1. Rendimiento anual y estacional (kg MS ha⁻¹) de ballico perenne (*Lolium perenne* L.) solo y asociado con ovillo (*Dactylis glomerata* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.).

Asociación (Ballico perenne- Ovillo- Trébol blanco)	Año 2010		Año 2011		EEM	Sig.	Anual
	Otoño	Invierno	Primavera	Verano			
100:00:00	8742 Aa	3793 c	5271 b	4165 Cc	501	***	21971 AB
70:20:10	8310 Aa	2740 c	5629 b	5161 Ab	595	***	21840 AB
50:00:50	8337 Aa	4938 bc	5950 b	4612 Bc	452	***	23837 A
40:40:20	6880 Ab	2642 c	7569 a	5042 Bb	581	***	22133 AB
20:70:10	6088B	3744	5666	4667 B	369	NS	20165 B
Promedio	7670 a	3571 c	6016 b	4729 c		***	
EEM	285	300	231	101			
Sig.	***	NS	NS	***			

abcd=Medias con la misma literal minúscula en una misma hilera, no son diferentes (P>0.05); ABCD=Medias con la misma literal mayúscula en una misma columna, no son diferentes (P>0.05); EEM= Error estándar de la media; Sig.=Significancia; ***=P<0.05; NS= No significativo

3.5.2 Composición botánica y morfológica

La composición botánica y morfológica del pasto ballico perenne solo y asociado con pasto ovillo y trébol blanco se muestra en la Figura 2. Se presentaron diferencias estadísticas entre asociaciones y estaciones del año ($P < 0.05$). La contribución de cada especie al rendimiento de las asociaciones fue variable durante el periodo de estudio; el promedio estacional entre las asociaciones de ballico perenne fue de 46, 40, 29 y 14 % para otoño, invierno, primavera y verano, observándose una disminución de esta especie y del rendimiento de materia seca ($P < 0.05$) conforme transcurrieron las estaciones del año; las asociaciones que se afectaron en mayor grado fueron aquellas que presentaron mayor cantidad de la mezcla en la asociación. El ballico perenne solo presentó el mayor rendimiento anual y fue el más afectada por la reducción de plantas de ballico perenne, donde en otoño ésta especie aportó al rendimiento el 98 % ($8170 \text{ kg MS ha}^{-1}$) y el resto fue de malezas (2 %), mientras que para el verano únicamente aportó el 41 % ($1891 \text{ kg MS ha}^{-1}$) y el resto fue de maleza (56 %) y material muerto (3 %). De igual forma se vieron afectadas las asociaciones 70:20:10 y 50:00:50 registrando para verano un 26 y 25.5 % de malezas, respectivamente y una pérdida del porcentaje inicial de ballico perenne del 80 % para la primera asociación y del 60 % para la segunda. La intensidad de cosecha pudo ser el factor por el cual el ballico perenne disminuyó durante todo el periodo experimental en las cinco asociaciones, probablemente por poseer un hábito de crecimiento erecto más susceptible a perder meristemas de crecimiento durante la cosecha con respecto al ovillo y trébol blanco (Hodgson, 1990).

El pasto ovillo presentó una tendencia inversa a la del ballico perenne; el promedio de aporte de ovillo al rendimiento entre las diferentes asociaciones fue de 4, 10, 18 y 23 % para otoño, invierno, primavera y verano, respectivamente. La asociación con mayor cantidad de ovillo ($P < 0.05$) fue 20:70:10 de B:O:TB, la cual registró un 11 %, en otoño, 36 % en invierno, 47 % en primavera y 61 % en verano; en segundo lugar le siguió la asociación 40:40:20 con un aporte al rendimiento del 10, 14, 30 y 50 % para otoño, invierno, primavera y verano, respectivamente; por último, la asociación 70:20:10 presentó la misma tendencia que las anteriores, con un 2, 11, 30 y 31 % de aporte al rendimiento en la estación de otoño, invierno, primavera y verano, respectivamente.

El trébol blanco presentó un comportamiento similar al pasto ovillo, en donde a medida que transcurrieron las estaciones del año se incrementó el aporte de trébol blanco al rendimiento de materia seca, mismo que fue en promedio de 1 % en otoño, 4 % en invierno, 10 % en primavera y en verano 12 % entre las diferentes asociaciones estudiadas. La asociación que mayor porcentaje de trébol blanco aportó al rendimiento fue la de 50:00:50 con 1, 14, 28 y 35 % en otoño, invierno, primavera y verano, respectivamente; y la menor cantidad la presentó la asociación 20:70:10 con 4 % en otoño, 8 % en invierno, 13 % en primavera y 17 % en verano ($P < 0.05$).

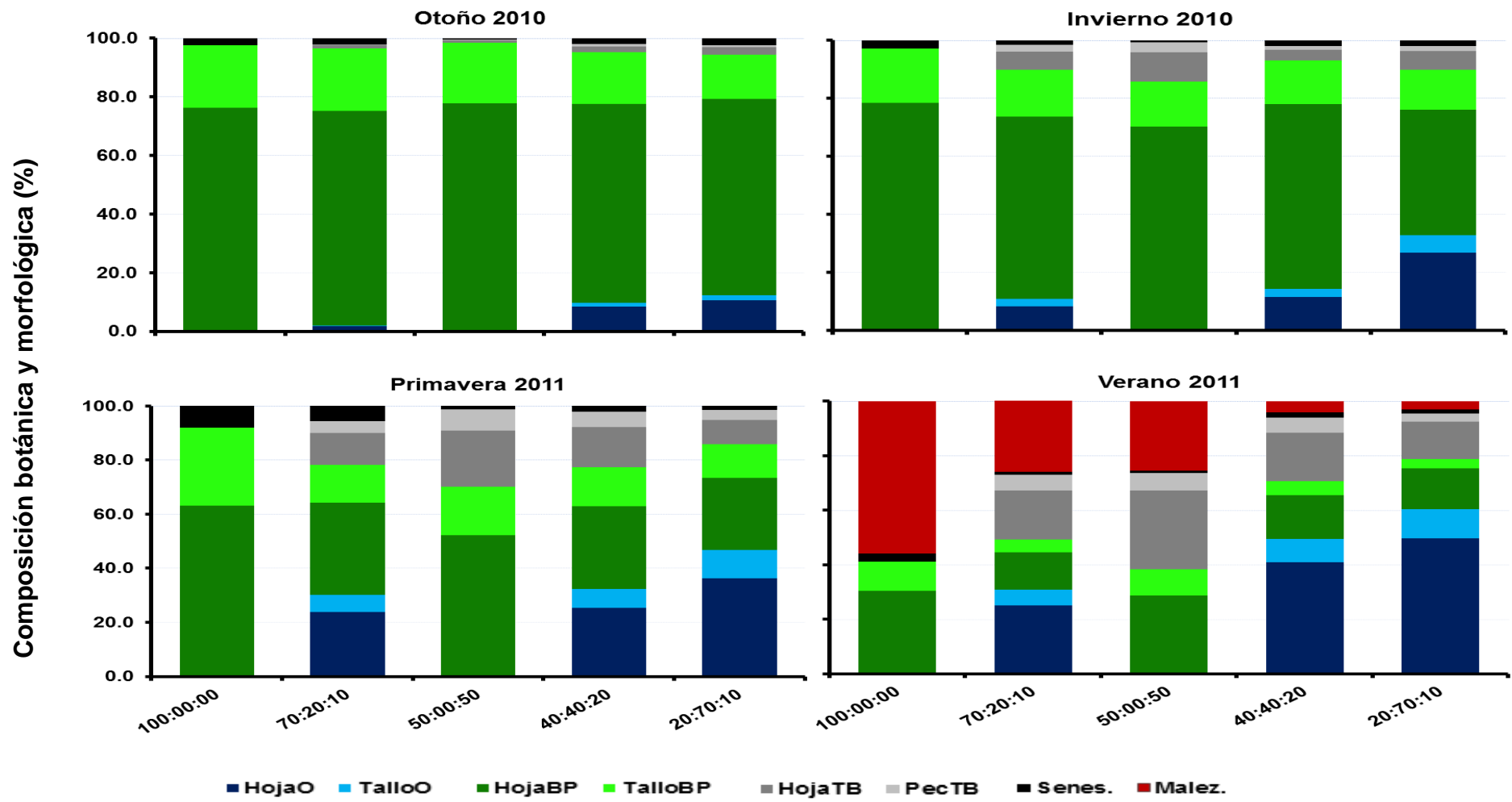


Figura 2. Cambios estacionales en la composición botánica y morfológica del pasto ballico perenne (*Lolium perenne* L.) solo y asociado con ovillo (*Dactylis glomerata* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.).

La tendencia que presentó el pasto ovilla y el trébol blanco, se debió a que son especies de lento establecimiento, además de que el pasto ovilla es de hábito de crecimiento menos erecto que el ballico perenne y el trébol es estolonífero, situación que ayudó para que no se eliminaran meristemas de crecimiento y, por último, al reducir la cantidad de ballico perenne existió menos competencia intra e interespecífica por recursos como luz y nutrientes (Brock *et al.*, 1989; Durand *et al.*, 1999).

La senescencia presentó diferencias significativas ($P < 0.05$) en primavera y verano con promedio entre estaciones de 4 y 2 %, respectivamente, dentro de las cuales la especie pura fue la que registró los mayores valores con un 8 % en primavera y un 3 % en verano ($P < 0.05$). La asociación 20:70:10 fue la que mostró los menores valores con 1.5 y 1.6 % para primavera y verano, respectivamente.

La incidencia de malezas (*Cynodon dactylon* (L.) Pers, *Eleusine multiflora* A. Rich. y *Malva parviflora* L.) se presentó en una relación directa con la cantidad de ballico perenne presente en la asociación, siendo diferente ($P < 0.05$) únicamente en verano con 55.8 % para la especie pura, 26 % para 70:20:10, 25.5 % para 50:00:50, 4.1 % para 40:40:20 y 3 de % para 20:70:10. De acuerdo a Pérez *et al.* (2002) y Garduño *et al.* (2009) las cosechas severas realizadas a ballico perenne reducen su persistencia como resultado de que se eliminan meristemas de crecimiento.

3.5.3 Relación hoja tallo

La relación hoja:tallo del pasto ovilla no registró diferencias estadísticas entre asociaciones durante todo el periodo experimental (Cuadro 2). Sin embargo,

independientemente de las asociaciones se presentaron diferencias entre las estaciones del año, mostrando la siguiente tendencia en el promedio entre ellas: 5.9, 4.6, 3.9 y 3.6 para otoño, verano, invierno y primavera ($P < 0.05$), respectivamente. Al respecto, Zaragoza *et al.*, (2009) consignan que la relación hoja:tallo del pasto ovillo varía con la estación del año y la edad de rebrote teniendo valores en verano de 2.5 y 2.8 a la primera y octava semana de rebrote.

En ballico perenne no se observaron diferencias estadísticas entre asociaciones. Las asociaciones que mostraron diferencias entre estaciones fueron 100:00:00, 40:40:20 y 20:70:10, en ambas coinciden que los menores valores de relación hoja:tallo se registran en primavera, lo que se puede atribuir a que en dicho periodo las temperaturas fueron óptimas que favorecieron un crecimiento más acelerado (Figura 1) y se presenta la fase reproductiva de la especie.

La relación hoja:tallo en ballico perenne no presentó diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.05$). Se mostraron diferencias significativas entre estaciones para los tratamientos 70:20:10 y 40:20:40; en ambos casos el menor valor se registró en primavera como resultado de temperaturas superiores a los 25 °C que favorecieron un crecimiento acelerado (Figura 1). Al respecto, Velasco *et al.* (2005) consignan que el intervalo de corte y la estación del año afectan directamente la cantidad de hoja y tallo de esta especie, registrando los mayores valores de tallo en primavera y verano. Por otra parte, Pérez *et al.* (2002) encontraron valores promedio para cinco meses de 1.4 y 1.11 cosechando a una altura de 3 y 15 cm, respectivamente.

Cuadro 2. Cambios estacionales en la relación hoja:tallo de ballico perenne (*Lolium perenne* L.) solo y asociado con pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.).

Asociación (Ballico perenne- Ovillo- Trébol blanco)	Año 2010		Año 2011		Promedio	EEM	Sig.
	Otoño	Invierno	Primavera	Verano			
Ovillo (H:T)							
100:00:00	----	---	---	---	---	---	---
70:20:10	5.6 a	3.0 b	3.7 ab	4.4 ab	4.2	0.3	***
50:00:50	----	---	---	---	---	---	---
40:40:20	5.8 a	4.1ab	3.5 b	4.7 ab	4.5	0.4	***
20:70:10	6.3 a	4.5 ab	3.5 b	4.7 ab	4.7	0.4	***
Promedio	5.9 a	3.9 b	3.6 b	4.6 ab			***
EEM	0.7	0.5	0.5	0.6			
Sig.	NS	NS	NS	NS	NS		
Ballico perenne (H:T)							
100:00:00	3.6 ab	4.2 a	2.1 b	2.8 ab	3.2	0.2	***
70:20:10	3.4	3.7	2.5	2.9	3.1	0.3	NS
50:00:50	3.9	4.4	2.9	3.0	3.6	0.3	NS
40:40:20	3.8 ab	4.2 a	2.1 b	3.1 ab	3.3	0.2	***
20:70:10	4.3 a	3.2 ab	2.1 b	4.1 ab	3.4	0.3	***
Promedio	3.8 a	3.9 a	2.3 b	3.2 ab			***
EEM	0.2	0.2	0.3	0.2			
Sig.	NS	NS	NS	NS			
Trébol blanco(H:T)							
100:00:00	---	---	---	---	---	---	---
70:20:10	3.2	2.8	2.7	3.1	2.9	0.3	NS
50:00:50	2.5 b	3.0 b	2.6 b	4.6 a	3.1	0.3	***
40:40:20	2.8	3.1	2.5	3.2	2.9	0.2	NS
20:70:10	3.5 ab	3.5 ab	2.4 b	4.5 a	3.4	0.3	***
Promedio	3.0	3.1	2.6	3.8			NS
EEM	0.2	0.2	0.3	0.2			
Sig.	NS	NS	NS	NS	NS		

abcd=Medias con la misma literal minúscula en una misma hilera, no son diferentes (P>0.05); ABCD=Medias con la misma literal mayúscula en una misma columna, no son diferentes (P>0.05); EEM= Error estándar de la media; Sig.=Significancia; ***=P<0.05; NS= No significativo.

En trébol blanco la relación hoja:tallo no presentó efecto significativo entre asociaciones ($P>0.05$), de igual forma no hubo diferencias entre estaciones excepto en la asociación 50:00:50 con los siguientes valores: 4.6, 3.0, 2.6 y 2.5 para verano, invierno, primavera y otoño, respectivamente y, la asociación 20:70:10 con valores para verano de 4.5, otoño de 3.5, invierno de 3.5 y primavera de 2.4.

