



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

## **CAMPUS MONTECILLO**

**POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD  
GANADERÍA**

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

**ADELAIDO RAFAEL ROJAS GARCÍA**

**T E S I S**

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

**DOCTOR EN CIENCIAS**

**MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO**

**DICIEMBRE, 2015**

La presente tesis titulada: **Comportamiento productivo de pasto ovilla (*Dactylis glomerata* L.) solo y asociado con ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.)**, realizada por el alumno: **Adelaido Rafael Rojas García**, bajo el consejo particular indicado ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**DOCTOR EN CIENCIAS**

**RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD GANADERÍA**

**CONSEJO PARTICULAR**

CONSEJERO

  
\_\_\_\_\_  
DR. ALFONSO HERNÁNDEZ GARAY

ASESOR

  
\_\_\_\_\_  
DR. JUAN DE DIOS GUERRERO RODRÍGUEZ

ASESOR

  
\_\_\_\_\_  
DR. ADRIÁN RAYMUNDO QUERO CARRILLO

ASESOR

  
\_\_\_\_\_  
DR. CARLOS TREJO LÓPEZ

ASESOR

  
\_\_\_\_\_  
DR. JOSÉ LUIS ZARAGOZA RAMÍREZ

Montecillo, Texcoco, Estado de México, diciembre de 2015.

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

Adelaido Rafael Rojas García, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2015

El objetivo de esta investigación fue evaluar el comportamiento productivo de pasto ovillo, ballico perenne y trébol blanco sembradas en diferentes proporciones y pasto ovillo solo. Los tratamientos fueron las siguientes asociaciones: 20-40-40, 00-50-50, 40-20-40, 50-00-50, 20-70-10, 70-20-10, 100-00-00, 40-40-20 % de pasto ovillo (Ov), ballico perenne (Ba) y trébol blanco (Tr), respectivamente; y pasto ovillo como monocultivo. Estos se asignaron aleatoriamente a 24 parcelas experimentales de 9 m por 8 m en un diseño de bloques completamente aleatorizados con tres repeticiones. Las asociaciones de mayor rendimiento, en dos años, fueron 40-20-40, 20-70-10 y 20-40-40 de Ov-Ba-Tr, en promedio produjeron 20606 kg MS ha<sup>-1</sup> y mayor tasa de crecimiento (57 kg MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>). El pasto ovillo solo fue el de menor rendimiento (12793 kg MS ha<sup>-1</sup>) y menor tasa de crecimiento (32 kg MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>). En verano el pasto ovillo fue el más abundante, en invierno fue el trébol blanco, mientras que el pasto ballico perenne fue el de menor rendimiento en todas las estaciones del año, independientemente de la asociación. La mayor densidad de tallos de pasto ovillo la obtuvo la asociación 50-00-50 de Ov-Ba-Tr con 4250 tallos m<sup>2</sup> y la menor densidad el pasto ovillo solo con un promedio de 2400 tallos m<sup>2</sup>. Las asociaciones más productivas tuvieron en promedio 30 % de trébol blanco y el pasto ballico perenne fue la especie menos abundante.

**Palabras clave:** asociaciones, rendimiento, gramíneas, leguminosa, densidad de tallos.

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

Adelaido Rafael Rojas García, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2015

The objective of this research was to evaluate the productive performance of orchard grass, perennial ryegrass and white clover sown at different proportions and orchard grass alone. The treatments were the following associations: 20-40-40, 00-50-50, 40-20-40, 50-00-50, 20-70-10, 70-20-10, 100-00-00, 40-40-20% of orchard grass (Ov), perennial ryegrass (Ba) and white clover (Tr), respectively; and orchard grass growing alone. The treatments were randomly assigned to 24 experimental plots (9 m x 8 m) according to a complete randomized block design with three replications. The 40-20-40, 20-70-10 and 20-40-40 of Ov-Ba-Tr associations were the most productive (on average 20606 kg DM ha<sup>-1</sup>) and showed the highest growth rate (57 kg DM ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>). The orchard grass growing alone was less productive (12793 kg DM ha<sup>-1</sup>) with lowest growth rate (32 kg DM ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>). Regardless of the association, the orchard grass was abundant on summer and white clover was abundant during winter, and perennial ryegrass was less abundant through the study period. The highest tiller density of orchard grass was recorded in the association 50-00-50 of Ov-Ba-Tr with 4250 tillers m<sup>2</sup> and the lowest tiller population density in the orchard grass alone with an average 2400 tillers m<sup>2</sup>. The most productive associations had an average of 30 % of white clover and perennial ryegrass was the least abundant species.

**Keywords:** associations, performance, grasses, legumes, tiller density.

## DEDICATORIA

*A mis padres Columba García Marín y Adelaido Rojas Larios, q.e.p.d. (†) por la educación que me brindaron, apoyo incondicional y consejos durante toda mi vida.*

*Al Dr. Jorge Pérez Pérez, q.e.p.d. (†) por sus consejos, legado a la ciencia, educación integral y filosofía.*

*A la Dra. María Maldonado Peralta por sus consejos, compañía, amistad, ayuda incondicional en la parte práctica, muchas gracias.*

*A todos mis compañeros y amigos del COLPOS: Santiago Cancino e Ibán Mendoza por su ayuda incondicional, asesorías y consejos en mí llegada al COLPOS siempre estaré agradecido. Camelia Jaimes por tu amistad que me has brindado. Osiel López, Hilario Ramírez y Angélica Ríos (la jefa) ya que gracias al equipo que hicimos ganamos más que una calificación una amistad. Yolanda Moreno por tus pláticas que siempre son agradables. Joel Ventura, Perpetuo Álvarez, Edgar Hernández, Daniel Martínez, Ángel Rueda, Miguel Calzada, Aldenamar Cruz, Claudia Wilson, Mario Santiago, Areli Gutiérrez, Mario Vega y otros amigos y colegas forrajeros por el legado a la ciencia esperando ayudar en un futuro. Los que coincidimos en clase y fuera de ella por los momentos buenos y malos que pasamos juntos.*

*A toda mi familia.*

## AGRADECIMIENTOS

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

Al Colegio de Postgraduados por darme la oportunidad de formarme profesionalmente.

Al Dr. Alfonso Hernández Garay por sus consejos, sugerencias en la parte práctica y escritura de esta investigación. Es un ejemplo a seguir y gracias por su amistad.

Al Dr. Walter Ayala y M.C. Raúl Bermúdez por aceptarme y transmitirme sus conocimientos en forrajes y pasturas en el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) Treinta y tres Uruguay, en una estancia doctoral de seis meses y a su equipo de trabajo: Belky, Ramón, Gerónimo, Carlota, Verónica, Ethel, José Terra y cada uno de los integrantes de INIA, gracias por su apoyo y amistad.

A los doctores que formaron parte de mi consejo al Dr. Juan de Dios, Dr. Adrián Quero, Dr. Carlos Trejo, Dr. José Luis Zaragoza y el Dr. Humberto Vaquera por sus consejos, asesorías y amistad.

A los profesores que intervinieron en mi formación en el COLPOS a la Dra. Angélica Manzanares, Dr. García Moya, Dr. Gabino, Dr. Amalio, Dr. Escalante, Dr. Bárcena, Dr. Cuca gracias por sus enseñanzas y sugerencias.

Al personal de campo y administrativo del Colegio de Postgraduados, que participaron en mi formación académica (Remedios, Anita, Celsa, Lety y otros) gracias.

*“Si tu objetivo es progresar un año, siembra trigo. Si tu objetivo es progresar diez años, siembra árboles. Si tu objetivo es progresar cien años, educa a tus hijos” (Confucio).*

## CONTENIDO

	Pág.
<b>CAPITULO 1. INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO 2. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1. Características botánica y agronómica de las especies deseadas ...</b>	<b>3</b>
2.1.1. Pasto ovilla.....	3
2.1.2. Pasto ballico perenne.....	5
2.1.3. Trébol blanco.....	6
<b>2.2. Factores que afectan en crecimiento y producción de forraje.....</b>	<b>8</b>
2.2.1. Radiación solar.....	9
2.2.2. Temperatura.....	10
2.2.3. Agua.....	11
2.2.4. Suelo.....	12
<b>2.3. Factores que afectan el rebrote de las especies forrajeras.....</b>	<b>13</b>
2.3.1. Índice de área foliar (IAF).....	13
2.3.2. Meristemos de crecimiento.....	15
2.3.3. Reserva de carbohidratos.....	16
<b>2.4. Estacionalidad en el rendimiento de forraje.....</b>	<b>16</b>
<b>2.5. Dinámica de la pradera.....</b>	<b>17</b>
<b>2.6. Asociación de gramíneas con leguminosas forrajeras.....</b>	<b>18</b>
<b>2.7. Conclusión de la revisión de literatura.....</b>	<b>20</b>
<b>2.8. Literatura citada.....</b>	<b>21</b>

<b>CAPITULO 3. PRODUCTIVIDAD DE 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.).....</b>	<b>35</b>
<b>3.1. Resumen.....</b>	<b>35</b>
<b>3.2. Summary.....</b>	<b>36</b>
<b>3.3. Introducción.....</b>	<b>37</b>
<b>3.4. Materiales y métodos.....</b>	<b>39</b>
3.4.1. Rendimiento de forraje.....	41
3.4.2. Composición botánica y morfológica.....	41
3.4.3. Datos climáticos.....	42
3.4.4. Análisis estadístico.....	44
<b>3.5. Resultados y discusión.....</b>	<b>44</b>
3.5.1. Rendimiento de forraje.....	44
3.5.2. Composición botánica y morfológica.....	51
<b>3.6. Conclusiones.....</b>	<b>55</b>
<b>3.7. Literatura citada.....</b>	<b>56</b>
<b>CAPITULO 4. PERSISTENCIA Y PRODUCCIÓN DE OVILLO (<i>Dactylis glomerata</i> L.) SOLO Y ASOCIADO CON BALLICO PERENE (<i>Lolium perenne</i> L.) Y TREBOL BLANCO (<i>Trifolium repens</i> L.).....</b>	<b>62</b>
<b>4.1. Resumen.....</b>	<b>62</b>
<b>4.2. Summary.....</b>	<b>63</b>
<b>4.3. Introducción.....</b>	<b>64</b>
<b>4.4. Materiales y métodos.....</b>	<b>66</b>



4.4.1. Tasa de crecimiento del forraje.....	67
4.4.2. Densidad de plantas.....	68
4.4.3. Radiación interceptada.....	68
4.4.4. Datos climáticos.....	69
4.4.5. Análisis estadístico.....	70
<b>4.5. Resultados y discusión.....</b>	<b>70</b>
4.5.1. Tasa de crecimiento del forraje.....	70
4.5.2. Densidad de plantas.....	75
4.5.3. Radiación interceptada.....	78
4.5.4. Relación entre tasa de crecimiento y radiación interceptada.....	82
<b>4.6. Conclusiones.....</b>	<b>84</b>
<b>4.7. Literatura citada.....</b>	<b>85</b>
 <b>CAPITULO 5. DINÁMICA POBLACIONAL DE TALLOS DE PASTO OVILLO</b>	
<b>(<i>Dactylis glomerata</i> L.) Y BALLICO PERENE (<i>Lolium perenne</i> L.) ASOCIADOS</b>	
<b>CON TREBOL BLANCO (<i>Trifolium repens</i> L.).....</b>	
	<b>91</b>
<b>5.1. Resumen.....</b>	<b>91</b>
<b>5.2. Summary.....</b>	<b>92</b>
<b>5.3. Introducción.....</b>	<b>93</b>
<b>5.4. Materiales y métodos.....</b>	<b>96</b>
5.4.1. Dinámica de población de tallos.....	97
5.4.2. Peso por tallo.....	98
5.4.3. Datos climáticos.....	99
5.4.4. Análisis estadístico.....	101

<b>5.5. Resultados y discusión.....</b>	<b>101</b>
5.5.1. Dinámica de población de tallos.....	101
5.5.2. Tasa de aparición, muerte y sobrevivencia de tallos.....	111
5.5.3. Peso por tallo.....	119
<b>5.6. Conclusiones.....</b>	<b>121</b>
<b>5.7. Literatura citada.....</b>	<b>122</b>
<b>CAPITULO 6. CONCLUSIONES GENERALES Y SUGERENCIAS.....</b>	<b>128</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Pág.

### **CAPITULO 3. PRODUCTIVIDAD DE 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<sup>-1</sup>) de pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) solo y asociado con ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.)..... 47

**Cuadro 2.** Rendimiento anual por especie (kg MS ha<sup>-1</sup>) de pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) solo y asociado con ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.)..... 49

### **CAPITULO 4. PERSISTENCIA Y PRODUCCIÓN DE OVILLO (*Dactylis glomerata* L.) SOLO Y ASOCIADO CON BALLICO PERENE (*Lolium perenne* L.) Y TREBOL BLANCO (*Trifolium repens* L.)**

**Cuadro 1.** Cambios estacionales en la tasa de crecimiento (kg MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) de pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) solo y asociado con ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.)..... 74

**Cuadro 2.** Cambios estacionales en densidad de plantas (m<sup>-2</sup>) de pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) solo y asociado con ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.)..... 77

**Cuadro 3.** Cambios estacionales en radiación interceptada (%) de pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) solo y asociado con ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.)..... 81

<b>Cuadro 4.</b> Coeficiente de regresión ( $R^2$ ), de tasa de crecimiento ( $\text{kg MS ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ) entre radiación interceptada (%) en 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.).....	82
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

**CAPITULO 5. DINÁMICA POBLACIONAL DE TALLOS DE PASTO OVILLO (*Dactylis glomerata* L.) Y BALLICO PERENE (*Lolium perenne* L.) ASOCIADOS CON TREBOL BLANCO (*Trifolium repens* L.)**

<b>Cuadro 1.</b> Tasa de aparición, muerte y sobrevivencia de tallos de 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.).....	114
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

<b>Cuadro 2.</b> Tasa de aparición, muerte y sobrevivencia de tallos de ballico perenne ( <i>Lolium perenne</i> L.) asociado con pasto ovillo ( <i>Dactylis glomerata</i> L.) y trébol blanco ( <i>Trifolium repens</i> L.).....	118
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

<b>Cuadro 3.</b> Peso de tallos de pasto ovillo ( <i>Dactylis glomerata</i> L.) y ballico perenne ( <i>Lolium perenne</i> L.) asociados con trébol blanco ( <i>Trifolium repens</i> L.).....	121
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

## ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

### **CAPITULO 3. PRODUCTIVIDAD DE PASTO OVILLO (*Dactylis glomerata* L.) SOLO Y ASOCIADO CON BALLICO PERENNE (*Lolium perenne* L.) Y TRÉBOL BLANCO (*Trifolium repens* L.)**

<b>Figura 1.</b> Temperaturas media mensual máxima y mínima durante el periodo de estudio (09/2012 a 09/2014).....	43
<b>Figura 2.</b> Precipitación acumulada durante el periodo de estudio y riegos a capacidad de campo (09/2012 a 09/2014).....	44
<b>Figura 3.</b> Cambios en la composición botánica y morfológica de 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.).....	53

### **CAPITULO 4. PERSISTENCIA Y PRODUCCIÓN DE OVILLO (*Dactylis glomerata* L.) SOLO Y ASOCIADO CON BALLICO PERENE (*Lolium perenne* L.) Y TREBOL BLANCO (*Trifolium repens* L.)**

<b>Figura 1.</b> Temperaturas media mensual máxima y mínima durante el periodo de estudio (09/2012 a 09/2014).....	69
<b>Figura 2.</b> Precipitación acumulada durante el periodo de estudio y riegos a capacidad de campo (09/2012 a 09/2014).....	70
<b>Figura 3.</b> Coeficiente de regresión ( $R^2$ ), de tasa de crecimiento ( $\text{kg MS ha}^{-1} \text{d}^{-1}$ ) entre radiación interceptada (%) de 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.).....	83

**CAPITULO 5. DINÁMICA POBLACIONAL DE TALLOS DE PASTO OVILO  
 (*Dactylis glomerata* L.) Y BALLICO PERENE (*Lolium perenne* L.) ASOCIADOS  
 CON TREBOL BLANCO (*Trifolium repens* L.)**

**Figura 1.** Temperaturas media mensual máxima y mínima durante el periodo de estudio (09/2012 a 09/2014)..... 99

**Figura 2.** Precipitación acumulada durante el periodo de estudio y riegos a capacidad de campo (09/2012 a 09/2014)..... 100

**Figura 3.** Cambios mensuales en la densidad de tallos de pasto ovilla asociada con ballico perenne y trébol blanco con 20 % de pasto ovilla..... 104

**Figura 4.** Cambios mensuales en la densidad de tallos de pasto ovilla asociado con ballico perenne y trébol blanco con 40 % de pasto ovilla..... 105