3.5.4 Altura de forraje

Los datos muestran que no se presentaron diferencias en altura entre asociaciones (Cuadro 3). Independientemente de la asociación, la altura de la pradera registró efecto significativo ($P<0.05$) entre estaciones del año, como se muestra en el promedio estacional de las diferentes asociaciones: 41 cm en verano, 39 cm en otoño, 35 cm en primavera y 28 cm en invierno. En general, se observó que las diferentes asociaciones estudiadas presentaron esta tendencia excepto 50:00:50 y 40:40:20 donde en otoño y primavera no se observaron diferencias entre ellas, pero coincidiendo con el resto de las asociaciones en que durante el invierno se registró la menor altura. Lo anterior, se puede atribuir a que en invierno se reportaron temperaturas mínimas inferiores a 0 °C, mientras que para verano las temperaturas mínimas siempre estuvieron por arriba de los 5 °C (Figura 1). Al respecto, McKenzie *et al.* (1999) consignan que dentro de los elementos del clima las bajas temperaturas en invierno son las que determinan la menor producción y tasa de crecimiento de los forrajes.

Los datos obtenidos en la presente investigación coinciden con los reportados por Velasco *et al.* (2005) quienes observaron diferencias estadísticas entre estaciones y entre frecuencias de cosecha; registrando la mayor altura de ballico perenne en

verano con 14.4 y la menor de 7.3 cm en invierno. Por otra parte, Castro *et al.* (2012) en una investigación con ballico perenne, ovillo y trébol blanco encontró que independientemente del tratamiento la menor altura se registró en invierno con 11 cm, mientras que la mayor fue de 26 cm en verano.

Cuadro 3. Cambios estacionales en altura de forraje (cm) de ballico perenne (*Lolium perenne* L.) solo y asociado con ovillo (*Dactylis glomerata* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.).

Asociación (Ovillo- Ballico perenne- Trébol blanco)	Año 2010		Año 2011		Promedio	EEM	Sig.
	Otoño	Invierno	Primavera	Verano			
100:00:00	42 a	28 c	36 b	43 a	37	1.9	***
70:20:10	40 a	29 b	36 ab	41 a	37	1.7	***
50:00:50	39 b	29 c	35 b	40 a	36	1.8	***
40:40:20	37 b	29 c	35 b	40 a	35	1.6	***
20:70:10	36 a	25 b	33 ab	39 a	33	1.8	***
Promedio	39 a	28 c	35 b	41 a			***
EEM	0.9	1.1	0.7	0.5			
Sig.	NS	NS	NS	NS	NS		

abcd=Medias con la misma literal minúscula en una misma hilera, no son diferentes ($P>0.05$); ABCD=Medias con la misma literal mayúscula en una misma columna, no son diferentes ($P>0.05$); EEM= Error estándar de la media; Sig.=Significancia; ***= $P<0.05$; NS= No significativo.

3.5.5 Densidad de plantas (plantas m^{-2})

Se registraron diferencias estadísticas ($P<0.05$) entre asociaciones para las tres especies forrajes estudiadas; sin embargo, entre estaciones solamente se observó en ballico perenne (Cuadro 4). Las diferencias observadas en los promedios anuales entre asociaciones indican que la asociación 20:70:10 fue la que registró el mayor número de plantas (33 plantas m^{-2}), le siguió la asociación 40:40:20 con 21 plantas

m⁻² y por último con 10 plantas m⁻² la asociación 70:20:10. En contraste, el pasto ovillo y el trébol blanco la densidad de plantas se incrementó a medida que la proporción de la mezcla en la asociación aumentó, teniendo la mayor densidad de plantas (P<0.05) para la asociación 50:00:50 con un promedio anual de 10 plantas m⁻², le siguió la asociación 40:40:20 con 9 plantas m⁻², 20:70:10 con 5 plantas m⁻² y por último con 4 plantas m⁻² para la asociación 70:20:10.

Para ballico perenne se observa que independientemente de la estación del año, se presentaron diferencias entre asociaciones, siendo mayor la densidad de plantas conforme fue mayor la cantidad de la mezcla de ballico perenne. La asociación 100:00:00 registró la mayor densidad de plantas (28 plantas m⁻²) y la menor fue de 14 plantas m⁻² que presentó 40:40:20. Independientemente de la asociación se observó una disminución en la densidad de plantas m⁻² conforme avanzó la investigación, presentando el siguiente orden: 29 > 25 > 20 > 11 plantas m⁻² para otoño, invierno, primavera y verano, respectivamente, teniendo con ello un promedio de pérdida de plantas del 62 %, siendo más marcada la reducción al llegar al verano. El porcentaje de reducción en la densidad de plantas (P<0.05) fue directo a la proporción de la mezcla en la asociación de ballico perenne, presentando el siguiente orden: 71 > 70 > 60 > 57 > 48 % de pérdida en la densidad de plantas para las asociaciones 70:20:10, 100:00:00, 50:00:00, 40:40:20 y 20:70:10, respectivamente. Al respecto Chapman y Lemaire (1993) consignan que las praderas responden de manera diferente al manejo que se les practique afectando su persistencia y rendimiento por efecto de una intensidad de cosecha o intervalo de corte, viéndose perjudicada para este caso el ballico perenne y beneficiado el ovillo y trébol blanco.

Cuadro 4. Cambios estacionales en densidad de plantas (plantas m⁻²) de ballico perenne (*Lolium perenne* L.) solo y asociado con ovillo (*Dactylis glomerata* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.).

Asociación (Ballico perenne- Ovillo-Trébol blanco)	Año 2010		Año 2011		Promedio	EEM	Sig.
	Otoño	Invierno	Primavera	Verano			
Ovillo (Plantas m⁻²)							
100:00:00	---	---	---	---	---	---	---
70:20:10	12 C	10 C	10 C	9 C	10 C	0.5	NS
50:00:50	---	---	---	---	---	---	---
40:40:20	22 B	22 B	21 B	21 B	21 B	0.6	NS
20:70:10	35 A	34 A	31 A	31 A	33 A	1.0	NS
Promedio	23	22	21	20			NS
EEM	3.8	3.7	3.6	3.6			
Sig.	***	***	***	***	***		
Ballico perenne (Plantas m⁻²)							
100:00:00	40 Aa	35 Aab	26 Ab	12 c	28 A	3.3	***
70:20:10	31 Ba	27 ABa	21 ABb	9 c	22 AB	2.6	***
50:00:50	25 Bba	21 Ba	19 ABa	10 b	19 B	1.8	***
40:40:20	21 Ba	20 Ba	18 Ba	9 b	14 B	1.8	***
20:70:10	25 Ba	24 Bab	17 Bbc	13 c	19 B	1.7	***
Promedio	29 a	25 ab	20 b	11 c			***
EEM	1.8	1.8	1.6	0.8			
Sig.	***	***	***	NS	***		
Trébol blanco (Plantas m⁻²)							
100:00:00	---	---	---	---	---	---	---
70:20:10	4 B	4 B	4 B	4 B	4 B	0.2	NS
50:00:50	11 A	10 A	10 A	10 A	10 A	0.3	NS
40:40:20	9 A	9 A	9 A	8 AB	9 A	0.3	NS
20:70:10	5 B	5 B	5 B	5 B	5 B	0.2	NS
Promedio	7	7	7	7			NS
EEM	1.0	0.9	0.9	0.9			
Sig.	***	***	***	***	***		

abcd=Medias con la misma literal minúscula en una misma hilera, no son diferentes (P>0.05); ABCD=Medias con la misma literal mayúscula en una misma columna, no son diferentes (P>0.05); EEM= Error estándar de la media; Sig.=Significancia; ***=P<0.05; NS= No significativo.

3.6 CONCLUSIONES

- El mayor rendimiento anual de materia seca lo obtuvo la asociación 50:00:50 de ballico perenne, ovilla y trébol blanco.
- Todas las asociaciones presentaron estacionalidad en el rendimiento de forraje, siendo menor en invierno.
- El ballico perenne es la especie que más contribuye al rendimiento en otoño, invierno y primavera, mientras que el pasto ovilla y trébol blanco lo hacen en verano.
- De las tres especies estudiadas el ballico perenne es la que menor persistencia presenta con el manejo realizado.

3.7 LITERATURA CITADA

- Acosta, D. N. G., Canglano, D. C., Miñón, V. D. (1995). Efecto de manejo de pastoreos y de la fertilización nitrógenada sobre la composición botánica de una pradera de ballica perenne (*Lolium perenne* L.). Agricultura Técnica (Chile). 55 (1) 9-15
- Aguado, S. G. A., Rascón, C. Q., Pons, H. J. L., Grageda, C. O., García, M. E. (2004). Manejo biotecnológico de gramíneas forrajeras. Técnica Pecuaria en México. 42(002) 261-276.
- Arriaga, J. C., Espinoza, O. A., Albarrán, P. B., Castelán, O. O. (1999). Producción de leche en pastoreo de praderas cultivadas: una alternativa para el Altiplano Central. Ciencia Ergo Sum. 6 (3) 290-300.
- Brock, J. L., 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 Reserch. (43) 335-343

- Brock, J. L., Caradus, J. R., Hay, M. J. M., (1989). Fifty years of White clover research in New Zealand Journal of Agricultural Research. 43: 335-343
- Camacho, G. J. L., García, M. J. G. (2003). Producción y calidad del forraje de cuatro variedades de alfalfa asociadas con trébol blanco, ballico perenne, festuca alta y pasto ovido. Veterinaria de México. 34(2) 151-177
- Castro, R. R., Hernández-Garay, A., Vaquera, H. H., Hernández de la P, G. J., Quero, C. A. R., Enríquez Q. J. F. y Martínez, H. P. A. (2012). Comportamiento productivo de asociaciones de gramíneas con leguminosas en pastoreo. Revista Fitotecnia Mexicana. 35(1) 87-95.
- Chapman, D. F., Lemaire, G. (1993). Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. Proceedings of the XVII International Grassland Congress. New Zealand and Australia. 95-104 p.
- Delgadillo, M. J., Ferrera, C. R., Galvis, S. A., Hernández, P. M., Cobos, A. (2005). Fijación biológica de nitrógeno de trébol hubba/ballico de corte o de pastoreo. Revista Terra Latinoamericana. 23. (1) 73-79.
- Durand J. L., Schauffele, 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
- García, E. (2004). Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. 4 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

- Gylfadóttir, T., Helgadóttir, J. H., Høgh (2007). Consequences of including adapted white clover in northern European grassland: transfer and deposition of nitrogen. *Plant Soil*. 297: 93-104
- Hernández-Garay, A., Hodgson, J., Matthews, C., (1997). Effect of spring grazing management on perennial ryegrass/White clover pastures. 1. Tissue turnover and herbage accumulation. *New Zealand Journal Agricultural Research*. 40: 25-35
- Hodgson, J. (1990). *Grazing Management: Science into Practice*. Longman Scientific and Technical. Harlow, England. 204 p.
- Horrocks, R., Valentine, J. F. (1999). *Harvested Forages*. Academic Press. Oval Road, London. United States of America. 426 p.
- McKenzie, B. A., Kemp, P. D., Moot, D. J., Matthews, C., Lucas, R. J. (1999). Environmental effects on plant growth and development. In: White J, Hodgson J editors. *New Zealand Pasture Crop Sci*. 29-44 p.
- Mendoza, P. S. I., Hernández, G. A., Pérez, P. J., Quero, C. A. R., Escalante, E. A. S., Zaragoza, R. J. L., Ramírez, R. O. (2010). Respuesta productiva de la alfalfa a diferentes frecuencias de corte. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 1(3): 287-296 p.
- Minitab (2006). *Meet minitab, Manual for the basic practice of statistics*. W Freeman (ed). USA.
- Ortiz, S. C. (1997) *Colección de Monolitos*. Depto. Génesis de suelos. Edafología. IRENAT. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México.
- Pérez, B. Ma. T, Hernández, G. A., Pérez, P. J. Herrera, H. J. G., Bárcena, J. R. (2002). Respuesta productiva y dinámica de rebrote del ballico perenne a diferentes alturas de corte. *Técnica Pecuaria en México*. 40 (3) 251-263

- Pirhofer K W, J Rasmussen, J H Hogh, J Eriksen, K Soegaar, J Rasmussen (2012) Nitrogen transfer from forage legumes to nine neighboring plants in a multi-species grassland. *Plant Soil*. 350: 71-84
- Sanderson, M. A., Soder, K. J., Muller, L. D., Klement, K.D., Skinner, R. H., Goelee, S.C. (2005). Forage mixture productivity and botanical composition in pastures grazed by dairy cattle. *Agronomy Journal*. 97:1465-1471.
- Sánchez, T. M. Mileras, L. Simón, L. Lamela, O., López (2007). Las potencialidades de las asociaciones gramíneas-leguminosas como alimento de los rumiantes. *Revista electrónica de Veterinaria*. 7 (12) 1695-7504
- SAS (1999) User's guide. Statistics, version 8. Sixth edition. SAS Inc. Cary, North Carolina, USA. 956 p.
- Scheneiter, O., Carrete, J., Amendola (2006). Utilización de pasturas de alfalfa-festuca alta con dos sistemas de pastoreo. I. Disponibilidad, composición y digestibilidad del forraje. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*. 35 (003) 3-18.
- Steel, R. G., Torrie, R. J. L. (1988). *Bioestadística: Principios y procedimientos*. 2ª edición. Mc Graw – Hill. México. 622 p.
- Velasco, Z. M. E., Hernández, G. A., González, H.V., Pérez, P. J., Vaquera, H. H., Galvis, S.A. (2001) Curva de crecimiento y acumulación estacional del pasto ovilla (*Dactylis glomerata* L.). *Técnica Pecuaria en México*. 39 (1):1-14.
- Velasco, Z. M. E., Hernández, G. A., González, H. V. A., Pérez, P.J., Vaquera, H. H. (2002). Curvas estacionales de crecimiento de ballico perenne. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 25 (001) 97-106.

Velasco, Z. M. E., Hernández, G. A., González, H. V. A. (2005). Rendimiento y valor nutritivo del ballico perenne (*Lolium perenne* L.) en respuesta a la frecuencia de corte. *Técnica Pecuaria en México*. 43 (002) 247-258.

CAPÍTULO 4. RENDIMIENTO DEL PASTO OVILLO (*Dactylis glomerata* L.) SOLO Y ASOCIADO CON BALLICO PERENNE (*Lolium perenne* L.) Y TRÉBOL BLANCO (*Trifolium repens* L.)