**Figura 5.** Cambios mensuales en la densidad de tallos de pasto ovilla asociado con trébol blanco con 50 % de pasto ovilla..... 105

**Figura 6.** Cambios mensuales en la densidad de tallos de pasto ovilla asociado con ballico perenne y trébol blanco con 20 % de pasto ovilla..... 106

**Figura 7.** Cambios mensuales en la densidad de tallos de pasto ovilla asociado con ballico perenne y trébol blanco con 70 % de pasto ovilla..... 106

**Figura 8.** Cambios mensuales en la densidad de tallos de pasto ovilla solo.... 107

**Figura 9.** Cambios mensuales en la densidad de tallos de pasto ovilla asociado con ballico perenne y trébol blanco con 40 % de pasto ovilla..... 107

**Figura 10.** Cambios mensuales en la densidad de tallos de ballico perenne asociado con pasto ovilla y trébol blanco con 40 % de ballico perenne..... 108

<b>Figura 11.</b> Cambios mensuales en la densidad de tallos de ballico perenne asociado con trébol blanco con 50 % de ballico perenne.....	108
<b>Figura 12.</b> Cambios mensuales en la densidad de tallos de ballico perenne asociado con pasto ovillo y trébol blanco con 20 % de ballico perenne.....	109
<b>Figura 13.</b> Cambios mensuales en la densidad de tallos de ballico perenne asociado con pasto ovillo y trébol blanco con 70 % de ballico perenne.....	109
<b>Figura 14.</b> Cambios mensuales en la densidad de tallos de ballico perenne asociado con pasto ovillo y trébol blanco con 20 % de ballico perenne.....	110
<b>Figura 15.</b> Cambios mensuales en la densidad de tallos de ballico perenne asociado con pasto ovillo y trébol blanco con 40 % de ballico perenne.....	110

## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

La ganadería en México ocupa el 50 % del territorio nacional. En el 2014 la superficie sembrada fue de 22.2 millones de hectáreas, con una superficie de especies forrajeras de 2.5 millones de hectáreas, y un rendimiento promedio de pastos templados de 19 t MS ha<sup>-1</sup> (SAGARPA, 2015). Los forrajes constituyen la fuente más barata en las unidades ganaderas, además que son parte fundamental de la dieta (Perez *et al.*, 2002).

La necesidad de aumentar la eficiencia de recursos, son los nuevos retos de la agricultura. Se espera que la comunidad de las especies forrajeras sea mayor en la pradera minimizando la distribución estacional y aumentando los recursos disponibles (Lüscher *et al.*, 2014). La asociación de gramíneas con leguminosas es una alternativa para la producción sustentable ya que permiten tener mayor valor nutritivo y rendimiento de materia seca, disminuye los costos de producción en comparación con dietas balanceadas, asegurando una mayor producción (González *et al.*, 2004).

Marquard *et al.* (2009) y Mommer *et al.* (2010) reportaron mayor producción de materia seca en asociaciones de gramíneas con leguminosas en comparación con una especie sola ya sea leguminosa o gramínea. En un meta-análisis de cuarenta y cuatro investigaciones de asociaciones de gramíneas con leguminosas y en monocultivo, en promedio las asociaciones superan en un 70 % a los monocultivos (Cardinale *et al.*, 2007).



Castro *et al.* (2012) reportan en cinco asociaciones de trébol blanco, pasto ovilla y ballico perenne la mayor producción en la estación de verano con 5386 kg MS ha<sup>-1</sup>, y las asociaciones con mayor rendimiento contenían 40 % de trébol blanco y las gramíneas con 25 y 35 % para ovilla y ballico perenne, respectivamente. Moreno *et al.* (2015) y Flores *et al.* (2015) observaron en siete asociaciones de dos gramíneas con una leguminosa y dos monocultivos de gramíneas, en general, que todas las asociaciones superaron a las gramíneas en monocultivo, independientemente de la estación del año.

En México, existen pocas investigaciones de indicadores del rendimiento en asociaciones de gramíneas y leguminosa. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue determinar la mejor asociación a diferentes proporciones de pasto ovilla, ballico perenne y trébol blanco, desde el punto de vista de rendimiento de forraje estacional y anual.

## **CAPÍTULO 2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Características botánicas y agronómicas de las especies deseadas**

#### **2.1.1. Pasto ovilla**

El pasto ovilla es originario del oeste y centro de Europa, es una planta herbácea perenne, con tallos erectos, altura de 30 a 120 cm, inflorescencia con las espiguillas agrupadas en ramilletes apretados algo unilaterales, cada una comprimida lateralmente y con 2 – 5 flores; las glumas son poco desiguales y aquilladas. Los limbos son planos, anchos y largos con sección en forma de V, y de ápice puntiagudo. En las hojas, posee vainas comprimidas con una fuerte quilla, presenta nervaduras poco marcadas, sin aurículas, no posee tricomas, el limbo es de color grisáceo o azulado, con un nervio central muy marcado, con lígula larga y blanquecina es una panícula típica, con espiguillas aglomeradas formando un ovilla, a lo que debe su nombre. Las semillas presentan una quilla acentuada que termina en una arista fuerte y curva, con pequeños dientes (Muslera y Ratera, 1991).

Se adapta a diferentes condiciones climáticas. Es un pasto que no soporta la inundación, pero tolera las condiciones de drenaje deficiente. Tolerancia a la sequía y calor, más que el ballico perenne o el pasto azul, pero menos en comparación con la festuca alta. Tiene un extenso sistema radical. Es tolerante a la sombra; tiene habilidad para crecer bajo los árboles. Se adapta mejor a bajas precipitaciones pluviales, altas temperaturas en primavera y verano e inviernos severos (Aizpuru *et al.*, 1999). Crece en todo tipo de suelos, pero se adapta mejor a suelos arcillosos o arcillo limosos, es tolerante a suelos con un pH de 5.5 a 8.5. Con pH menor a 5.5 no demuestra totalmente su potencial productivo por toxicidad de aluminio. El pH para su óptimo crecimiento es de 6 a 7.5 (Juscafresca, 1983).

Se recomienda sembrar de 15 y 20 kg ha<sup>-1</sup>, las semillas germinan sin dificultad pero las plántulas son de establecimiento lento; por lo que es fácilmente invadido por maleza. Una vez establecidas las plantas del pasto ovillo dominan en la pradera y desplazan a las malezas (Juscafresca, 1983). Generalmente, se asocia con leguminosas como la alfalfa, el trébol blanco y el *Lotus corniculatus* (trébol pata de pájaro) o con otras gramíneas como ballico perenne, festuca alta entre otras. El forraje se henifica, consume en fresco, o ensila (Castro *et al.*, 2012; Walton, 1983). Aunque, las siembras solas o mezclas simples (una gramínea y una leguminosa) son fácilmente mantenidas después de cada corte, especialmente cuando se aplican cantidades mayores de Nitrógeno (Aizpuru *et al.*, 1999), la asociación con trébol blanco resulta muy productiva (Castro *et al.*, 2012).

### 2.1.2. Pasto ballico perenne

El pasto ballico perenne (*Lolium perenne* L.) es una planta amacollada perenne, originario de Europa y norte de África (Muslera y Ratera, 1991), con 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, cariósida de aproximadamente 4 mm de largo y 1.4 mm de ancho (Aizpuru et al., 1999).

La temperatura ambiental, afecta y estimula el crecimiento de ballico perenne, donde la temperatura optima del crecimiento es de 18 y 21 °C (Brock y Tilbrook, 2000). Se adapta bien a climas fríos y húmedos con inviernos no muy severos. El ballico perenne es

sensible al calor y estrés hídrico en comparación con ballico anual. La producción se ve afectada cuando en el día supera los 31 °C y en la noche los 25 °C (Muslera y Ratera, 1991). Tiene un amplio rango de adaptación a diferentes tipos de suelos; franco y franco arcilloso, el pH óptimo para su crecimiento es de 5.5 a 7.5. En suelos con buena cantidad de nitrógeno el ballico perenne suele ser la especie dominante. No soporta los encharcamientos, salinidad, alcalinidad, sequía e inundación (Muslera y Ratera, 1991).

### **2.1.3. Trébol blanco**

El Trébol blanco es una especie nativa de la región mediterránea y Europa. (Valentine y Matthew, 1999). En México fue registrado en Baja California Norte, Chiapas, Distrito Federal, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luís Potosí, Sonora, Tlaxcala, Veracruz (Villaseñor y Espinosa, 1998).

La inflorescencia es una umbela globosa, densa, de 1-2 cm de diámetro, con pedúnculos más largos que las hojas; pedicelos de 1-6 mm de largo. Las flores son entre 6 a 10 mm de largo, cáliz casi glabro, dientes angostos, acuminados, algo más cortos o tan largos como el tubo; corola blanca o rosada, 2-3 veces más larga que el cáliz. Su altura puede llegar hasta 40 cm, dependiendo la estación del año. El tallo es rastrero, posee raíces en los nudos, muy ramificado, glabro. Las hojas son trifoliadas alternadas con estípulas ovado-lanceoladas, de 8-15 mm de largo; glabras, con el pecíolo de 5-25 cm de largo, folíolos casi sésiles, anchamente elíptico-ovados, de 1-3 cm de largo, con una marca blanca (por ello el nombre de trébol blanco), de ápice redondeado y base cuneada

(Aizpuru *et al.*, 1999). Los frutos son una vaina oblonga-linear de 4 a 5 mm de largo y con 3 a 4 semillas con forma de riñón, de 0.7 a 1.4 mm de largo y 0.7 a 1.2 mm de ancho, superficie casi lisa, color amarillento y café (Muslera y Ratera, 1991).

El trébol blanco se adapta a una gran cantidad de climas. En México, se ha registrado en valles altos a una altura de 2.250 msnm (Rojas *et al.*, 2014, 2015; Moreno *et al.*, 2015; Flores *et al.*, 2015). Burdon, (1983) menciona que crece sin restricción por las tendencias climáticas generales, aunque las áreas sujetas a fuertes heladas y sequías prolongadas no son propicias para su crecimiento y supervivencia. Se encuentra en texturas desde arena hasta arcilla con cantidades muy variables de materia orgánica. El pH óptimo de crecimiento es de 5 a 6.5 (Frame y Newbould, 1986). Su rendimiento puede variar de 8.000 a 10.000 kg MS ha<sup>-1</sup> (Castro *et al.*, 2013; Moreno *et al.*, 2015), y se encuentra en climas templado – húmedos, con escasa sequía estival. Esta especie no tolera el sombreado y para ser productivo requiere humedad y buenos niveles de fósforo y potasio en el suelo (Ratray, 2005).

La temperatura tiene un marcado efecto en el crecimiento de trébol blanco y más aún cuando está asociado a gramíneas. Brock y Tilbrook (2000), reportan que la temperatura óptima para el crecimiento es mayor a los 24 °C. Cuando la humedad en el suelo no es un factor limitante, la sobrevivencia del trébol no se ve afectada a temperaturas de incluso 35 °C (Ratray, 2005).

## 2.2. Factores que afectan el crecimiento y producción del forraje

La pradera es el conjunto de plantas forrajeras cuya función ecológica es capturar la radiación solar y transformarla a energía química que se cosecha como materia seca. La materia seca se emplea como criterio para medir el crecimiento de una pradera o de la planta forrajera (Hodgson, 1990). El crecimiento de las plantas forrajeras es afectado por los elementos del clima (temperatura, radiación solar y precipitación) según su intensidad, la fertilidad del suelo, la frecuencia de corte y la severidad de corte, frecuencia de riego, cantidad de humedad retenida en el suelo. La respuesta a lo anterior depende de la constitución genética de las plantas (Nurjaya y Tow, 2001; McKenzie *et al.*, 1999; Hodgson, 1990). Debido a que la temperatura y radiación solar influyen directamente sobre la tasa de fotosíntesis, estos son los elementos de clima que determinan la acumulación de materia seca entre cosechas (Perreta *et al.*, 1997; Moliterno, 2002). Las diferencias en las tasas de crecimiento, mensuales o estacionales, son producto de la influencia de la temperatura ambiental sobre el metabolismo de las plantas y de la radiación solar incidente como suministradora de energías para ser transformada a energía química (McKenzie *et al.*, 1999).

La cosecha modifica el equilibrio fisiológico de las plantas forrajeras o pradera al remover tejido vegetal fotosintéticamente activo e interrumpir la síntesis de foto-asimilados y su acumulación en los órganos de reserva; a una situación de regeneración de tejido vegetal dependiente de la remoción de los foto-asimilados almacenados en los órganos de reserva y base de los tallos. La frecuencia de cosecha y el intervalo entre

cosechas son elementos claves del manejo de una pradera para no afectar drásticamente el equilibrio fisiológico de las plantas forrajeras y persistencia de las praderas (Lemaire *et al.*, 2009).

### **2.2.1. Radiación solar**

La luz del sol es la fuente de radiación fotosintéticamente activa (400 y 700 nm) que capturan las plantas para transformarla a energía química mediante el fenómeno de fotosíntesis (McKenzie *et al.*, 1999; Lemaire, 2001; Strasburger *et al.*, 2004). Los fotones de la radiación fotosintéticamente activa se almacena en las biomoléculas NADPH y ATP, cuya energía química se utiliza para la fijación de CO<sub>2</sub> y su reducción a fotoasimilados en el ciclo de Calvin (McKenzie *et al.*, 1999).

Cuando el 95% de radiación solar incidente sobre una pradera es interceptada se logra el propósito ecológico de las plantas forrajeras, como productores primarios del ecosistema pradera, y por lo tanto se recomienda sea cosechada la biomasa vegetal acumulada (Da Silva y Nascimento, 2007; Da Silva y Hernández-Garay, 2010). Como se ha demostrado en praderas tropicales (Carneiro *et al.*, 2009, Giacomini *et al.*, 2009), praderas templadas (Rojas *et al.*, 2015) y cereales (Wilson *et al.*, 2015).



### 2.2.2. Temperatura

La temperatura ambiental regula la intensidad de la intensidad de las reacciones enzimáticas del ciclo de Calvin que se reflejan en la tasa de acumulación de materia seca (Da Silva *et al.*, 2008; Simpson y Vulnevor, 1987). En la temperatura óptima de crecimiento ocurre la máxima actividad enzimática. En gramíneas y leguminosas tropicales es a temperaturas entre 37 y 32 °C, respectivamente, para el trébol blanco se ha reportado un óptimo de 24°C. Cuando la temperatura es de 20 °C la tasa de fotosíntesis será menor, y casi nula a temperaturas entre 0 y 15 °C (Baruch y Fisher, 1991; Frame y Newbould, 1986) y consecuentemente la cantidad de materia seca que se acumula en la pradera será menor.

Correspondiente a gramíneas templadas, (Salisbury y Roos, 1992) con temperaturas superiores a la óptima de crecimiento causan que la enzima responsable de la reacción de carboxilación tenga mayor preferencia por el oxígeno originándose así la fotorrespiración reduciendo la tasa de fotosíntesis, y por consiguiente la tasa de crecimiento de la pradera (Jiménez y Martínez, 1984; Duran *et al.*, 1999). La cantidad de fibra formada a partir de la sacarosa y otras hexosas formadas en el ciclo de Calvin es el peso seco acumulado razón por la cual se menciona que el crecimiento de las gramíneas forrajeras es muy sensible a la temperatura (McKenzie *et al.*, 1999; Buxton, 1994). Clark *et al.* (1996) mencionan que la temperatura influye en el crecimiento del trébol blanco, particularmente en los procesos de crecimiento, aparición de las hojas y del estolón. Por otra parte, Brougham (1955) menciona que la temperatura, precipitación

y humedad en el suelo influyó sobre la tasa de acumulación de peso en praderas de ballico perenne con trébol rojo (*T. pratensis*) y trébol blanco. Brougham (1955) y Clark *et al.* (1996) afirman que el trébol blanco tiene una menor tasa de crecimiento que ballico perenne a temperaturas inferiores a 10°C, pero su tasa de crecimiento sigue aumentando hasta los 24 °C mientras que los picos de crecimiento de pasto ballico ocurren a los 15 a 20 °C.

(Clark *et al.*, 1995) La asociación ballico perenne con trébol blanco con elevadas concentraciones de CO<sub>2</sub> y temperaturas incrementaron la tasa de fotosíntesis y por consiguiente la producción de forraje. La tasa de elongación, la longitud de la lámina y la senescencia de pasto ballico perenne no produjeron diferencias con concentraciones de CO<sub>2</sub> de 350 y 700  $\mu\text{mol mol}^{-1}$  así como la tasa de aparición de hojas de trébol blanco. Sin embargo, afectó el peso del área foliar y del pecíolo, por unidad de longitud, del trébol blanco la combinación de las concentraciones de CO<sub>2</sub> con tres temperaturas (10/4, 16/10 y 22/16 °C día/noche) los incrementos fueron de 4, 23 y 13 %, respectivamente. La asociación en las respuestas del trébol blanco y pasto ballico perenne aportaron el mayor rendimiento de materia seca, a elevadas concentraciones de CO<sub>2</sub>.