4.1 RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar la respuesta productiva del pasto ovillo solo y asociado con ballico perenne y trébol blanco. El experimento se llevó a cabo en Montecillo, Estado de México en praderas de pasto ovillo (O) solo y asociado a diferentes proporciones con ballico perenne (BP) y trébol blanco (TB). Las asociaciones estudiadas fueron: 100:00:00, 70:20:10, 50:00:50, 40:20:40 y 20:40:40 % de pasto ovillo, ballico perenne y trébol blanco (O:BP:TP), y se distribuyeron en un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. Se determinó el rendimiento de forraje, composición botánica y morfológica, relación hoja:tallo, altura y densidad de plantas m⁻². El mayor rendimiento anual de forraje ($P < 0.05$) lo registró la asociación 20:40:40 % de O:BP:TB con 24,367 kg MS ha⁻¹, en donde al inicio de la investigación (otoño) la especie que más contribuyó al rendimiento fue el ballico perenne (83 %), mientras que al final (verano) lo fueron el pasto ovillo (33 %) y trébol blanco (44 %). La mayor altura se registró en las asociaciones donde se encontró el ballico perenne, mientras que las menores en la pradera de ovillo solo y asociado con trébol blanco. Independientemente del tratamiento el menor y mayor rendimiento de forraje se presentó en invierno y primavera, respectivamente. Se concluye que al utilizar tres especies en las praderas se incrementa el rendimiento anual de forraje.

Palabras clave: Ballico perenne, ovillo, trébol blanco, rendimiento de forraje, composición botánica y morfológica.

4.2 SUMMARY

The aim of this study was to evaluate the productive response of orchardgrass alone and associated with perennial ryegrass and white clover. The experiment was conducted in Montecillo, State of Mexico. Treatments consisted of orchardgrass (O) alone and associated with perennial ryegrass (BP) and white clover (TB), at different proportions, as follow: 100:00:00, 70:20:10, 50:00:50, 40:20:40 and 20:40:40 % of O:BP:TP, distributed in a randomized block design with three replications. Herbage yield, botanical and morphological composition, leaf:stem ratio, sward height and plant density were evaluated. The largest annual herbage yield ($P < 0.05$) was recorded by the association 20:40:40 % of O:BP:TB with $24,367 \text{ kg DM ha}^{-1}$; at the beginning of the trial (autumn) perennial ryegrass had the highest contribution to the herbage yield with 83 %, while at the end (summer) they were orchard grass (33 %) and white clover (44 %). The highest sward height was recorded in perennial ryegrass swards, while the lowest on those with orchardgrass alone and associated with white clover. Regardless of the treatment used the lowest and highest herbage yield occurred in winter and spring, respectively. It is concluded that by using three species in the sward increases the annual herbage yield.

Keywords: Perennial ryegrass, orchardgrass, white clover, herbage yield, botanical and morphological composition.

4.3 INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción animal, basados en el pastoreo intensivo, son una alternativa rentable para tener menores costos de manejo y alimentación de los animales, que los sistemas de alimentación en confinamiento y permiten mayores ganancias financieras aún con producciones moderadas (Arriaga *et al.*, 1999; Lemus *et al.*, 2002). Dicho manejo de praderas debe 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 lámina foliar, aparición y muerte de tallos y estolones, así como, en el crecimiento radical, por lo que las especies forrajeras logran la mayor producción de biomasa, cuando se encuentran en sus rangos óptimos de temperatura (McKenzie *et al.*, 1999).

Por otra parte, 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. La explicación de 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 ayuda a investigadores y productores, a mejorar las prácticas de manejo del

pastoreo, para mantener la proporción de los componentes deseados en la pradera (Karsten y Carlassare, 2002). Sin embargo, 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, por estar sujeto a un patrón de crecimiento, influenciado por la radiación solar, temperatura, humedad y nutrientes que determinan la cantidad de biomasa por ciclo de producción, rendimiento estacional y anual (Lemaire, 2001; Matthew *et al.*, 2001).

Debido a ello, se han buscado alternativas que incrementen el valor nutritivo y el rendimiento de forraje con la finalidad de disminuir costos, en ellas destacan los sistemas de producción en pastoreo con praderas solas o asociadas de pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.), ballico perenne (*Lolium perenne* L.), alfalfa (*Medicago sativa* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.) (Elizalde *et al.*, 1992; González, 2004; Castro *et al.*, 2012 y 2013). Al respecto, Sanderson *et al.* (2005) y Cab *et al.* (2008) señalan que el rendimiento es menor en gramíneas o leguminosas puras o con dos especies que aquellas con más de tres. Por otra parte, el utilizar leguminosas asociadas con gramíneas permite mejorar la calidad nutricional de la dieta y la fertilidad del suelo (Hodgson y Brookes, 1999).

Debido a lo anterior el presente estudio tuvo como objetivo determinar el rendimiento estacional y anual, composición botánica, composición morfológica, altura y número de plantas m⁻² del pasto ovillo en monocultivo y asociado con ballico perenne y trébol blanco.

4.4 MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó de septiembre del 2010 a septiembre de 2011, en el Campo Experimental del Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México, ubicado a 19° 29' de LN y 98° 53' de LO, a una altura de 2240 msnm. El clima del lugar es templado subhúmedo, el más seco de los subhúmedos, con precipitación media anual de 636.5 mm y régimen de lluvias en verano, (junio a octubre); y temperatura media anual de 15.2 °C (García, 2004). El suelo del área es franco arenoso, ligeramente alcalino con pH de 7 - 8 (Ortiz, 1997).

Las praderas fueron establecidas en febrero de 2010, mediante el método de hileras a 30 cm (gramíneas), mientras que la leguminosa fue en forma perpendicular con una distancia entre surcos de aproximadamente 30 cm; tomando como base las densidades de 20, 30 y 5 kg ha⁻¹ para pasto ovido, ballico perenne y trébol blanco, respectivamente. Las praderas no fueron fertilizadas y en la época de estiaje, se proporcionaron riegos a capacidad de campo cada dos semanas.

Antes de iniciar la investigación, se realizó un pastoreo de uniformización con ovinos, aproximadamente a 5 cm sobre el nivel del suelo. Posteriormente los pastoreos se realizaron cada cuatro semanas en primavera-verano y cada 5 y 6 semanas durante otoño e invierno, respectivamente. Cabe mencionar que los ovinos únicamente fueron utilizados como defoliadores, mismos que fueron manejados en las parcelas experimentales mediante un cerco eléctrico.

Las combinaciones de gramíneas y leguminosa fue realizada mediante el paquete Minitab (2006), con un diseño de vértices con tres componentes de la mezcla, con

restricción a la leguminosa en un 10 y 50 % como mínimo y máximo, respectivamente; y teniendo como testigo un tratamiento al 100 % de pasto ovillo. Los tratamientos consistieron de la siguiente manera: 100:00:00, 70:20:10, 50:00:50, 40:20:40 y 20:40:40 % de ovillo (O), ballico perenne (BP) y trébol blanco (TB). Las asociaciones se distribuyeron aleatoriamente en 15 parcelas experimentales de 9 por 8 m, de acuerdo a un diseño de bloques al azar con tres repeticiones.

4.4.1 Rendimiento de forraje

Para obtener el rendimiento de forraje en cada parcela, al inicio del experimento se establecieron aleatoriamente dos cuadros fijos de 0.25 m², donde se cosechó el forraje presente un día antes del pastoreo a una altura aproximada de 5 cm sobre el nivel del suelo. El forraje presente dentro de cada cuadro se depositó en bolsas de papel etiquetadas, se lavó la muestra y se expuso a un proceso de secado en una estufa de aire forzado, a una temperatura de 55 °C durante 72 h. Posterior a ello, las praderas fueron pastoreadas por ovinos a una altura de 5 cm aproximadamente; después del pastoreo se tomó una muestra a nivel del suelo, con un cuadro de 0.25 m², al azar en cada unidad experimental para tener la cantidad de forraje residual, mismas que se llevaron de igual forma a materia seca. Una vez secas las muestras de forraje se registraron su peso seco, se sumó el forraje presente antes del pastoreo y residual para determinar el rendimiento total de forraje por corte y por unidad de superficie (kg MS ha⁻¹); con estos datos se calculó el rendimiento estacional y anual.

4.4.2 Composición botánica y morfológica

De las muestras de forraje cosechado para determinar el rendimiento, se tomó una submuestra de aproximadamente 20 %. Cada submuestra se separó en las diferentes especies deseadas (ballico perenne, ovido y trébol blanco) y no deseadas (malezas) para determinar la composición botánica. A las especies deseadas se les separaron sus componentes morfológicos (hojas, tallos, material muerto y flor), para determinar la composición morfológica. Cada componente separado se secó en una estufa de aire forzado, a una temperatura de 55 °C por 72 h y se determinó su peso seco.

Para determinar la contribución (porcentaje) en el rendimiento se utilizó la siguiente fórmula:

$$CBM = (COMP * 100) / R$$

Dónde:

CBM = Composición botánica y morfológica (%)

COMP = Submuestra del componente separado y/o especie (kg MS ha⁻¹)

R = Rendimiento (kg MS ha⁻¹)

4.4.3 Relación hoja:tallo

Los datos originados a partir de la composición morfológica, sirvieron para calcular la relación hoja:tallo, la cual se obtuvo con la siguiente fórmula:

$$\text{Hoja:tallo} = H / T$$

Dónde:

Hoja:tallo = Relación hoja: tallo.

H = Peso seco de la hoja (kg MS ha⁻¹).

T = Peso seco de tallo (kg MS ha⁻¹).

4.4.4 Altura del forraje

Para determinar la altura promedio por planta de cada asociación, un día antes de cada pastoreo se realizaron 20 mediciones de altura con la regla en cada unidad experimental. Para ello, se utilizó una regla graduada de 100 cm, la cual se colocó al azar en las parcelas, de forma que la parte inferior de la regla graduada quedara a nivel de suelo. Posteriormente, un dispositivo con el que cuenta la regla, se colocaba de manera vertical arriba del dosel vegetal y se deslizó hacia abajo, hasta que éste tocó algún componente morfológico y se registró la altura. La altura promedio se obtuvo al sumar las 20 mediciones y dividirla entre 20.

4.4.5 Densidad de plantas (plantas m⁻²)

Al inicio de la investigación se estableció un cuadro fijo de 1 m² de forma aleatoria en cada unidad experimental. Un día antes de cada pastoreo se contó el número de plantas presentes por especie (pasto ovillo, ballico perenne y trébol blanco), y con ello, se obtuvo el número promedio de plantas por especie de forma estacional.

4.4.6 Datos climatológicos

La temperatura máxima mensual osciló entre 28 y 36 °C, en tanto que la temperatura mínima mensual osciló entre -13 y 6 °C (Figura 1). La temperatura alta se presentó en primavera, y fueron superiores de 25 °C, registrándose la máxima en abril y mayo con 36 °C. La temperatura baja (cerca de 0 °C) se registró en noviembre y diciembre. La precipitación acumulada de agosto de 2010 a septiembre de 2011 fue

de 518.5 mm, de los cuales el 57 % se presentó en dos meses, agosto de 2010 y julio de 2011 con 149.6 y 147.47 mm, respectivamente.

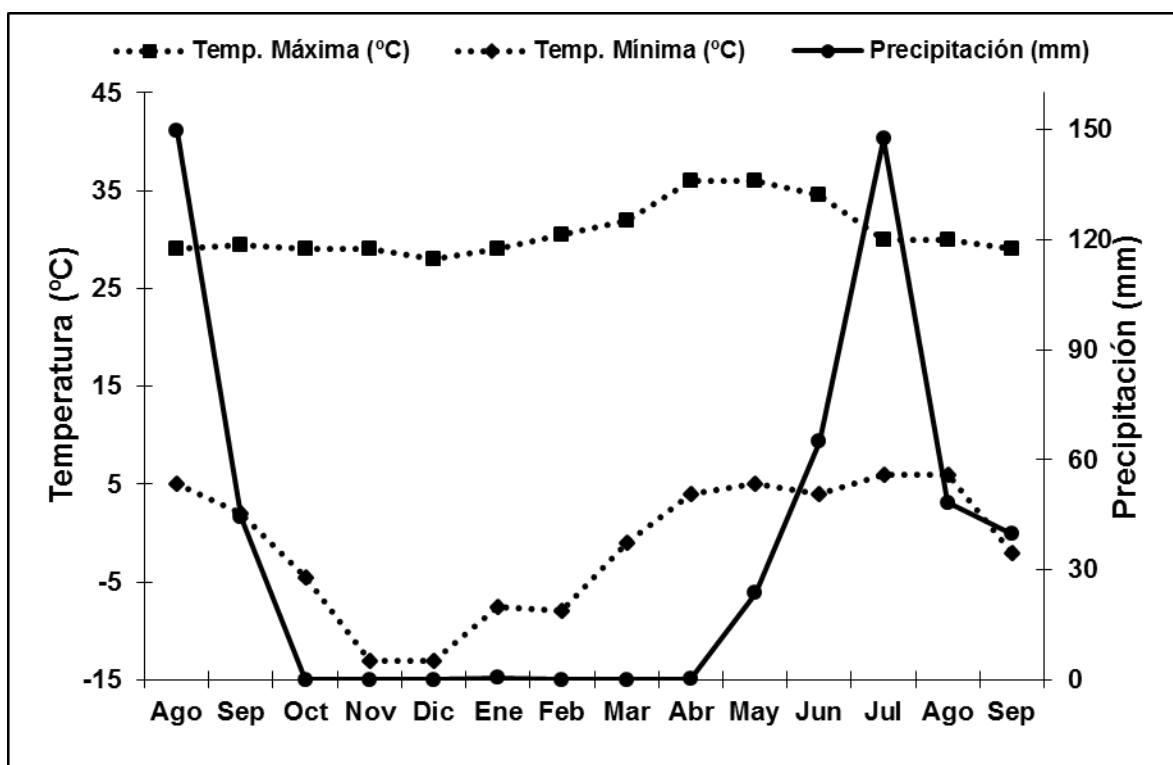


Figura 1. Temperaturas media mensual máxima y mínima y precipitación acumulada durante el periodo de estudio (2010 y 2011).

4.4.7 Análisis estadístico

Para comparar el efecto de las asociaciones estudiadas, se realizó un análisis de varianza con el procedimiento de Modelo Mixtos (SAS, 1999), con un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. La comparación de medias se efectuó mediante la prueba de Tukey ajustada ($\alpha= 0.05$) según Steel y Torrie (1988).

4.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.5.1 Rendimiento de forraje

La asociación 20:40:40 de O:BP:TB registró el mayor rendimiento anual, siendo estadísticamente diferente a los demás tratamientos (Cuadro 1). El rendimiento anual presentó el siguiente orden descendente 20:40:40 (24,367 kg MS ha⁻¹) > 40:20:40 (21,145 kg MS ha⁻¹) > 70:20:10 (20,165 kg MS ha⁻¹) > 50:00:50 (20,165 kg MS ha⁻¹) > 100:0:00 (18,719 165 kg MS ha⁻¹) de O:BP:TB, con una diferencia 23 % entre la asociación que presentó el mayor y menor rendimiento de forraje (P<0.05). Al comparar el rendimiento estacional entre asociaciones, solo se observaron diferencias estadísticas en otoño, en donde la asociación 20:40:40 de O:BP:TB superó los demás tratamientos (P<0.05).

Independientemente del tratamiento hubo diferencias estadísticas (P<0.05) entre estaciones del año (exceptuando la asociación 70:20:10 de O:BP:TB) en donde el mayor rendimiento estacional se presentó en primavera y otoño y el menor en invierno, atribuyéndose a que se registró la mayor y menor temperatura, respectivamente (Figura 1). Al respecto, diversos autores como Clark *et al.* (1995); Horrocks y Vallentine (1999) y Carneiro *et al.* (2008) señalaron 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 y la mayor acumulación neta de forraje. El mayor rendimiento observado durante el otoño se puede asociar al rápido establecimiento que tiene el ballico perenne y a la excelente adaptación a las bajas temperaturas y heladas, en comparación el pasto ovilla y trébol blanco (Muslera y Ratera, 1991).

Cuadro 1. Rendimiento anual y estacional (kg MS ha⁻¹) de ovido (*Dactylis glomerata* L.) sólo y asociado con ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.).

Asociación (Ovillo- Ballico perenne- Trébol blanco)	Año 2010		Año 2011		EEM	Sig.	Total anual
	Otoño	Invierno	Primavera	Verano			
100:00:00	5052 Bb	2306 c	6185 a	5176 ab	440	***	18719 B
70:20:10	6088 B	3744	5666	4667	359	NS	20165 B
50:00:50	4928 Bb	3606 c	6198 a	4185 bc	301	***	18916 B
40:20:40	6201Bab	3416 c	6772 a	4756 bc	420	***	21145 B
20:40:40	7841 Aa	4825 c	6507 ab	5194 bc	374	***	24367 A
Promedio	6021 ab	3579c	6265 a	4795 bc		***	
EEM	228	200	140	148			
Sig.	***	NS	NS	NS			***

abcd=Medias con la misma literal minúscula en una misma hilera, no son diferentes (P>0.05); ABCD=Medias con la misma literal mayúscula en una misma columna, no son diferentes (P>0.05); EEM= Error estándar de la media; Sig.=Significancia; ***=P<0.05; NS= No significativo

La distribución estacional del rendimiento anual de forraje de la mejor asociación (20:40:40 de O:BP:TB) presentó el siguiente orden durante las estaciones del año: 32 % (otoño) > 27 % (primavera) > 21% (verano) > 20% (invierno). Estos resultados fueron superiores a los encontrados por Castro *et al.* (2012) en donde el mayor rendimiento se logró con la asociación 40:20:40 de trébol blanco, ovido y ballico perenne con 17,274 kg MS ha⁻¹año⁻¹. Sin embargo, son inferiores a los registrados por Camacho y García (2003) en la asociación de alfalfa, trébol blanco, ballico perenne, festuca alta y pasto ovido con 33,700 kg MS ha⁻¹ año⁻¹.

4.5.2 Composición botánica y morfológica

La composición botánica y morfológica del pasto ovillo solo y asociado con el ballico perenne y trébol blanco se presenta en la Figura 2. Independientemente de los tratamientos se observó que los porcentajes de hoja y tallo de ballico perenne son similares entre estaciones. Sin embargo, el porcentaje de ballico perenne registró diferencias significativas ($P < 0.05$) entre las estaciones de otoño y verano, con el mayor (83 %) y menor valor (9 %), respectivamente, del 100 % de la composición botánica (excepto los tratamientos 100:00:00 y 50:00:50 O:BP:TB). Estos resultados se atribuyen a la muerte de plantas de ballico perenne. Al respecto, Chapman y Lemaire (1993) y Matthew *et al.* (1996) consignan que la persistencia y rendimiento de una pradera depende del manejo que se le practique, el cual influye en su dinámica de crecimiento, es decir, en los cambios en población y tamaño de tallos, los cuales están estrechamente relacionados con la tasa de aparición, elongación y vida media de las hojas y tallos.

Tanto la hoja y tallo del pasto ovillo y trébol blanco presentaron un comportamiento muy similar entre estaciones. No obstante, el aporte que representan estas especies al rendimiento entre las diferentes estaciones del año es inverso al del pasto ballico perenne. Existen diferencias significativas entre estaciones ($P < 0.05$) para el pasto ovillo, en donde el promedio de los tratamientos representa tan solo el 12 % en otoño, y 45 % para verano; respuesta muy similar existió en el trébol blanco ($P < 0.05$), en donde para otoño representó un 12 % de la composición botánica, mientras que en verano fue del 43 %. Nótese que para el inicio de la investigación en otoño la especie que mayor contribuyó al rendimiento fue el pasto ballico perenne y para verano solo el ovillo y trébol blanco.

El componente maleza no presentó diferencias estadísticas ($P < 0.05$) entre tratamientos y estaciones, con excepción del verano, en donde el tratamiento que menor cantidad de maleza presentó fue 50:00:50 atribuible a que el trébol blanco por ser una especie estolonífera no permitió espacios libres para que invadieran otras especies; sin embargo, el tratamiento de 20:40:40 mostró el mayor porcentaje de maleza (4.6 %) como resultado de la muerte de plantas de ballico perenne que permitieron la invasión de otras especies *Cynodon dactylon* (L.) Pers, *Eleusine multiflora* A. Rich. y *Malva parviflora* L.

La senescencia solamente presenta diferencias estadísticas entre tratamientos en invierno, teniendo el menor valor para 50:00:50 con 1.8 % y los mayores ($P < 0.05$) para 100:00:00 y 70:20:10 de O:BP:TB con 6.7 y 6.4 % respectivamente. Con base en ello, Matthews *et al.* (1999) mencionan que las pérdidas de forraje en la pradera por muerte y descomposición del mismo, se pueden reducir mediante diferentes estrategias de cosecha, aunque para este caso por ser una pradera mixta presenta mayor dificultad, no obstante que los intervalos de pastoreo se realizaron con base a la recomendaciones de Velasco *et al.* (2001) y (2005) para especies puras.

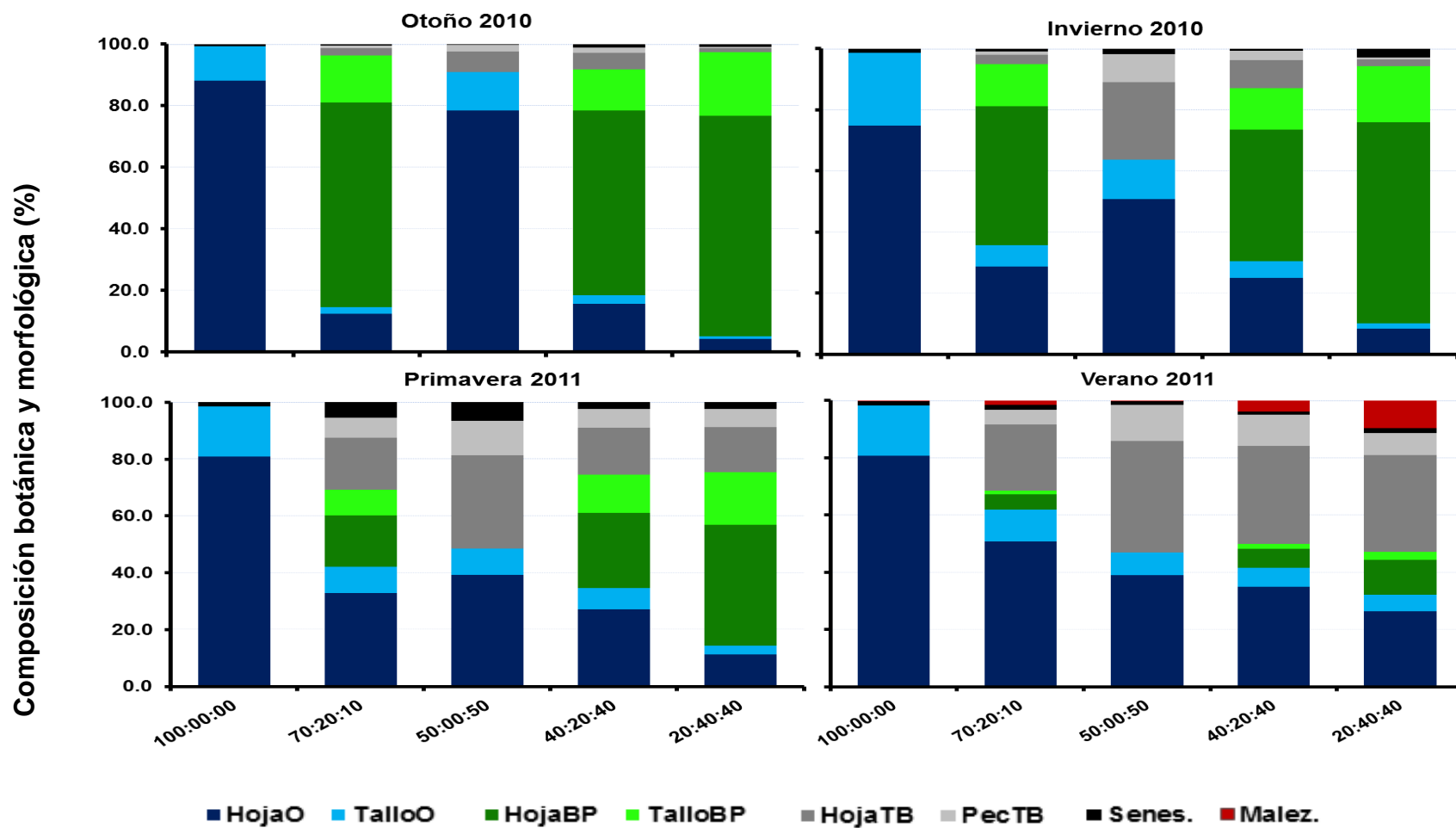


Figura 2. Cambios estacionales en la composición botánica y morfológica del pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) solo y asociado con ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.).

4.5.3 Relación hoja:tallo

La relación hoja:tallo del pasto ovilla no registró diferencias estadísticas entre asociaciones durante todo el periodo experimental (Cuadro 2). Sin embargo, al comparar cada asociación, entre estaciones del año, se observó, con excepción de la asociación 70:20:10 de O:BP:TB, un efecto significativo en la relación hoja:tallo ($P < 0.05$). Independiente de la asociación los mayores valores se registraron en otoño y los menores en primavera; esto se atribuye a que en este periodo se registraron temperaturas mínimas y máximas superiores a los 10 y 28 °C respectivamente, que favorecieron un crecimiento acelerado (Figura 1). Al respecto Zaragoza *et al.* (2009) consignan que la relación hoja:tallo del pasto ovilla varía con la estación del año y el intervalo de cosecha teniendo valores en verano de 25 y 2.8 para el intervalo de corte de una y ocho semanas, respectivamente.

La relación hoja:tallo en ballico perenne no presentó diferencias significativas entre tratamientos ($P > 0.05$). Se observaron diferencias significativas entre estaciones para los tratamientos 70:20:10 y 40:20:40 para O:BP:TB; en ambos casos el menor valor se registró en primavera como resultado de la mayor velocidad de crecimiento en esa estación, debido a que la especie tuvo las condiciones climáticas adecuadas, particularmente de temperaturas superiores a los 25 °C (Figura 1), lo que favoreció su fase reproductiva y aumentó el porcentaje de tallo, con respecto a la hoja. Velasco *et al.* (2002) consignan que el intervalo de corte y la estación del año afectan directamente la cantidad de hoja de esta especie, registrando los mayores valores en verano.

Cuadro 2. Cambios estacionales en la relación hoja:tallo de pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) sólo y asociado con ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.).

Asociación (Ovillo- Ballico perenne- Trébol blanco)	Año 2010		Año 2011		Promedio	EEM	Sig.
	Otoño	Invierno	Primavera	Verano			
Ovillo (H/T)							
100-00-00	7.8 a	3.1 b	4.5 b	4.6 b	5.0	0.57	***
70-20-10	6.3	4.1	3.6	4.6	4.7	0.43	NS
50-00-50	6.3 a	3.9 b	4.1 b	4.8 ab	4.8	0.36	***
40-20-40	5.9 a	4.6 ab	3.5 b	5.3 ab	4.8	0.38	***
20-40-40	5.7 a	4.5 ab	3.5 b	4.7 ab	4.6	0.31	***
Promedio	6.4 a	4.0 b	3.8 b	4.8 ab			***
EEM	0.27	0.34	0.21	0.19			
Sig.	NS	NS	NS	NS	NS		
Ballico perenne (H/T)							
100-00-00	---	---	---	---	---	---	---
70-20-10	4.3 a	3.2 ab	2.1 b	4.1 ab	3.4	0.31	***
50-00-50	---	---	---	---	---	---	---
40-20-40	4.6 a	3.2 ab	2.0 b	4.1 a	3.5	0.30	***
20-40-40	3.5	3.5	2.4	4.5	3.5	0.33	NS
Promedio	4.1 a	3.3 ab	2.2 b	4.2 a			***
EEM	0.53	0.41	0.30	0.55			
Sig.	NS	NS	NS	NS			
Trébol blanco(H/T)							
100-00-00	---	---	---	---	---	---	---
70-20-10	2.5 b	3.0 b	2.6 b	4.6 a	3.2	0.33	***
50-00-50	3.2	2.8	2.7	3.1	3.0	0.38	NS
40-20-40	2.8	3.1	2.5	3.2	2.9	0.31	NS
20-40-40	3.5 ab	3.5 ab	2.4 b	4.5 a	3.5	0.33	***
Promedio	3.0	3.1	2.6	3.9			NS
EEM	0.53	0.41	0.30	0.55			
Sig.	NS	NS	NS	NS	NS		

abcd=Medias con la misma literal minúscula en una misma hilera, no son diferentes ($P>0.05$); ABCD=Medias con la misma literal mayúscula en una misma columna, no son diferentes ($P>0.05$); EEM= Error estándar de la media; Sig.=Significancia; ***= $P<0.05$; NS= No significativo.

En trébol blanco la relación hoja:tallo no presentó efecto significativo entre tratamientos ($P < 0.05$); de igual forma no hubo diferencias entre estaciones excepto para el tratamiento 70:20:10 de O:BP:TB en donde el menor valor se registró en primavera con 2.6.

4.5.4 Altura del forraje

La altura de forraje (Cuadro 3) mostró diferencias significativas entre tratamientos y estaciones ($P < 0.05$). Independientemente de los tratamientos estudiados la menor altura se registró en invierno y la mayor en verano; esto puede ser atribuible a que en invierno se reportaron temperaturas mínimas inferiores a 0 °C, mientras que para verano las temperaturas mínimas siempre estuvieron por arriba de los 5 °C. Al respecto, McKenzie *et al.* (1999) consignan que dentro de los elementos del clima la baja temperatura es la que determina la menor producción y tasa de crecimiento de los forrajes en invierno. Comportamiento similar encontraron Velasco *et al.* (2001) y (2005) para pasto ovilla y ballico perenne respectivamente; menores valores en invierno y mayores en verano.