### **2.2.3. Agua**

El agua es esencial para el transporte de nutrimentos minerales del suelo al tejido vegetal, para mantener las células turgentes y como medio para el movimiento de las

enzimas y para su actividad catalítica. La cantidad de agua absorbida por las plantas, está en función de la cantidad de energía solar interceptada debido a que es un medio para disipar el exceso de energía solar recibida por las hojas y evitar un calentamiento excesivo que degenere y deseque los tejidos vegetales (Da Silva *et al.*, 2008). Cuando las plantas forrajeras crecen en condiciones de déficit hídrico ocurren cambios en su morfología y fisiología, para adaptarse a la nueva condición ambiental (Passioura, 1982).

El déficit hídrico afecta negativamente la expansión del área foliar (Passioura, 1982), reduce la elongación y división celular (Turner y Begg, 1978), y consecuentemente disminuyen la tasa de acumulación de materia seca, la tasa de aparición de tallos, el número de hojas vivas por tallo, y acelera los procesos de senescencia de hojas y macollos (Turner y Begg, 1978). Por lo tanto, la vida media foliar tiende a ser más corta y las coberturas menos densas bajo condiciones de estrés hídrico. Plantas de ballico perenne, festuca y trébol blanco acumularon menos materia seca al experimentar estrés hídrico por 30 días. A los 10 días de recuperarse del estrés hídrico, las plantas de ballico perenne, tuvieron menor concentración de carbohidratos de reserva en comparación con el trébol blanco; pero el trébol blanco se recuperó mejor en comparación con el ballico perenne (Karsten y MacAdam, 2001).

#### **2.2.4. Suelo**

Además de los elementos del clima, el rendimiento de forraje está influenciado por la capacidad del suelo para retener agua, del material parental, la textura, la densidad

aparente, el drenaje, el pH, el contenido de materia orgánica, actividad de microorganismos en el suelo y cantidad de nutrientes minerales disponibles para las plantas forrajeras (Kemp *et al.*, 1999; Frame y Newbould, 1986). La productividad de un sistema de pastoreo pueda mejorarse con un programa de fertilización (Da Silva *et al.*, 2008). En el programa de fertilización el nitrógeno debe ser el elemento mineral primordial y debe considerarse si es conveniente aplicarlo cuando las gramíneas crecen asociadas con el trébol blanco (Brook y Hay, 1996), particularmente al momento de la siembra (Haystead y Marriot, 1987).

Una vez establecidos las plantas del trébol blanco puede fijar, por actividad del rizobium que se aloja en los nódulos de sus raíces, de 600 a 700 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, según la fertilidad, textura y capacidad del suelo para retener agua; y de la temperatura ambiental. En condiciones ambientales desfavorables la cantidad fijada puede ser de 17 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (Caradus *et al.*, 1996). Se reporta que cuando el trébol blanco fija de 57 a 232 kg de nitrógeno ha<sup>-1</sup>, su follaje suele contener de 168 a 270 g de proteína cruda kg<sup>-1</sup> MS (Cook *et al.*, 1990; Rojas *et al.*, 2005; Zanetti *et al.*, 1999).

## **2.3. Factores que afectan el rebrote de las especies forrajeras**

### **2.3.1. Índice de área foliar (IAF)**

Las hojas de las plantas forrajeras interceptan la radiación solar fotosintéticamente activa y elaboran los foto-asimilados que sostienen la acumulación de materia seca (Legorburo *et al.*, 2005; Lemaire y Chapman, 1996). La cantidad de radiación

fotosintéticamente activa interceptada depende de la distribución de las hojas de las plantas, en el plano vertical del tallo. A la cantidad de área foliar acumulado sobre el suelo en dicho plano se le conoce como índice de área foliar. El ángulo de las hojas en relación al tallo, las propiedades ópticas de las hojas (transmitancia y reflectancia de radiación solar visible que incide sobre la pradera) determinan la cantidad de radiación solar fotosintéticamente activa interceptada (Lemaire y Chapman, 1996). Con el aumento de índice de área foliar (IAF) disminuye la cantidad de radiación solar que llega al suelo y mayor será la tasa de crecimiento. Cuando prácticamente toda la radiación solar incidente sobre las plantas 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).

La velocidad con que aumente el IAF depende de la tasa de aparición de las hojas regulada por la temperatura ambiental y radiación solar incidente sobre las plantas, independientemente de la constitución genética de las plantas (Kirby y Perry, 1987; Briske (1991). También la severidad de cosecha regula el aumento del IAF al inicio del rebrote (Lemaire, 2001; Dorantes, 2000), la fertilización de las praderas (Longnecker y Robson, 1994).

### 2.3.2. Meristemas de crecimiento

El número de rebrotes está en función de la cantidad de regiones meristemáticas activas en los tallos que sobreviven a la cosecha (Briske, 1991). Las zonas meristemáticas activas se localizan en la base de las hojas jóvenes de los fitómeros (Tomlison y O'Connor, 2004). En esta zona existen celulares embrionarias cuya multiplicación y diferenciación forma las hojas, tallos y sus demás componentes (Rojas, 1993). Después de una cosecha, el rebrote de las especies forrajeras es alimentado por la traslocación de carbohidratos de raíces y base de tallos, a los meristemas de crecimiento. Cosechas severas reducen considerablemente la disponibilidad de carbohidratos, provocando que la tasa de rebrote de las plantas forrajeras sea lenta (Bahmani *et al.*, 2000; Hernández-Garay y Martínez, 1997). Algunas especies forrajeras expuestas a defoliaciones severas desarrollan una morfología que les permite mantener área foliar verde por debajo de la altura de cosecha, para disminuir el impacto de defoliaciones posteriores y optimiza su dinámica de rebrote (Lemaire, 2001). Las especies forrajeras rastreras toleran mejor las cosechas severas (Richards, 1993).

La frecuencia y severidad de cosecha se ha sido estudiada en praderas de pasto ovillo, ballico perenne y alfalfa y se concluyó que cosechas a intervalos largos y cosechas poco severas favorecen mayores rendimientos de materia seca, al año y por mes; y consecuentemente una mayor persistencia de las praderas (Velasco *et al.*, 2001; Velasco *et al.*, 2005; Garduño *et al.*, 2009; Mendoza *et al.*, 2010; Villareal *et al.*, 2014; Hernández *et al.*, 2015). En praderas de pasto Mulato (*Brachiaria* híbrido 36061)

cosechas cada 28 días a una altura de 13 a 15 cm resultaron en mayor producción de hojas (Cruz *et al.*, 2011).

### **2.3.3. Reserva de carbohidratos**

Las reservas de carbohidratos y de nitrógeno (N), en varias partes de la plata, han sido consideradas importantes para el inicio del rebrote (Rojas, 1993; Skinner *et al.*, 1999). Las reservas de carbohidratos, junto con la cantidad área foliar y meristemas de crecimiento en el forraje residual, regulan la tasa de crecimiento inicial previo al balance fotosíntesis – respiración (Briske, 1991; Richards, 1993; Quiroga, 1991). Si la tasa de respiración supera a la fotosíntesis las reservas de carbohidratos se agota y las plantas se debilitan con el tiempo (Del pozo, 1983; Varella *et al.*, 2001). La rapidez con la que la tasa de fotosíntesis supera a la respiración se relaciona estrechamente con la temperatura ambiental. En el otoño, cuando la temperaturas comienza descender la respiración se reduce sensiblemente y las plantas sintetizan foto-asimilados a un menor ritmo (Hanson, 1972). En el invierno, las reservas de carbohidratos más o menos se mantienen (Del Pozo, 1983).

### **2.4. Estacionalidad en el rendimiento de forraje**

La acumulación de materia seca es regulada por la temperatura ambiental, la radiación solar incidente sobre la pradera y fertilidad del suelo (Carambula, 1977; Bidwell, 1979; Hodgson, 1979; Jiménez y Martínez, 1984; Pearson e Ison, 1987; Rojas, 1993;

Hernández-Garay y Martínez, 1997; Tablada, 1998; Horrocks y Vallentine, 1999; Velasco *et al.*, 2001; Tovar, 2006; Alcántara y Trejo, 2007). Estos aspectos influyen en la tasa de crecimiento, y en la división y el alargamiento celular (Causton y Venus, 1981). La cantidad de materia seca que se acumula en cada rebrote de las praderas perennes es indicador de su potencial para producir forraje (Speeding, 1971; Rojas, 1993). Esta potencial se mide como tasa de crecimiento del cultivo ( $\text{g d}^{-1}$ ) o la tasa relativa de crecimiento ( $\text{g g}^{-1} \text{d}^{-1}$ ) cuya magnitud varia en el tiempo (Hodgson *et al.*, 1981; Hernández-Garay *et al.*, 1992). Según Chapman y Lemaire (1993) la tasa de acumulación neta de forraje es máxima cuando se alcanza el mayor índice de área foliar. Al aumentar la cantidad de hojas se intercepta mayor cantidad de radiación solar y se acumula más materia seca (Morales *et al.*, 2006).

## **2.5. Dinámica de la pradera**

El número de plantas y número de tallos por unidad de superficie son componentes del rendimiento (Hernández-Garay *et al.*, 1999; Castro *et al.*, 2013; Lemaire, 2001). La producción de tallos está determinada la constitución genética de las plantas, fertilidad del suelo, radiación fotosintéticamente activa incidente sobre la pradera, la temperatura ambiental, la frecuencia de cosecha (Matthew y Hodgson, 1997; Mendoza *et al.*, 2010; Hernández *et al.*, 2015) la cantidad de tallos y plantas cambian con el tiempo de establecimiento pero la cantidad de



tallos por planta y unidad de superficie varia con las estaciones del año (Hodgson *et al.*, 1981).

La tasa de aparición de tallos en las plantas es regulada por el IAF por su efecto directo en la distribución de la luz dentro de las plantas o pradera (Lemaire, 2001) y por la temperatura ambiental por su influencia en la fotosíntesis (Matthew y Hodgson, 1990; Hernández-Garay *et al.*, 1999; Lemaire, 2001). El número de tallos que aparecen en las plantas forrajeras depende del tamaño de las macollas, o vigor, de la planta determinado por la constitución genética de cada especie forrajera y su expresión biológica en cada estación del año (Hernández *et al.*, 2015). El número de tallos o la muerte de éstos, son afectado por procesos fisiológicos, tales como la concentración de reguladores de crecimiento, que induce la dominación apical, de tal forma que para antiauxinas en fotoperiodos cortos, el número de tallos aumenta (Kephart *et al.*, 1992).

## **2.6. Asociación de gramíneas con leguminosas forrajeras**

Para tener mayores rendimientos de praderas de gramíneas, como monocultivo, la fertilización nitrogenada es fundamental (Daepf *et al.*, 2001). Aumentar no solo el rendimiento, sino también la eficiencia de recursos, son los nuevos retos de la agricultura actual (Lüscher *et al.*, 2014). Se espera en un futuro praderas, con tres

o más especies y con ello una mayor utilización de recursos, obteniendo un balance de producción en las estaciones del año (Loreau *et al.*, 2001). Las asociaciones de gramíneas con leguminosas podría ser una alternativa prometedora para la producción sustentable. Se han encontrado en diferentes investigaciones de asociaciones de gramíneas con leguminosas mayor producción de materia seca en comparación con la gramínea sola (Roscher *et al.*, 2005; Marquard *et al.*, 2009; Mommer *et al.*, 2010). 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 (Lemaire, 2001; Matthew *et al.*, 2001; Camacho y García, 2003).

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. Zaragoza *et al.* (2009) mencionan que las asociaciones permiten mejorar la calidad nutricional del forraje, las 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. Otros investigadores en el valle de México (Castro *et al.*, 2012; Rojas *et al.*, 2014; Moreno *et al.*, 2015; Flores *et al.*, 2015), al evaluar gramíneas solas y asociaciones de dos gramíneas con una leguminosa

encontraron mayor rendimiento en las asociaciones que contenían las tres especies y menor en las gramíneas solas independientemente de la estación del año.

La composición botánica de praderas con gramíneas y leguminosas es apreciada por los ganaderos por la cantidad y calidad del forraje cosechado, particularmente por el beneficio para el ganado que pasta las praderas (Karsten y Carlassare, 2002).

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

Los factores ambientales y el manejo afectan el crecimiento, rendimiento y persistencia de las especies forrajeras a través del año, siendo la temperatura el factor que presenta mayor efecto.

La máxima producción de una pradera depende del balance entre la población de tallos y el peso individual de los mismos.

La asociación de gramíneas con leguminosas, tiene una mejor distribución estacional del rendimiento, aumenta la productividad y mejora la calidad de la pradera, en comparación con una especie sola.

## 2.8. Literatura citada

- Aizpuru, I.C.; Aseginolaza, P.; Uribe-Echebarría, M.P.; Urrutia, I.; Zorrakin. 1999. Claves ilustradas de la flora del país vasco y territorios limítrofes. Servicio central de publicaciones del gobierno vasco, Vitoria, España p. 245.
- Alcántara, G.G.; Trejo, T.L. 2007. Nutrición de cultivos. Colegio de Postgraduados. (1ª) Edición. Editorial Mundi Prensa. Montecillo, México S. A. p. 705.
- Baguet, H.A.; Bavera, G.A. 2001. Fisiología de la planta pastoreada. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional del Río Cuarto. Provincia de Córdoba, Argentina. [http://www.produccionovina.com.ar/produccioymanejo/pasturas/pastoreosistemas/04fisiologia\\_de\\_la\\_planta\\_pastoreada.htm](http://www.produccionovina.com.ar/produccioymanejo/pasturas/pastoreosistemas/04fisiologia_de_la_planta_pastoreada.htm)  
(revisada el 10-09-14)
- Bahmani, I.; Hazard, L.; Varlet–Grancher, C.; Betin, M.; Lemaire, G.; Matthew, C.; 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.
- Baruch, Z.J.; Fisher, M. 1991. Factores climáticos de competencia que afectan el desarrollo de la planta en el crecimiento. En: Establecimiento y renovación de pasturas. Conceptos, experiencia y enfoques de la investigación, Red de Investigación y Evaluación de Pastos Tropicales. CIAT. Colombia p. 103-142.
- Bidwell, R.G.S. 1979. Fisiología Vegetal. A. G. T. Editor. A. A. México p. 784.

- Briske, D.D.; Boutton, T.W.; Wang, Z. 1996. Contribution of flexible allocation priorities to herbivore tolerance in C4 perennial grasses: an evaluation with 13 Clabelling. *Oecologia* 105: 151-159.
- Briske, D.D. 1991. Development morphology and physiology of grasses. In: *Grazing Management: an ecological perspective*. Heitschmidt, R. K., Stuth J. W. (ed.). Timber Press, Portland, Oregon, USA p. 85-108.
- Brock J.L.; Hay, M.M.J. 1996. A review of the role of grazing management on the growth and performance of white clover cultivars in lowland New Zealand pastures. *Special Publication-Agronomy Society Of New Zealand* 28: 65-70.
- Brock J.L.; Tilbrook, C.J. 2000. Effect of cultivar of white clover on plant morphology during the establishment of mixed pastures under sheep grazing. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 43: 335-343.
- Brougham, R.W. 1955. A study in rate of pasture growth. *Crop and Pasture Science* 6(6): 804-812.
- Burdon, J.J. 1983. *Trifolium repens* L. *The Journal of Ecology* 24:307-330.
- Buxton, D.R.; Fales, L.S. 1994. Plant environment and quality. In: *Faher G., C. editor. Forage quality, evaluation and utilization*. Madison (Ne): University of Nebraska. *American Society of Agronomy* 56: 155-199.
- 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 ovilla. *Veterinaria de México* 34(2): 151-177.
- Caradus, J.R.; Woodfield, R.D.; Stewart, V.A. 1996. Overview and vision for white clover. *Special publication-Agronomy Society of New Zealand* 11: 1-6.