Independientemente de la estación del año, los tratamientos que registraron menores alturas ($P < 0.05$) fueron los de mayor cantidad de pasto ovilla y trébol blanco (100:00:00 y 50:00:50) y la mayor altura se observó en los tratamientos con ballico perenne; tal situación en diferencias de altura se debe a que tanto el pasto ovilla como el trébol blanco presentan un diferente hábito de crecimiento con respecto al ballico que es más postrado y de mayor altura.

Similar comportamiento fue reportado por Velasco *et al.* (2005) al encontrar diferencias estadísticas entre estaciones y entre frecuencias de cosecha; ellos observaron la mayor altura del ballico perenne en verano con 14.4 y la menor de 7.3 cm en invierno. Por otra parte, Castro *et al.* (2009) en una investigación con ballico perenne, ovillo y trébol blanco encontraron que independientemente del tratamiento la menor altura se registró en invierno con 11 cm, mientras que la mayor fue de 26 en verano.

Cuadro 3. Cambios estacionales en la altura de forraje por estación (cm) de pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) solo y asociado con ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.)

Asociación (Ovillo- Ballico perenne- Trébol blanco)	Año 2010		Año 2011		Promedio	EEM	Sig.
	Otoño	Invierno	Primavera	Verano			
	100-00-00	22 Cb	13 Bc	21 Bb			
70-20-10	36 ABA	25 Ab	33 Aab	39 Ba	33 AB	1.76	***
50-00-50	30 Bab	16 Bc	26 Bb	34 CDab	27 B	1.95	***
40-20-40	36 ABA	26 Ab	33 Aa	37 BCa	33 AB	1.38	***
20-40-40	39 Ab	29 Ac	37 Ab	44 Aa	37 A	1.72	***
Promedio	33 ab	22 b	30 ab	37 a			***
EEM	1.60	1.76	1.65	1.41			
Sig.	***	***	***	***	***		

abcd=Medias con la misma literal minúscula en una misma hilera, no son diferentes ($P>0.05$); ABCD=Medias con la misma literal mayúscula en una misma columna, no son diferentes ($P>0.05$); EEM= Error estándar de la media; Sig.=Significancia; ***= $P<0.05$; NS= No significativo.

4.5.5 Densidad de plantas (plantas m⁻²)

Los cambios estacionales en número de plantas (plantas m⁻²) se observa en el Cuadro 4 No se registraron diferencias significativas entre estaciones del año para el pasto ovilla y trébol blanco (Cuadro 4), únicamente para el ballico perenne ($P < 0.05$); en donde independientemente de la asociación el número de plantas m⁻² disminuyó conforme transcurrió el periodo experimental. De otoño a primavera la reducción fue del 47, 17 y 73 % para las asociaciones 70:20:10, 40:20:40 y 20:40:40 de O:BP:TB, respectivamente. La pérdida de plantas de ballico perenne fue más acentuada durante el verano con una disminución del 92, 91 y 136 % respecto al otoño, para las mismas asociaciones.

Al respecto, Chapman y Lemaire (1993) consignan que las praderas responden de manera diferente al manejo que se le practique afectando su persistencia y rendimiento por efecto de la intensidad e intervalo de cosecha. En ésta investigación en particular las especies beneficiadas por el manejo proporcionado fueron el pasto ovilla y trébol blanco en donde no hubo muerte de plantas ($P > 0.05$).

Cuadro 4. Cambios estacionales en la densidad de plantas (plantas m⁻²) de pasto ovido (*Dactylis glomerata* L.) soló y asociado con ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.).

Asociación (Ovillo-Ballico perenne- Trébol blanco)	Año 2010		Año 2011		Promedio	EEM	Sig.
	Otoño	Invierno	Primavera	Verano			
Ovillo (Plantas m⁻²)							
100-00-00	42 A	42 A	40 A	40 A	41 A	0.63	NS
70-20-10	35 AB	34 B	31 B	31 B	33 B	1.0	NS
50-00-50	32 AB	32 B	31 B	30 B	31 B	0.56	NS
40-20-40	22 C	22 C	21 C	21 C	22 C	0.56	NS
20-40-40	9 D	8 D	8 D	8 D	8.0 D	0.46	NS
Promedio	28	28	26	26			NS
EEM	3.1	3.1	3.0	3.0			
Sig.	***	***	***	***	***		
Ballico perenne (Plantas m⁻²)							
100-00-00	---	---	---	---	---	---	---
70-20-10	25 ABa	24ab	17bc	13c	20	1.7	***
50-00-50	---	---	---	---	---	---	---
40-20-40	21 Ba	20a	18 ^a	11b	18	1.3	***
20-40-40	26 Aa	23a	15b	11b	19	1.9	***
Promedio	24 a	22 ab	17 bc	12 c			***
EEM	3.0	2.7	2.2	1.6			
Sig.	***	NS	NS	NS	NS		
Trébol blanco (Plantas m⁻²)							
100-00-00	---	---	---	---	---	---	---
70-20-10	5 C	5 C	5 B	5 B	5 B	0.3	NS
50-00-50	13 A	12 A	12 A	12 A	12 A	0.5	NS
40-20-40	9 B	9 AB	9 A	8 AB	9 A	0.4	NS
20-40-40	10 B	9 AB	9 A	9 AB	9 A	0.4	NS
Promedio	9	9	9	9			NS
EEM	1.2	1.2	1.1	1.1			
Sig.	***	***	***	***	***		

abcd=Medias con la misma literal minúscula en una misma hilera, no son diferentes (P>0.05); ABCD=Medias con la misma literal mayúscula en una misma columna, no son diferentes (P>0.05); EEM= Error estándar de la media; Sig.=Significancia; ***=P<0.05; NS= No significativo.

4.6 CONCLUSIONES

- La asociación 20:40:40 de ovilla, ballico perenne y trébol blanco es la mejor combinación para producción de forraje.
- Todas las asociaciones presentaron estacionalidad en el rendimiento de forraje, siendo menor en invierno.
- El ballico perenne es la especie que más contribuye al rendimiento al inicio de la investigación, mientras que el pasto ovilla y trébol blanco lo hacen al final.
- El ballico perenne es una especie poco persistente, particularmente durante el verano.
- La persistencia del ballico perenne se redujo conforme avanzó el tiempo.

4.7 LITERATURA CITADA

- Arriaga, J. C., Espinoza, O. A., Albarrán, P. B. y Castelán, O. O. (1999). Producción de leche en pastoreo en praderas cultivadas: una alternativa para el Altiplano Central. *Ciencia Ergo Sum*. Noviembre. 6(3) 292-300
- Cab, J. F. E., Enríquez, Q. J. F., Pérez, P. J., Hernández, G. A., Herrera, H. J. G., Ortega, J. E. y Quero, C. A. R. (2008). Potencial productivo de tres especies de *Brachiaria* en monocultivo y asociadas con *Arachis pintoii* en Isla, Veracruz. *Técnica Pecuaria en México*. 46 (003) 317-332
- Camacho, G. J. L. y García, M. J. G. (2003). Producción y calidad del forraje de cuatro variedades de alfalfa asociadas con trébol blanco, ballico perenne, festuca alta y pasto ovilla. *Veterinaria de México*. 34 (2) 151-177.

- Carlassare, M., Karsten D H. 2002. Species contribution to seasonal productivity of a mixed pasture under two grazing height regimes. *Agronomy Journal*. 94:840-850.
- Carneiro D. S, Do Nascimento, J. D. y Batista, E. V. P. (2008). *Pastagens: Conceitos básicos, produção e manejo*. Viçosa-MG. Departamento de Zootecnia. Universidade Federal de Viçosa. San Paulo, Brasil. 115 p .
- Castro R R (2009) Patrón de rebrote y comportamiento productivo de la asociación de pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.), ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.). Tesis de Doctorado en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 110 p.
- Castro, R. R., Hernández G. A., Pérez P. J., Hernández G. J., Quero C. A. R., Enríquez Q. J. F., Martínez H. P. A. (2012). Comportamiento productivo de cinco asociaciones gramíneas-leguminosas bajo condiciones de pastoreo. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 35(1):87-95.
- Castro, R. R., Hernández G. A., Ramírez R. O., Aguilar B. G., Enríquez Q. J. F. y Mendoza P. S. I. (2013). Crecimiento en longitud foliar y dinámica de población de tallos de cinco asociaciones de gramíneas y leguminosa bajo pastoreo. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 4(2) 201-215
- Chapman, D. F. y Lemaire, G. (1993). Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. *Proceedings of the XVII International Grassland Congress*. New Zealand and Australia. 95 -104 p.
- 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*. 32:128-136
- Delgadillo, M. J., Ferrera, C. R., Galvis, S. A., Hernández, G. A. y Cobos, P. M. A. (2005). Fijación biológica de nitrógeno en una pradera de trébol hubba/ballico de corte o de pastoreo. *Terra Latinoamérica*. 23(1) 73-79
- Elizalde, V. H. F., Teuber, K. N., Hargresves, B. A., Lanuza, A. F. y Scholz, B. A. (1992). Efecto del estado fenológico al corte de una pradera de ballico perenne con trébol blanco sobre el rendimiento de materia seca, la capacidad fermentativa y la calidad del ensilaje. *Agricultura Técnica (Chile)* 52 (1): 38 -47.
- García, E. (2004). *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koppen*. 4 ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 217 p.
- González, A. S. X., Díaz, S. H., López, T. R., Aizpuro, 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 (001) 29-37
- Hodgson, J. and Brookes, I. M. (1999). Nutrition of grazing animals. In: White, J. and Hodgson, J. (ed). *New Zealand Pasture and Crop Science*, Aucckland, N. Z. Oxford University Press. 323 p.
- Horrocks, R. D. and Vallentine, J. F. (1999). *Harvested Forages*. Academic Press. Oval Road, London. United Status of America. 426 p.
- Karsten H D, J W MacAdam (2001) Effect of drought on growth, carbohydrates, and soil water use by perennial ryegrass. Tall fescue, and white clover. *Crop Science*. 41:156-166.

- Lemus, R. V., García, M. J. G., Lugo, L. S. G., Valencia G. E. y Villagrán V. B. (2002).
Desempeño de una pradera irrigada en clima templado, establecida para el
pastoreo con bovinos lecheros. *Veterinaria México*. 33(001) 11-26.
- Matthew, C., A. Hernández-Garay and J. Hodgson. (1996). Making sense of the link
between tiller density and pasture production. *New Zealand Grassland
Association*. 57:83-87 p.
- Matthew, P. N. P., Harrington, K. C. and Hampton, L. G. 1999. Management of grazing
systems. *In: White. J. and Hodgson, J. (eds). New Zealand Pasture and Crop
Science*. Ed. Auckland. N. Z. Oxford University Press. 323 p.
- 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 Pulo, Brasil. pp:19-27.
- McKenzie, B. A., Kemp P. D., Moot D. J., Matthew, C. y Lucas, R. J. (1999).
Environmental effects on plant growth and development. *In: White J, Hodgson J
editors. New Zealand Pasture Crop Sci*. 29-44 p.
- Ortíz, S. C. (1997). Colección de Monolitos. Depto. Génesis de suelos. Edafología.
IRENAT. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México.
- Sanderson, M. A., Soder, K. J., Muller, L. D., Klement, K. D., Skinner, R. H. y Goelee,
S. C. (2005). Forage mixture productivity and botanical composition in pastures
grazed by dairy cattle. *Agronomy Journal*. 97: 465-1471.
- SAS. (1999). User's guide. Statistics, version 8. Sixth edition. SAS Inc. Cary, North
Carolina, USA. 956 p.

- Steel, R. G. y Torrie, J. H. (1988). Bioestadística: Principios y procedimientos. 2ª edición. Mc Graw – Hill. México. 622 p.
- Velasco, Z., Ma. E., Hernández, G. A., González, H. V., 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.
- Velasco, Z., Ma. E., Hernández, G. A., González, H. V., Pérez, P. J. y Vaquera, H. H. (2002). Curvas estacionales de crecimiento del ballico perenne. Revista Fitotecnia Mexicana. Vol. 25. No. 001. 97 – 106 p.
- Velasco, Z. M. E., Hernández, G. A. y González, H. V. A. (2005). Rendimiento y valor nutritivo del ballico perenne (*Lolium perenne* L.) en respuesta a la frecuencia de corte. 43(002.)247-258.
- Zaragoza, E. J., Hernández, G. A., Pérez, P. J., Herrera, H. J. G., Osnaya, G. F., Martínez, H. P. A., González, M. S. S. y Quero, C. A. R. (2009). Análisis de crecimiento estacional de una pradera de una pradera asociada alfalfa- pasto ovillo. Técnica Pecuaria en México. 47(002) 173-188

CAPÍTULO 5. DINÁMICA DE AHIJAMIENTO DE BALLICO PERENNE (*Lolium perenne* L.) SOLO Y ASOCIADO CON OVILLO (*Dactylis glomerata* L.) Y TRÉBOL BLANCO (*Trifolium repens* L.)

5.1 RESUMEN

Se evaluó el ballico perenne (*Lolium perenne* L.) solo y asociado con pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.) en las siguientes proporciones: 100:00:00, 70:20:10, 50:50:00, 40:40:20 y 20:70:10 % de BP:O:TB, distribuidas en 15 unidades experimentales, bajo un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones. Las variables evaluadas fueron: peso, tasa de aparición, muerte y sobrevivencia de tallos. La mayor tasa de aparición y muerte de tallos de pasto ballico, se presentó en la especie solo con valores de 0.16 y 0.30 tallos*100 tallos d⁻¹, respectivamente. La sobrevivencia de tallos mostró un mayor porcentaje en la asociación 20:70:10 de BP:O:TB con 0.86 % de sobrevivencia. Los meses de mayor y menor sobrevivencia promedio fueron septiembre y agosto con 0.88 y 0.75 %, respectivamente. Con respecto al pasto ovillo, se observó una gran variación en su comportamiento entre asociaciones, no así, entre los meses del año. La tasa de aparición y muerte de tallos más alta y más baja se presentó en los meses de agosto y septiembre con 0.19, 0.08 tallos*100 tallos d⁻¹ (tasa de aparición) y 0.22, 0.08 tallos * 100 tallos d⁻¹ (tasa de muerte), respectivamente. De forma inversa, la mayor y menor sobrevivencia en ovillo fue en los meses de septiembre y agosto con 0.92 y 0.78 %, respectivamente. Se concluye que el pasto ballico perenne fue la especie que mayor mortalidad de tallos presentó, siendo el ballico perenne solo el más afectada.

Palabras clave: *Lolium perenne* L., *Dactylis glomerata* L., peso por tallo, tasa de aparición, muerte y sobrevivencia de tallos.