- Carámbula, M. 1977. Producción y manejo de pasturas sembradas. Editorial Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay p. 464.
- Carneiro, B.; Pedreira, C.G.S.P.; Da Silva C.S. 2009. Acúmulo de forragem durante a rebrotação de capim-xaraés submetido a três estratégias de desfolhação<sup>1</sup>. Revista Brasileira de Zootecnia 38(4): 618-625.
- Castro, R.R.; Hernández, G.A.; Ramírez, R.O.; Aguilar, B.G.; Enríquez, Q.J.F.; 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.
- 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.
- Causton, R.D.; Venus. J.C. 1981. The Biometry of plant growth. (ed.). Edward Arnold Limited. London. p. 144.
- 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 p. 95-104.
- Clark, D.A.; Harris, S.L. 1996. White clover or nitrogen fertiliser for dairying?. Special Publication-Agronomy Society of New Zealand 107-114.
- Clark, H.; Newton, P.C.D.; Bell, C.C.; Glasgow, E.M. 1995. The influence of elevated CO<sub>2</sub> and simulated seasonal changes in temperature on tissue turnover in

pasture turves dominated by ryegrass (*Lolium perenne*) and white clover (*Trifolium repens*). *Journal of Applied Ecology* 32: 128-136.

Cook, B.G.; Williams, R.J. Wilson, G.P.M. 1990. Register of Australian herbage plant cultivars. B. Legumes. 21. Arachis. (a) Arachis pintoy Krap. Et Grep. Nom. nud. (Pinto peanut) cv. Amarillo. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 30(3): 445-456.

Cruz, H.A.; Hernández-Garay, A.; Enríquez, Q.J.F.; Gómez, V.A.; Ortega, J.E.; Maldonado, G.N.M. 2011. Producción de forraje y composición morfológica del pasto Mulato (*Brachiaria* híbrido 63061) sometido a diferentes regímenes de pastoreo. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 2(4): 429-443.

Daepf, M.; Nosberger, J.; Lüscher, A. 2001 Nitrogen fertilization and developmental stage alter the response of *Lolium perenne* to elevated CO<sub>2</sub>. *New Phytologist* 150: 347-358.

Da Silva, S.C.; Hernández-Garay, A. 2010. Manejo de pastoreo en praderas tropicales. Forrajes y su impacto en el Trópico. 1<sup>era</sup> (ed). México. Universidad Autónoma de Chiapas, México p. 43-62.

Da Silva S.C.; Nascimento-Júnior, D.D.; Euclides, V.P.B. 2008. Pastagens: conceitos básicos, produção e manejo. Viçosa, MG: Suprema p. 115.

Da Silva S.C.; Nascimento-Júnior, D.D. 2007. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. *Revista Brasileira de Zootecnia* 36: 122-138.

- Del Pozo, M. 1983. La Alfalfa. Su Cultivo y Aprovechamiento. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España p. 380.
- Duran, J.L.; Schäufele, R.; Gastal, F. 1999. Grass leaf elongation rate as a function of developmental stage and temperature: Morphological analysis and modeling. *Annals of Botany* 83: 577-588.
- Dorantes, J.J. 2000. Respuesta productiva de tres variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) a dos intensidades de pastoreo. Tesis de Maestría en Ciencia. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. Colegio de Posgraduados.
- Flores, S.E.J.; Hernández-Garay, A.; Guerrero, R.J.D.; Quero, C.A.R.; Martínez, H.P.A. 2015. Productividad de asociaciones de pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.), ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 6(3): 337-347.
- Frame J.; Newbould, P. 1986. Agronomy of white clover. *Advances in Agronomy* 40: 1-88.
- Garduño, V.S.; Pérez, P.J.; Hernández-Garay, A.; Herrera, H.J.G.; Martínez, H.P.A.; Joaquín, T.B.N. 2009. Rendimiento y dinámica de crecimiento estacional de ballico perenne, pastoreado con ovinos a diferentes frecuencias e intensidades. *Técnica Pecuaria en México* 47:189-202.
- Giacomini, A.A.; Silva, S.C.D.; Sarmiento, D.O.D.L.; Zeferino, C.V.; Trindade, J.K.D.; Souza-Júnior, S.J.; Nascimento-Júnior, D.D. 2009. Components of the leaf area index of marandu palisadegrass swards subjected to strategies of intermittent stocking. *Scientia Agricola* 66(6): 721-732.



- González, A.S.X.; Días, S.H.; López, T.R.; Aizpuru, G.E.; Garza, C.H.M.; 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.
- Hanson, A.A.; Barnes, R.D.K.; Hill, A. 1988. Alfalfa and alfalfa improvent. American Society of Agronomy Inc. Madison, USA p. 1084.
- Hernández, G.F.J.; Hernández-Garay, A.; Ortega, J.E.; Enríquez, Q.J.F.; Velázquez, M.M. 2015. Comportamiento productivo del pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) en respuesta al pastoreo. *Agronomía Mesoamericana* 26(1): 33-42.
- Hernández-Garay, A.; Matthew, C.; 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* 54: 347-356.
- Hernández-Garay, A.; Martínez, H.P.A. 1997. Utilización de pasturas tropicales. En Torres H. G y P. Díaz R. (Eds.) *Producción de ovinos en zonas tropicales*. Fundación produce-INIFAP p. 8-24.
- Hernández-Garay, A.; Pérez, P.J.; Hernández, G.V.A. 1992. Crecimiento y rendimiento de alfalfa en respuesta a diferentes regímenes de cosecha. *Agrociencia* 2: 131-144.
- Hodgson, J. 1990. *Grazing Management. Science into Practice*. Longman Scientific and Technical. Essex, England p. 203.
- Hodgson, J.; Bircham, A.; Grant, L. King, J. 1981. The influence of cutting and grazing management on herbage growth and utilization. In: Wright. C. E. (Ed.) *Plant*

Physiology and Herbage Production. The British Grassland Society. Occasional Symposium No p. 13-51.

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

Horrocks, R.D.; Vallentine, J.F. 1999. *Harvested Forages*. Academic Press. Oval Road, London. United States of America p. 426.

Jiménez, M.A.; Martínez, H.P.A. 1984. Utilización de praderas. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México p. 85.

Juscafresca, B. 1983. *Forrajes, fertilizantes y valor nutritivo*. 2ª (ed) Editorial Aedos Barcelona, España p. 203.

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

Karsten, H.D.; MacAdam, J.W. 2001. Effect of drought on growth, carbohydrates, and soil water use by Perennial Ryegrass. Tall Fescue and White Clover. *Crop Science* 41: 156-166.

Kemp, L.M.; Condrón, L.M.; Mathew, C. 1999. Pastures and soil fertility. In: *New Zealand pasture and crop science*. White, J., and Hodgson, J. (eds). Oxford University Press. New Zealand p. 321.

Lemaire, G.; Da Silva, S.C.; Agnusdei, M.; Wade, M.; Hodgson, J. 2009. Interactions between leaf lifespan and defoliation frequency in temperate and tropical pastures: a review. *Grass and Forage Science* 64: 341-353.

- Lemaire, G. 2001. Ecophysiology of grasslands. Aspects of forage plant population in grazed swards. In: Proceedings of the XIX International Grassland Congress. Sao Pedro, Sao Paulo, Brazil p. 39-40.
- Lemaire, G.; Chapman, D. 1996. "Tissue flows in grazed plant communities." The ecology and management of grazing systems. Wallingford: CAB International 3-36.
- Longnecker, N.; Robson, A. 1994. Leaf emergence of spring wheat receiving nitrogen supply at different stages of development. *Annals of Botany* 74: 1-7.
- Loreau, M.; Naeem, S.; Inchausti, P.; Bengtsson, J.; Grime, J.P.; Hector, A.; Hooper, D.U.; Huston, M.A.; Raffaelli, D.; Schmid, B.; Tilman, D.; Wardle, D.A. 2001. Biodiversity and ecosystem functioning: current knowledge and future challenges. *Science* 294: 804-808.
- Lüscher, A.; Mueller-Harvey, I.; Soussana, J.F.; Reess, R.M.; Peyraud, L. 2014. Potential of legume-based grassland-livestock systems in Europe: a review. *Grass and Forage Science* 69(2): 206-228.
- Marquard, E.; Weigelt, A.; Temperton, V.M.; Roscher, C.; Schumacher, J.; Buchmann N.; Fischer, M.; Weisser, W.W.; Schmid, B. 2009. Plant species richness and functional composition drive overyielding in a six-year grassland experiment. *Ecology* 90(12): 3290-3302.
- Martínez, M. 1979. Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas. Fondo de Cultura Económica, México, D.F.