5.2 SUMMARY

Perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) alone and associated with orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) and white clover (*Trifolium repens* L.) was evaluated, in the following proportions: 100:00:00, 70:20:10, 50:50:00, 40:40:20 and 20:700:10 % BP:O:TB, over 15 experimental units, under a complete block design with three replications. Tiller weight, tiller appearance rate, tiller death and tiller survival were evaluated. The highest tiller appearance rate and tiller death rate were recorded in perennial ryegrass sward pure with 0.16 and 0.30 tillers * 100 tillers d⁻¹, respectively. The tiller survival showed a higher percentage in the association of 20:70:10 of BP:O:TB with 0.86 %. The months of highest and lowest average survivals were September and August with 0.88 and 0.75 %, respectively. With regard to orchard grass, there was a large variation in behavior between associations, but not between the months of the year. The highest and lowest tiller appearance rate and tiller death rate was recorded during August and September with 0.19, 0.08 tillers * 100 tillers d⁻¹ (appearance rate) and 0.22, 0.08 tillers * 100 tillers d⁻¹ (death rate), respectively. In contrast, the highest and lowest orchardgrass was observed in August and September with 0.92 and 0.78 %, respectively. It is concluded that perennial ryegrass swards had the highest tiller death rate, being pure ryegrass sward the most affected.

Keywords: *Lolium perenne* L., *Dactylis glomerata* L., tiller weight, tiller appearance rate, tiller death rate and tiller survival rate.

5.3 INTRODUCCIÓN

El ballico perenne (*Lolium perenne* L.) junto con la alfalfa (*Medicago sativa* L.) son las especies forrajeras más cultivadas en las regiones templadas de México, para usarse en pastoreo con ovinos o bovinos, por su alto rendimiento por hectárea, calidad nutritiva y facilidad para crecer en diferentes tipos de suelos (Bolaños *et al.*, 1995); sin embargo, un manejo eficiente de las praderas es primordial para mantener una alta productividad y calidad del forraje, sin propiciar el deterioro de las mismas, el cual es logrado con diferentes estrategias de defoliación ya sea al reducir o incrementar los intervalos e intensidad de cosecha, para favorecer la tasa de rebrote en las plantas y disminuir las pérdidas por muerte y descomposición del forraje (Hernández *et al.*, 1997; Chapman *et al.*, 2009). La capacidad de rebrote de una planta, después de la cosecha o defoliación, está influenciada entre otros, por factores fisiológicos, tales como la acumulación de reservas de carbohidratos en la raíz, el área foliar remanente y la activación de los meristemos de crecimiento (Könner, 1991; Chapman y Lemaire, 1993; Richards, 1993). En particular, para las gramíneas perennes el rebrote proviene del crecimiento vegetativo y la aparición de nuevos tallos, y este proceso es influenciado por factores climáticos, hormonales (auxinas y citocininas), competencia entre tallos, disponibilidad de nutrientes (principalmente de nitrógeno), reservas de carbohidratos en tallos y raíces y área foliar remanente (Caloin *et al.*, 1990; Tomlinson y O'Connor, 2004; Lestienne *et al.*, 2006).

La producción de forraje en una pradera puede ser dividida en dos componentes: el número de tallos por unidad de área de suelo y el rendimiento individual por tallo

(Briske, 1986; Hernández *et al.*, 1997). Así, la persistencia y producción de las especies forrajeras depende del balance entre la producción de nuevos tallos y la muerte de los ya establecidos. En el desarrollo de una pradera, los tallos continuamente emergen, crecen y mueren en tasas que difieren dependiendo de las condiciones ambientales, estado de desarrollo y manejo (Lemaire 2001; Pérez *et al.*, 2002).

El crecimiento vegetativo de una pradera, depende de las tres características morfogénicas principales: aparición de hojas, elongación y vida media (Lemaire, 2001; Arredondo y Schnyder, 2003). Estas características están influenciadas por cambios en la temperatura, disponibilidad de nitrógeno y humedad en el suelo (Lestienne *et al.*, 2006; Graming y Stoltenberg, 2007). La combinación de estos elementos morfogénicos determinan a su vez tres características estructurales de la pradera: tamaño de hoja, densidad de tallos y número de hojas vivas por tallo (Mazzanti *et al.*, 1994; Lemaire, 2001). La combinación de estas tres características determinan el índice de área foliar de la pradera, que es el factor principal para la intercepción de luz y, por tanto, de la dinámica de rebrote de la misma (Horrocks y Vallentine, 1999; Velasco *et al.*, 2002). Así, la tasa de crecimiento de una pradera es la integral de las tasas de crecimiento de los tallos individuales y está influenciada por la tasa de aparición y muerte de los mismos (Valentine y Matthew, 1999; Carneiro *et al.*, 2008).

En México no existen estudios de este tipo, que ayuden a entender la importancia de la dinámica de aparición y muerte de tallos como componentes del rendimiento de

cualquier especie forrajera. El conocimiento de la dinámica poblacional de tallos durante el año es una referencia esencial para el manejo de praderas. Con la manipulación de la defoliación, se pueden modificar los picos mensuales y estacionales de aparición de tallos y, con ello, incrementar la densidad de tallos y la productividad de los pastos (Hodgson, 1990; Matthew *et al.*, 2001). Con base a lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el peso de tallos, tasa de aparición, muerte, sobrevivencia y densidad de tallos de ballico perenne solo y asociado con pasto ovilla y trébol blanco.

5.4 MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó de septiembre del 2010 a septiembre de 2011, en el Campo Experimental del Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México, ubicado a 19° 29' LN y 98° 53' LO, a una altura de 2240 msnm. El clima del lugar es templado subhúmedo, el más seco de los subhúmedos, con precipitación media anual de 636.5 mm y régimen de lluvias en verano, (junio a octubre); temperatura media anual de 15.2 °C (García, 2004). El suelo del área es franco arenoso y ligeramente alcalino con pH 7 - 8 (Ortíz, 1997).

Las praderas fueron establecidas en febrero de 2010, mediante el método de hileras a 30 cm (gramíneas), mientras que la leguminosa fue en forma perpendicular con una distancia entre surcos aproximada de 30 cm; tomando como base las densidades de siembra 30, 20 y 5 kg ha⁻¹ para ballico perenne, ovilla y trébol blanco, respectivamente.

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

Antes de iniciar la investigación, se realizó un pastoreo de uniformización con ovinos cosechando aproximadamente a 5 cm sobre el nivel del suelo. Posteriormente los pastoreos se realizaron cada cuatro semanas en primavera-verano y cada 5 y 6 semanas durante otoño e invierno, respectivamente. Cabe mencionar que los ovinos únicamente fueron utilizados como defoliadores, mismos que fueron manejados en las parcelas experimentales mediante un cerco eléctrico.

Las asociaciones de gramíneas y leguminosa fueron seleccionadas mediante el paquete Minitab (2006), con un diseño de vértices con tres componentes de la mezcla, con restricción a la leguminosa en un 10 y 50 % como mínimo y máximo, respectivamente; y teniendo un tratamiento al 100 % para ballico perenne. Los tratamientos consistieron de la siguiente manera: 100:00:00, 70:20:10; 50:00:50; 40:40:20; y 20:70:10 % de ballico perenne (BP), ovillo (O) y trébol blanco (TB).

Los tratamientos se distribuyeron aleatoriamente en 15 parcelas experimentales de 9 por 8 m, de acuerdo a un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones.

5.4.1 Peso por tallo

Un día antes de cada pastoreo, se cosecharon a ras de suelo 10 tallos de ballico perenne y ovillo, los tallos cosechados se secaron en una estufa de aire forzado por 48 h a 55 °C, hasta que alcanzó un peso constante, y posteriormente se registró. El peso promedio se obtuvo con la suma de los tallos cosechados dividido entre diez.

5.4.2 Tasa de aparición, tasa de muerte de tallos y tasa de sobrevivencia de tallos

Para determinar la aparición y muerte de tallos, al inicio del experimento, en cada unidad experimental, se colocaron 2 aros de pvc de 10.4 cm de diámetro, los cuales delimitaban un macollo, cuando las praderas eran constituidas por la asociación de las dos especies de pastos, cada aro registraba una especie, lo mismo cuando la pradera solo contenía una especie. Todos los tallos presentes dentro del aro fueron marcados con anillos de cable de un mismo color, que se consideraron como población inicial. Posteriormente, cada mes, durante un año, los tallos nuevos se marcaron con anillos de diferente color, para cada generación y los tallos muertos se contaron y se les retiró el anillo.

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

DPT = No. De tallos vivos existentes en cada muestreo.

$$TAT = \frac{\text{No. de tallos nuevos}}{\text{DT del muestreo anterior}} (100)$$

$$TMT = \frac{\text{No. de tallos muertos}}{\text{DT del muestreo anterior}} (100)$$

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

$$TST = 1 - TMT$$

5.4.3 Datos climatológicos

La temperatura máxima mensual osciló entre 28 y 36 °C, en tanto que la temperatura mínima mensual osciló entre -13 y 6 °C. La temperatura alta se presentó en primavera y verano, y fueron arriba de 25 °C, registrándose la máxima en abril y mayo con 36 °C. La temperatura baja (cerca de 0 °C) se registró a finales de otoño e inicios de invierno con -13 °C en noviembre y diciembre. La precipitación acumulada de agosto de 2010 a septiembre de 2011 fue de 518.5 mm, de los cuales el 57 % se registraron en dos meses, agosto de 2010 y julio de 2011 con 149.6 y 147.47 mm, respectivamente.

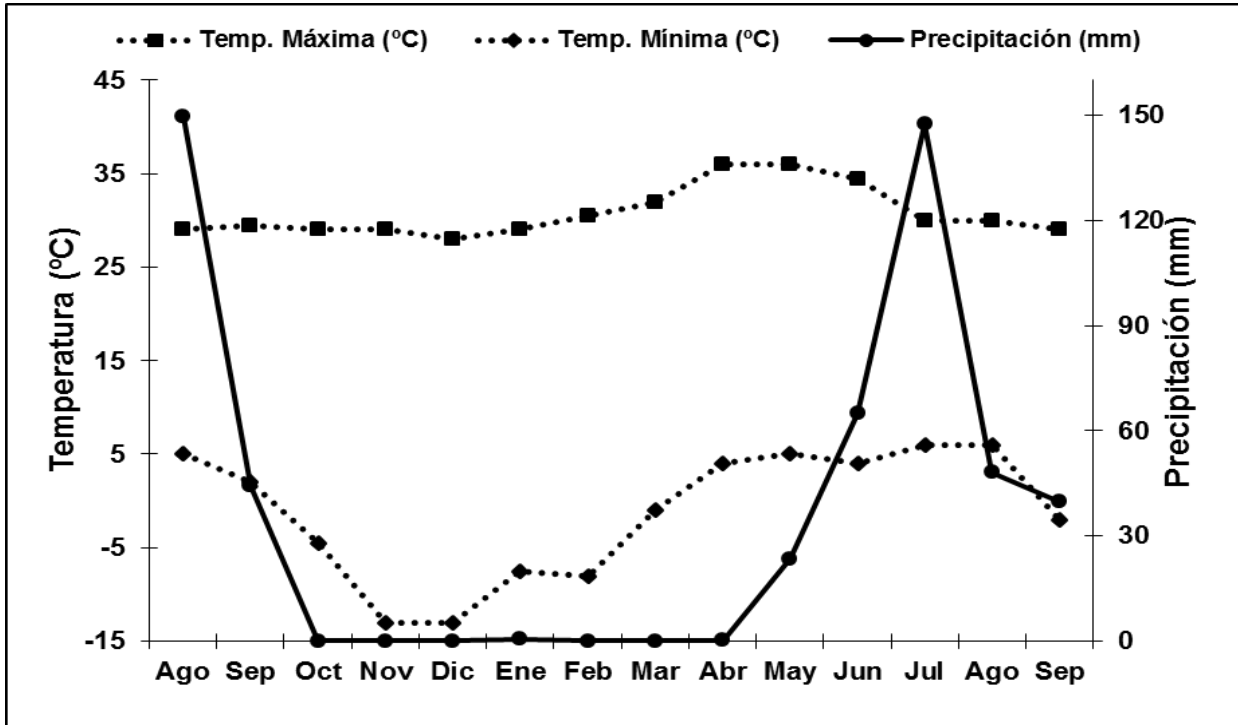


Figura 1. Temperaturas media mensual máxima y mínima y precipitación acumulada durante el periodo de estudio (2010 y 2011).

5.4.4 Análisis estadístico

Para comparar el efecto de las asociaciones estudiadas, se realizó un análisis de varianza con el procedimiento de Modelo Mixtos (SAS, 1999), con un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey ajustada ($\alpha= 0.05$) según Steel y Torrie (1988).

5.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.5.1 Peso por tallo

En el Cuadro 1, se presentan los cambios estacionales en el peso tallo⁻¹ (g) del pasto ballico perenne solo y asociado. No se observaron diferencias estadísticas ($P > 0.05$) en los promedios anuales entre tratamientos; el mayor y menor valor se registró en la especie sola y en la asociación 20:70:10 de O:BP:TB con 0.49 y 0.36 g tallo⁻¹, respectivamente. Independientemente de los tratamientos se observó una tendencia de reducir el peso por tallo, conforme transcurrió el periodo experimental siendo mayor en otoño y menor en verano, excepto para la asociación 20:70:10 de O:BP:TB. El promedio estacional para los diferentes tratamientos fue de 0.64 y 0.16 g tallo⁻¹ ($P < 0.05$) para otoño y verano, respectivamente.

Los cambios estacionales en el peso tallo⁻¹ (g) del pasto ovillo se presentan en el Cuadro 2. Se observaron diferencias estadísticas ($P < 0.05$) en los promedios anuales entre tratamientos, el mayor y menor valor se registró en la asociación 70:20:10 y 20:70:10 de O:BP:TB con 0.16 y 0.09 g tallo⁻¹, respectivamente. Independientemente de los tratamientos, se presentaron diferencias estadísticas ($P < 0.05$) entre estaciones del año, con una tendencia a incrementarse el peso por tallo (g tallo⁻¹), siendo mayor en verano y menor en otoño, excepto para el tratamiento 20:70:10 de O:BP:TB. El promedio estacional para los diferentes tratamientos fue de 0.16 y 0.08 g tallo⁻¹ ($P < 0.05$), para verano y otoño, respectivamente.

Cuadro 1. Cambios estacionales en el peso por tallo (g tallo⁻¹) de ballico perenne (*Lolium perenne* L.), solo y asociado con pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.)

Asociación (Ovillo-Ballico perenne- Trébol blanco)	Año 2010		Año 2011		EEM	Sig.	Total anual
	Otoño	Invierno	Primavera	Verano			
100:00:00	0.71 a	0.58 Aa	0.46 Aab	0.20 Ab	0.10	**	0.49
70:20:10	0.69 a	0.57 ABa	0.45 ABab	0.19 Ab	0.12	**	0.48
50:00:50	0.67 a	0.56 Ba	0.44 ABab	0.18 Ab	0.13	*	0.46
40:20:40	0.62 a	0.53 Cab	0.41 Bab	0.15 Bb	0.16	*	0.43
20:40:40	0.51	0.48 D	0.36 C	0.10 C	0.21	NS	0.36
Promedio	0.64 a	0.55 ab	0.43 ab	0.16 b	0.13	**	0.44
EEM	0.3	0.05	0.01	0.01	--	--	0.07
Sig.	NS	**	**	**	--	--	NS

abcd=Medias con la misma literal minúscula en una misma hilera, no son diferentes ($P>0.05$); ABCD=Medias con la misma literal mayúscula en una misma columna, no son diferentes ($P>0.05$); EEM= Error estándar de la media; Sig.=Significancia; **= $P<0.05$; NS= No significativo.

Las reducciones en el peso por tallo coincidieron en el aumento en la densidad y tasa de aparición de tallos de ambas especies (Cuadro 3 y Cuadro 6). Al respecto, Hernández y Martínez (1997), señalan que el aumento en la densidad de tallos por unidad de área ocasiona una disminución en el peso individual de los tallos, efecto que es explicado por la ley de “auto aclareo”, elaborado por Yoda *et al.* (1963) y confirmada por otros investigadores (Bircham y Hodgson, 1983; Davies, 1988; Chapman y Lemaire, 1993; Matthew *et al.*, 1995, Hernández-Garay *et al.*, 1999) con gramíneas y leguminosas templadas. Por su parte, Cab *et al.*, (2008) observaron una inhibición del crecimiento de los tallos en las estaciones de otoño e invierno debido al

descenso de la temperatura y a la alta nubosidad, sustentando a otros autores (Ludlow, 1980; Man y Wiktorsson, 2003; Garza *et al.*, 2005).

Cuadro 2. Cambios estacionales en el peso de tallos (g tallo⁻¹) de pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) en asociación con ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.)

Asociación (Ovillo-Ballico perenne-Trébol blanco)	Año 2010		Año 2011		EEM	Sig.	Total anual
	Otoño	Invierno	Primavera	Verano			
100:00:00	--	--	--	--	--	--	--
70:20:10	0.10 b	0.15 Aab	0.18 Aa	0.20 Aa	0.02	**	0.16 A
50:00:50	--	--	--	--	--	--	--
40:20:40	0.09 b	0.12 Bab	0.14 Bab	0.16 Ba	0.02	*	0.13 B
20:40:40	0.06	0.08 C	0.10 C	0.11 C	0.03	NS	0.09 C
Promedio	0.08 c	0.12 b	0.14 a	0.16 a	0.04	**	0.13
EEM	NS	**	**	**			**
Sig.	0.05	0.05	0.01	0.02			0.01

abcd=Medias con la misma literal minúscula en una misma hilera, no son diferentes (P>0.05); ABCD=Medias con la misma literal mayúscula en una misma columna, no son diferentes (P>0.05); EEM= Error estándar de la media; Sig.=Significancia; **=P<0.05; NS= No significativo.

5.5.2 Tasa de aparición, muerte y sobrevivencia de tallos

La tasa de aparición de pasto ballico perenne, se presenta en el Cuadro 3. Se observaron diferencias estadísticas (P<0.05) entre los promedios anuales entre tratamientos y entre los meses de estudio. El mayor y menor valor se registró en el ballico perenne solo y en la asociación 20:70:10 de O:BP:TB con 0.16 y 0.12 tallos*100 tallos d⁻¹, respectivamente. Independientemente de los tratamientos, se observó una tendencia a incrementarse la tasa de aparición conforme transcurrió el estudio, siendo

mayor en agosto y menor en septiembre. Los promedios mensuales para las diferentes asociaciones, fue de 0.16 y 0.12 tallos*100 tallos d⁻¹ (P<0.05), para agosto y septiembre, respectivamente. Al respecto, Korte y Harris (1987) consideran que la mayor tasa de aparición de tallos ocurre en verano, dado que la estacionalidad en estos, se relaciona con la disponibilidad de agua en el suelo y la temperatura. Por su parte, Velasco *et al.* (2007) en praderas de ballico perenne, reportaron las mayores tasas de aparición de tallos en verano e invierno, las cuales duplicaron a las de otoño y primavera. De forma similar, Garduño *et al.* (2009) al evaluar ballico perenne a diferentes frecuencias de corte e intensidad de pastoreo, registraron la mayor densidad de tallos a finales de verano.

La tasa de mortalidad de tallos (Cuadro 4) en ballico perenne mostró diferencias (P<0.05) entre asociaciones y entre los meses de estudio. La mayor tasa de mortalidad se presentó en la especie pura con 0.30 tallos*100 tallos d⁻¹, mientras que las menores en las asociaciones 50:00:50, 40:40:20 y 20:70:10, con promedio de 0.15 tallos*100 tallos d⁻¹. Independientemente de los tratamientos, se observa un incremento en la mortalidad de tallos conforme avanzó el estudio, mostrándose los valores más altos en julio y agosto con 0.25 tallos*100 tallos d⁻¹, y los más bajos en septiembre con 0.12 tallos*100 tallos d⁻¹.

La tasa de sobrevivencia (Cuadro 5) de tallos del pasto ballico perenne, mostró diferencias (P<0.05) entre tratamientos y entre los meses de estudio. La mayor tasa de sobrevivencia se presentó en los tratamientos 20:70:10, 40:40:20, 50:50:00 %

BP:O:TB con valores de 0.86, 0.85, 0.85 tallos*100 tallos d⁻¹, respectivamente. Recíprocamente, la menor tasa (0.70) se manifestó en la especie sola. Independientemente de los tratamientos, los promedios mensuales muestran una tendencia a reducir la sobrevivencia de tallos. El promedio mensual para los diferentes tratamientos fue de 0.88 y 0.75 (P< 0.05) para septiembre y agosto, respectivamente.

Cuadro 3. Cambios mensuales en la tasa de aparición (Tallos * 100 tallos d⁻¹) de tallos de ballico perenne (*Lolium perenne* L.) solo y asociado con ovilla (*Dactylis glomerata* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.)

MES	Asociaciones					PROM	Sig	EEM
	100:00:00 BP:O:TB	70:20:10 BP:O:TB	50:00:50 BP:O:TB	40:40:20 BP:O:TB	20:70:10 BP:O:TB			
Sep	0.13 Ad	0.13 Ade	0.11 BCd	0.11 Cd	0.10 Ce	0.12 d	**	0.10
Oct	0.13 Ad	0.12 ABe	0.12 ABcd	0.11 BCcd	0.10 Cde	0.12 d	**	0.05
Nov	0.15 Abcd	0.14 ABbcde	0.14 ABabcd	0.11 Bc	0.11 Bcde	0.13 cd	**	0.10
Dic	0.13 Acd	0.13 Acde	0.12 ABcd	0.11 Bcd	0.11 Bcde	0.12 d	**	0.05
Ene	0.15 Abcd	0.14 ABbcde	0.14 ABabcd	0.13 Bbcd	0.13 Babcd	0.14 bcd	*	0.07
Feb	0.15 Abcd	0.14 ABbcde	0.13 BCcd	0.12 Cbcd	0.12 Cbcde	0.13 cd	**	0.05
Mar	0.15 Abcd	0.14 ABabcde	0.13 BCbcd	0.13 BCabcd	0.12 Cbcde	0.14 bcd	**	0.06
Abr	0.16 Aabc	0.15 ABabcde	0.14 Babc	0.14 Babc	0.13 Babc	0.14 abc	**	0.07
May	0.17 Aab	0.16 ABabc	0.16 Abab	0.14 Bab	0.14 Babc	0.15 ab	**	0.09
Jun	0.19 Aa	0.16 Babc	0.14 BCabc	0.14 Cab	0.13 Cabc	0.15 ab	**	0.03
Jul	0.19 Aa	0.16 ABab	0.16 Aba	0.15 Ba	0.15 Ba	0.16 a	*	0.02
Ago	0.19 Aa	0.17 ABa	0.16 Aba	0.15 Ba	0.14 Bab	0.16 a	*	0.10
Prom	0.16 A	0.15 AB	0.14 BC	0.13 CD	0.12 D	0.14	**	0.04
Sig	**	**	**	**	**	**		
EEM	0.01	0.09	0.10	0.08	0.08	0.07		

Diferente literal mayúscula, en cada hilera, indican diferencias significativas (P<0.05), de las asociaciones en cada mes del año. Diferente literal minúscula, en cada columna, indican diferencias significativas (P<0.05), de las asociaciones en cada mes del año. TB= Trébol blanco, O= Ovilla, BP= Ballico perenne, EEM= Error estándar de la media, Sig. = Significancia (P<0.05).

Cuadro 4. Cambios mensuales en la tasa de mortalidad (Tallos * 100 tallos d⁻¹) de tallos de ballico perenne (*Lolium perenne* L.) solo y asociado con ovillo (*Dactylis glomerata* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.)

MES	Asociaciones						PROM	Sig	EEM
	100:00:00 BP:O:TB	70:20:10 BP:O:TB	50:00:50 BP:O:TB	40:40:20 BP:O:TB	20:70:10 BP:O:TB				
Sep	0.17 Ad	0.12 Be	0.12 Be	0.11 BCe	0.10 Cd	0.12 h	**	0.08	
Oct	0.20 Ad	0.14 Bde	0.11 BCe	0.12 Cde	0.12 Ccd	0.14 gh	**	0.09	
Nov	0.27 Ac	0.16 Bd	0.12 Ce	0.12 Ce	0.12 Ccd	0.16 fg	**	0.03	
Dic	0.27 Ac	0.15 Bde	0.12 Cde	0.13 BCcde	0.13 BCbcd	0.16 efg	**	0.10	
Ene	0.28 Ac	0.18 Bcd	0.13 Ccde	0.14 Cbcde	0.14 Cabc	0.18 efg	**	0.14	
Feb	0.27 Ac	0.17 Bcd	0.13 Ccde	0.15 BCbcde	0.13 Cbcd	0.17 def	**	0.01	
Mar	0.30 Abc	0.21 Bbc	0.15 Ccde	0.15 Cabcde	0.14 Cabc	0.19 cde	**	0.01	
Abr	0.29 Ac	0.21 Bbc	0.15 Cbcde	0.16 Cabcd	0.14 Cabc	0.19 cd	**	0.05	
May	0.33 Ab	0.23 Bab	0.17 Cabcd	0.16 Cabc	0.15 Cabc	0.21 bc	**	0.04	
Jun	0.39 Aa	0.25 Bab	0.17 Cabc	0.17 Cab	0.16 Cab	0.23 ab	**	0.10	
Jul	0.40 Aa	0.28 Ba	0.19 Cab	0.18 Ca	0.17 Ca	0.25 a	**	0.06	
Ago	0.41 Aa	0.27 Ba	0.20 BCa	0.18 Ca	0.17 Ca	0.25 a	**	0.10	
Prom	0.30 A	0.20 B	0.15 C	0.15 C	0.14 C	0.19	**	0.05	
Sig	**	**	**	**	**	**			
EEM	0.02	0.10	0.07	0.08	0.03	0.09			

Diferente literal mayúscula, en cada hilera, indican diferencias significativas (P<0.05), de las asociaciones en cada mes del año. Diferente literal minúscula, en cada columna, indican diferencias significativas (P<0.05), de las asociaciones en cada mes del año. TB= Trébol blanco, O= Ovillo, BP= Ballico perenne, EEM= Error estándar de la media, Sig. = Significancia (P<0.05).

Cuadro 5. Cambios mensuales en la tasa de sobrevivencia de tallos de ballico perenne (*Lolium perenne* L.) solo y asociado con ovillo (*Dactylis glomerata* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.)

MES	Asociaciones						PROM	Sig.	EEM
	100:00:00 BP:O:TB	70:20:10 BP:O:TB	50:00:50 BP:TB:O	40:40:20 BP:O:TB	20:70:10 BP:O:TB				
Sep	0.83 Ba	0.88 Aa	0.88 Aa	0.89 Aa	0.90 Aa	0.88 a	**	0.08	
Oct	0.80 Ca	0.86 Bab	0.89 Aa	0.88 Aab	0.88 Aab	0.86 ab	**	0.09	
Nov	0.73 Cb	0.84 Bb	0.88 Aa	0.88 Aab	0.88 Aab	0.84 bc	**	0.03	
Dic	0.73 Bb	0.85 ABab	0.88 Aa	0.87 Aabc	0.88 Aabc	0.84 bcd	**	0.10	
Ene	0.72 Cb	0.82 Bbc	0.87 Aab	0.86 Aabcd	0.86 Abcd	0.82 cde	**	0.14	
Feb	0.73 Bb	0.83 ABbc	0.87 Aab	0.85 Abcd	0.87 Aabc	0.83 cde	**	0.01	
Mar	0.70 Cbc	0.79 Bcd	0.85 Aabc	0.85 Abcd	0.86 Abcd	0.81 def	**	0.01	
Abr	0.71 Cbc	0.79 Bcd	0.85 Aabc	0.84 ABbcde	0.86 Abcd	0.81 ef	**	0.05	
May	0.67 Cc	0.77 Bde	0.83 Abcd	0.84 Acde	0.85 Abcd	0.79 fg	**	0.04	
Jun	0.61 Cd	0.75 Bde	0.83 Abcd	0.83 Ade	0.84 Acd	0.77 gh	**	0.10	
Jul	0.60 Cd	0.72 Be	0.81 Ade	0.82 Ae	0.83 Ad	0.75 h	**	0.06	
Ago	0.59 Cd	0.73 Be	0.80 Ae	0.82 Ae	0.83 Ad	0.75 h	**	0.10	
Prom	0.70 C	0.80 B	0.85 A	0.85 A	0.86 A	0.81	**	0.05	
Sig	**	**	**	**	**	**			
EEM	0.02	0.10	0.07	0.08	0.03	0.09			

Diferente literal mayúscula, en cada hilera, indican diferencias significativas (P<0.05), de las asociaciones en cada mes del año. Diferente literal minúscula, en cada columna, indican diferencias significativas (P<0.05), de las asociaciones en cada mes del año. TB= Trébol blanco, O= Ovillo, BP= Ballico perenne, EEM= Error estándar de la media, Sig. = Significancia (P<0.05).

Los cambios mensuales en la dinámica de ahijamiento (aparición de tallos, tallos * 100 tallos d⁻¹) de pasto ovilla en asociación con pasto ballico y trébol blanco, se presentan en el Cuadro 6. No se observan diferencias estadísticas (P>0.05) en los promedios anuales entre tratamientos, ni en los meses de septiembre-diciembre y febrero. El mayor y menor valor se registró en la asociación 20:70:10 y 70:20:10 BP:O:TB con 0.13 y 0.11 19 tallos * 100 tallos d⁻¹. Independientemente de los tratamientos, se observó una tendencia a incrementarse la tasa de aparición de tallos (tallos * 100 tallos d⁻¹). El promedio mensual para los diferentes tratamientos fue de 0.19 y 0.08 tallos * 100 tallos d⁻¹ (P< 0.05), para agosto y septiembre, respectivamente. De manera similar, en la tasa de mortalidad en pasto ovilla (Cuadro 7), no se presentaron diferencias estadísticas (P>0.05) en los promedios anuales entre tratamientos, ni en los meses de septiembre-octubre, marzo-abril y julio. Independientemente de los tratamientos, la mortalidad se incrementó a través del estudio, siendo mayor (P< 0.05) en agosto y menor en septiembre, con valores de 0.22 y 0.08 tallos * 100 tallos d⁻¹, respectivamente. Al respecto, Hernández *et al.* (1999) mencionan que la temperatura y la humedad en el suelo, son los principales factores climáticos que influyen en la densidad y tamaño de los tallos, por lo que la tasa de aparición y muerte de estos, está relacionado con las condiciones ambientales, ya que cuando las condiciones son favorables existen una constante producción de tallos, dando como resultado un aumento en la producción de biomasa en la pradera.

Cuadro 6. Cambios mensuales en la tasa de aparición (Tallos * 100 tallos d⁻¹) de tallos de pasto ovilla (*Dactylis glomerata* L.) en asociación con ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.)

MES	Asociaciones					PROM	Sig.	EEM
	100:00:00 BP:O:TB	70:20:10 BP:O:TB	50:00:50 B:O:TB	40:40:20 BP:O:TB	20:70:10 BP:O:TB			
Sep	--	0.07 h	--	0.08 f	0.07 h	0.08 h	NS	0.1
Oct	--	0.09 gh	--	0.09 ef	0.09 gh	0.09 gh	NS	0.04
Nov	--	0.10 fg	--	0.10 ef	0.10 fg	0.10 fg	NS	0.03
Dic	--	0.10 efg	--	0.10 def	0.10 efg	0.10 fg	NS	0.04
Ene	--	0.11 Adefg	--	0.10 Bdef	0.11 Aefg	0.11 ef	**	0.1
Feb	--	0.11 defg	--	0.11 cde	0.11 def	0.11 ef	NS	0.04
Mar	--	0.11 Bcdef	--	0.11 Bcde	0.12 Ade	0.12 ed	*	0.03
Abr	--	0.12 Bcde	--	0.12 Bbcd	0.13 Acd	0.12 de	**	0.03
May	--	0.12 Bcd	--	0.12 Bbcd	0.14 Ac	0.13 cd	**	0.03
Jun	--	0.14 Bbc	--	0.13 Bbc	0.17 Ab	0.14 bc	**	0.03
Jul	--	0.15 Bb	--	0.14 Bb	0.18 Ab	0.15 b	**	0.05
Ago	--	0.16 Ba	--	0.20 Aa	0.20 Aa	0.19 a	**	0.1
Prom	--	0.11	--	0.12	0.13	0.12	NS	0.05
Sig	--	**	--	**	**	**	--	--
EEM	--	0.06	--	0.07	0.05	0.05	--	--

Diferente literal mayúscula, en cada hilera, indican diferencias significativas (P<0.05), de las asociaciones en cada mes del año. Diferente literal minúscula, en cada columna, indican diferencias significativas (P<0.05), de las asociaciones en cada mes del año. TB= Trébol blanco, O= Ovilla, BP= Ballico perenne, EEM= Error estándar de la media, Sig. = Significancia (P<0.05).

Cuadro 7. Cambios mensuales en la tasa de muerte (Tallos * 100 tallos d⁻¹) de tallos de pasto ovilla (*Dactylis glomerata* L.) en asociación con ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.)

MES	Asociaciones					PROM	Sig.	EEM
	100:00:00 P:O:TB	70:20:10 BP:O:TB	50:00:50 B:O:TB	40:40:20 BP:O:TB	20:70:10 BP:O:TB			
Sep	--	0.07 i	--	0.09 g	0.08 h	0.08 h	NS	0.10
Oct	--	0.09 hi	--	0.09 fg	0.08 gh	0.09 gh	NS	0.06
Nov	--	0.09 Bhí	--	0.11 Aefg	0.09 Bfg	0.10 fg	**	0.03
Dic	--	0.10 Bgh	--	0.11 Aefg	0.09 Befg	0.10 fg	**	0.03
Ene	--	0.10 ABfgh	--	0.11 Aef	0.10 Befg	0.11 ef	*	0.04
Feb	--	0.11 ABefg	--	0.12 Ade	0.11 Bdef	0.11 def	*	0.05
Mar	--	0.12 ef	--	0.12 de	0.12 de	0.12 de	NS	0.05
Abr	--	0.13 de	--	0.13 de	0.14 cd	0.13 cd	NS	0.04
May	--	0.16 Acd	--	0.14 Bcd	0.16 Ac	0.15 c	*	0.04
Jun	--	0.17 Abc	--	0.16 Bbc	0.17 Ab	0.17 b	*	0.04
Jul	--	0.19 b	--	0.18 ab	0.18 ab	0.18 b	NS	0.09
Ago	--	0.27 Aa	--	0.20 Ba	0.19 Ba	0.22 a	**	0.01
Prom	--	0.13	--	0.13	0.13	0.13	NS	0.04
Sig	--	**	--	**	**	**	--	--
EEM	--	0.07	--	0.08	0.05	0.06	--	--

Diferente literal mayúscula, en cada hilera, indican diferencias significativas (P<0.05), de las asociaciones en cada mes del año. Diferente literal minúscula, en cada columna, indican diferencias significativas (P<0.05), de las asociaciones en cada mes del año. TB= Trébol blanco, O= Ovilla, BP= Ballico perenne, EEM= Error estándar de la media, Sig. = Significancia (P<0.05).

Cuadro 8. Cambios mensuales en la tasa de sobrevivencia (%) de tallos de ovillo (*Dactylis glomerata* L.) en asociación con ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.)

MES	Asociaciones					PROM	Sig.	EEM
	100:00:00 BP:O:TB	70:20:10 BP:O:TB	50:00:50 B:O:TB	40:40:20 BP:O:TB	20:70:10 BP:O:TB			
Sep	--	0.93 a		0.91 a	0.92 a	0.92 a	NS	0.1
Oct	--	0.91 ab	--	0.91 ab	0.92 ab	0.91 ab	NS	0.06
Nov	--	0.91 Aab	--	0.89 Babc	0.91 Aabc	0.90 abc	**	0.03
Dic	--	0.90 Abc	--	0.89 Babc	0.91 Abc	0.90 bc	**	0.03
Ene	--	0.90 ABbcd	--	0.89 Bbc	0.90 Acd	0.89 cd	*	0.04
Feb	--	0.89 ABcde	--	0.88 Bdc	0.89 Ad	0.89 cd	*	0.05
Mar	--	0.88 de	--	0.88 cd	0.88 e	0.88 de	NS	0.05
Abr	--	0.87 ef	--	0.87 cd	0.86 e	0.87 e	NS	0.04
May	--	0.84 ABfg	--	0.86 Ade	0.84 Bf	0.85 f	*	0.04
Jun	--	0.83 Bgh	--	0.84 Aef	0.83 Bf	0.83 fg	*	0.04
Jul	--	0.81 h	--	0.82 gf	0.82 g	0.82 g	NS	0.09
Ago	--	0.73 Bi	--	0.80 Ag	0.81 Ag	0.78 Bh	**	0.01
Prom	--	0.87	--	0.87	0.87	0.87	NS	0.04
Sig	--	**	--	**	**	**	--	--
EEM	--	0.07	--	0.08	0.05	0.05	--	--

Diferente literal mayúscula, en cada hilera, indican diferencias significativas ($P < 0.05$), de las asociaciones en cada mes del año. Diferente literal minúscula, en cada columna, indican diferencias significativas ($P < 0.05$), de las asociaciones en cada mes del año. TB= Trébol blanco, O= Ovillo, BP= Ballico perenne, EEM= Error estándar de la media, Sig. = Significancia ($P < 0.05$).

La tasa de sobrevivencia del pasto ovillo se presenta en el Cuadro 8. No se observaron diferencias estadísticas ($P > 0.05$) en los promedio anuales entre tratamientos, ni en los meses de septiembre-octubre, marzo-abril y julio. Independientemente de los tratamientos, la sobrevivencia de tallos de pasto ovillo, presentó una tendencia a disminuir, siendo mayor ($P < 0.05$) en septiembre con 0.92 y menor en agosto con 0.78.

5.6 CONCLUSIONES

- Los cambios en el peso por tallo en ballico perenne respondieron a cambios en la tasa de aparición de tallos, presentándose mayor peso en la estación de otoño y menor en la de verano. En contraste, el peso por tallo en el pasto ovillo no fue afectado por condiciones del clima, presentando valores altos en verano y bajos en invierno.
- La tasa de aparición y muerte de tallos en pasto ballico perenne fue mayor cuando éste aumentó su porcentaje en la asociación, teniendo el siguiente comportamiento: 100:00:00, 70:20:10, 50:50:00, 40:40:20, 20:70:10% de BP:O:TB. De esta forma la sobrevivencia tuvo un comportamiento inverso, es decir, la mayor sobrevivencia de tallos se presentó cuando el pasto ballico se encuentra en menor porcentaje en las asociaciones.
- El pasto ballico perenne presenta mayor tasa de mortalidad de tallos y menor tasa de sobrevivencia comparado con el pasto ovillo.

5.7 LITERATURA CITADA

Arredondo, J. T. and Schnyder, H. (2003). Components of leaf elongation rate their relationship to specific leaf area in contrasting grasses. *New Phytologist* 158:305-314.

Bircham, J. S. and Hodgson, J. (1983). The influence of sward conditions on rates of herbage growth and senescence in mixed swards and continuous grazing management. *Grass and Forages Science*. 323-331 p.

- Bolaños, A. E. D., González H. V. A. y Pérez P. J. (1995). Intensidad de pastoreo, rendimiento y tasa de crecimiento de ballico perenne. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 18:35-42.
- 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 University Press. 425-427.
- Cab, J. F. E., Enríquez, Q. J. F., Pérez, P. J., Hernández, G. A., Herrera, H. J. G., Ortega, J. E. y Quero, C. A. R. (2008). Potencial productivo de tres especies de *Brachiaria* en monocultivo y asociadas con *Arachis pintoii* en Isla, Veracruz. *Técnica Pecuaria en México*. 46 (003) 317-332
- Caloin M., Clement, B. and Herrmann, S. (1990). Regrowth kinetics of *Dactylis glomerata* following defoliation. *Annals of Botany* 66:397-405.
- Carneiro C. S, Do Nascimento, J. D. y Batista, E. V. P. (2008). *Pastagens: Conceitos básicos, produção e manejo*. Viçosa-MG. Departamento de Zootecnia. Universidade Federal de Viçosa, San Paulo, Brasil. 115 p.
- 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. 95 -104 p.
- Davies, A. (1988). The regrowth of grass swards. In: Jones M. B. and Lazenby A. (eds). *The Grass Crops*. Chapman and Hall. London. 85-127 p.
- García, E. (2004). *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koppen*. 4 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.
- Garza, C. R. D., Méndez, R. A. y Zárate, F. P. (2005). Acumulación estacional de forraje en praderas de Zacate Buffel Milenio en el norte de Tamaulipas. In: XIX Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal. Tampico, Tamaulipas, México. 335-337 p.
- Gaming, G. G., and Stoltenberg, D. E. (2007). Leaf appearance base temperature and Phyllichron for common grass and broadleaf weed species. *Weed Technology* 21:249-254.
- Horrocks, R. D. and Vallentine, J. F. (1999). *Harvested Forages*. Academic Press. Oval Road, London. United Status of America. 426 p.
- Hodgson, J. (1990). *Grazing Management: Science into Practice*. Longman Scientific and Technical. Harlow, England. 204 p.
- Hernández G. A., Hodgson J. and Matthew C. (1997). Effect of spring grazing management on perennial ryegrass/White clover pastures. 1. Tissue turnover and herbage accumulation. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 40: 25-35.
- Hernández, G. A. y Martínez, H. P. A. (1997). Utilización de pasturas tropicales. En: Torres H. G. y Díaz, R. P (Eds.) *Producción de ovinos en zonas tropicales*. Fundación Produce-Inifap. 8-24 p.

- Hernández-Garay A, C Matthew, J Hodgson (1999) Tiller size/density compensation in perennial ryegrass miniature swards subject to differing defoliation heights and a proposed productivity index. *Grass and Forage Science* 54:347-356.
- Könner, C. H. (1991). Some often overlooked plant characteristics as determinant of plant growth: reconsideration. *Functional Ecology Research* 5: 162-173.
- Korte, C. J., and Harris, W. (1987). Stolon development in grazed 'Grassland Nui' perennial ryegrass. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 25:309-319.
- Lestienne, F., Thornton, B. and Gastal, F. (2006). Impact of defoliation intensity and frequency on N uptake and mobilization in *Lolium perenne*. *Journal of Experimental Botany*. 57(4) 997-1006.
- Lemaire, G. (2001). Ecophysiology of grasslands: dynamic aspects of forage plant population in swards. *Proceedings. XVII. International Grassland Congress. Brazil.* 29 -37 p.
- Ludlow, M. M. (1980). Stress physiology of tropical pasture plants. *Journal Tropical grassland*. 136-145 p.
- Man, N. and Wiktorsson, H. (2003). Forage yield, nutritive value, feed intake and digestibility of three grass species as affected by harvest frequency. *Journal Tropical Grassland*. 101-110.
- Matthew, P. N. P., Harrington, K. C., Hampton, L. G., (2001). Management of grazing systems. *In: White. J. and Hodgson, J. (eds). New Zealand Pasture and Crop Science. Ed. Auckland. N. Z. Oxford University Press. 1999:323 p.*

- 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.
- Minitab. (2006). Meet minitab, Manual for the basic practice of statistics. W Freeman(ed). USA.
- Ortíz, S. C. (1997). Colección de Monolitos. Depto. Génesis de suelos. Edafología. IRENAT. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México.
- Pérez, B. Ma. T., Hernández, G. A., Pérez, P. J., Herrera, H. J. G. y 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.
- Richards, J. H. (1993). Physiology of plants recovering from defoliation. In: Proceedings of the XVII International Grassland Congress. New Zealand and Australia. 85-94 p.
- SAS. (1999). User's guide. Statistics, version 8. Sixth edition. SAS Inc. Cary, North Carolina, USA. 956 p.
- Steel, R. G. y Torrie, J. H. (1988). Bioestadística: Principios y procedimientos. 2ª edición. Mc Graw – Hill. México. 622 p.
- Tomlinson, K. W. and O'Connor, T. G. (2004). Control of tiller recruitment in buncchgrasses: uniting physiology and ecology. *Functional Ecology* 18: 489-496 p.
- 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., Pérez, P. J. y Vaquera, H. H. (2002). Curvas estacionales de crecimiento de ballico perenne. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 25 (001) 97-106.
- 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* 30(1): 79-87.
- Yoda, K., Kira, T., Ogawa, H. and Hozumi, K., (1963). Intraspecific competition among higher plants. XI. Self-tinting in overcrowded pure stands under cultivated and natural conditions. *J. of Institute o Polytechnic. Osaka City. University series*. 107 -129 p.