- Matthew, C.; Val Loo, G.E.N; Tom, E.R.; Dawson, L.A.; Care, D.A. 2001. Understanding shoot and root development. Proceeding of the XIX International Grassland Congress. São Pedro, São Paulo, Brasil p. 19-27.
- Matthew, C.; Hodgson, J.1997. Form and function of grass. CD ROM. Grassview. Institute of Natural Resources, Massey University, New Zealand.
- McKenzie, B.A.; Kemp, P.D.; Moot, D.J.; Matthew, C.; Lucas, R.J. 1999. Environmental effects on plant growth and development. In: White J, Hodgson J editors. New Zealand Pasture Crop Science. Auckland, N. Z: Oxford University Press p. 29-44.
- Mendoza, P.S.I.; Hernández-Garay, A.; Pérez. P.J.; Quero, C.A.R.; Escalante, E.J.A.S.; Zaragoza, R.J.L.; Ramírez, R.O. 2010. Respuesta productiva de la alfalfa a diferentes frecuencias de corte. Revista Mexicana de Ciencia Pecuaria 1(3):287-296.
- Mommer, L.; Van Ruijven, J.; De Caluwe, H.; Smittiekstra, A. E.; Wagemaker, C. A. M.; Ouborg, N. J.; Bögemann, G. M.; Van Der Weerden, G. M.; Berendse, F.; De Kroon, H. 2010. Unveiling below-ground species abundance in a biodiversity experiment: a test of vertical niche differentiation among grassland species. Journal of Ecology 98(5): 1117-1127.
- Morales, R.E.J.; Escalante, E.J.A.; Tijerina, C.L.; Volke, H.V.; Sosa, M.E. 2006. Biomasa, rendimiento, eficiencia en el uso del agua y de la radiación solar del agroecosistema girasol-fríjol Revista terra Latinoamericana 24 (1): 55-64.
- Molitero, E.A. 2002. Variables básicas que definen el comportamiento productivo de mezclas forrajeras en su primer año. Agrociencia 6: 40-52.

- Moreno, C.M.A.; Hernández-Garay, A.; Vaquera, H.H.; Trejo, L.C.; Escalante, E.J.A.; Zaragoza, R.J.L.; Joaquín, T.B.M. 2015. Productividad de siete asociaciones y dos praderas puras de gramíneas y leguminosas en condiciones de pastoreo. *Revista Fitotecnia Mexicana* 38(1): 101-108.
- Muslera, P.E.; Ratera, C.G. 1991. *Praderas y Forrajes, Producción y Aprovechamiento*. 2ª Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España p. 674.
- Nurjaya, IG.M.O.; Tow, P.G. 2001. Genotype and environmental adaptation as regulators of competitiveness. In: Philip G. and Alec Lazenby (Eds.). *Competition and succession in pastures*. CABI Publishing. Wallingford. UK p. 43-62.
- 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.; Ison, R.L. 1987. *Agronomy of grassland systems*. Cambridge University Press. Great Britain p. 169.
- Pérez, B.M.T.; Hernández-Garay, A.; Pérez, P.J.; Herrera, H.J.G.; Bárcena, G.R. 2002. Respuesta productiva y dinámica de rebrote del pasto ballico perenne a diferentes alturas de corte. *Técnica Pecuaria México* 40: 251-263.
- Perreta, M.; Vegetti, A. 1997. Formas de crecimiento y efectos del corte en gramíneas forrajeras. *Revista FAVE* 2: 68-80.
- Quiroga, G.H.M. 1991. Efectos del estado de madurez al corte sobre el rendimiento, calidad y persistencia de la alfalfa en la Comarca Lagunera. Informe de Investigación en Forrajes 1986. SARH, INIFAP. Región Lagunera. Matamoros, Coahuila, México p. 1-21.

- Ratray, P.V. 2005. Clover management, research, development & extension in the New Zealand pastoral industries. Report. Sustainable Farming Fund. Commissioned by Sustainable Farming Fund (SFF). New Zealand. <http://www.Maf.govt.nz/sff/whats-on/rd-and-e-extension-report-clover.pdf> (Consultado 09-09-14).
- Richards, J.H. 1993. Physiology of plants recovering from defoliation. In: Proceedings of the XVII International Grassland Congress. New Zealand and Australia p. 85-94.
- Rojas, G.A.R.; Hernández-Garay, A.; Joaquín, C.S.; Mendoza, P.S.I.; Joaquín, T.B.M.; Álvarez, V.P.; Ventura, R.J. 2015. Tasa de crecimiento y radiación interceptada de *Dactylis glomerata* L. solo y asociado con *Lolium perenne* L. y *Trifolium repens* L. VI Congreso internacional de manejo de pastizales. Durango, México p. 32-36.
- Rojas, G.A.R.; Hernández-Garay, A.; Joaquín, C.S.; Ventura, R.J.; Santiago, O.M.A.; Maldonado, P.M.A.; Mendoza, P.S.I. 2014. Comportamiento productivo de ovillo (*Dactylis glomerata* L.), ballico perene (*Lolium perenne* L.) asociado con trébol blanco (*Trifolium repens* L.). V Congreso internacional de manejo de pastizales. Nuevo Vallarta, Nayarit, México p. 187-191.
- Rojas, H.S.; Olivares, P.J.; Jiménez, G.R.; Hernández, C.E. 2005. Manejo de praderas asociadas de gramíneas y leguminosas para pastoreo en el trópico. Revista Electrónica de Veterinaria 6(5): 1-9.
- Rojas, G.M. 1993. Fisiología Vegetal Aplicada. 4ª (Ed.) Editorial Interamericana McGraw-Hill. México p. 275.

- Roscher, C.; Temperton, V.M.; Scherer-Lorenzen, M.; Schmitz, M.; Schumacher, J.; Schmid, B.; Buchmann, N.; Weisser, W.W.; Schulze, E.D. 2005. Overyielding in experimental grassland communities-irrespective of species pool or spatial scale. *Ecology Letters* 8: 419-29.
- SAGARPA. 2015. Producción Agrícola en México. Centro de Estadística Agropecuaria. Servicio de información y estadística agroalimentaria y pesquera. <http://www.siap.gob.mx/> (revisada el 16-11-15)
- Salisbury, F.B.; Ross, C.W. 1992. *Plant physiology*. 4<sup>ta</sup> (ed.) California:Wadsworth Publishing Company p. 682.
- Simpson, R.J.; Vulvenor, R.A. 1987. Photosynthesis, carbon partitioning and herbage yield. *Temperate Pastures* p. 113-114.
- Skinner, R.H.; Morgan, J.A.; Hanson, J.D. 1999. Carbon and nitrogen reserve remobilization following defoliation: nitrogen and elevated CO<sub>2</sub> effects. *Crop Science* 39: 1749-1756.
- Speeding, C.R.W. 1971. *Grassland Ecology*. Clarendon press. Oxford, Great Britain p. 221.
- Strasburger E.; Noll, F.; Schenck, A.; Schimper, F.W. 2004. *Tratado de botánica*. Ediciones Omega. Barcelona, España p. 1134.
- Tomlinson, K.W.; O'Connor, T.G. 2004. Control of tiller recruitment in bunchgrasses: Uniting Physiology and Ecology. *Functional Ecology* p. 489-496.
- Tovar, F.J. 2006. Incremento en invernadero de la cantidad y calidad del follaje de la alfalfa (*Medicago sativa* L.) variedad Florida 77 causado por la combinación de fertilización biológica y química en un suelo de la serie Bermeo de la sabana de

- Bogotá. Universitas Scientiarum Edición especial. Revista de la Facultad de Ciencias 11: 61-72. <http://radalyc.uaemex.mx> (revisada el 08-05-15)
- Turner, N.C.; Begg, J.E. 1978. Responses of pasture plants to water deficits. J.R.Wilson (Ed) *In: Plant Relations in Pastures* p. 50-66.
- Valantine, I.; Matthew, C. 1999. Plant growth, development and yield. In: New Zealand Pasture and crop science. Oxford university press. New Zealand. p. 11-27.
- Velasco, Z.M.E.; Hernández-Garay, 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* 43:247-258.
- Velasco, Z.M.E.; Hernández-Garay, A.; González, H.V.A.; Pérez, P.J.; Vaquera, H.H. 2002. Curvas estacionales de crecimiento del ballico perenne. *Revista Fitotecnia Mexicana* 25(1): 97-106.
- Velasco, Z.M.E.; Hernández-Garay, A.; González, H.V.A.; Pérez, P.J.; Vaquera, H.H.; Galvis, S.A. 2001. Curva de crecimiento y acumulación estacional del pasto Ovillo (*Dactylis glomerata* L.). *Técnica Pecuaria en México* 39(1):1-14.
- Villareal, G.J.A.; Hernández-Garay, A.; Martínez, H.P.A.; Guerrero, R.J.D.; Velasco, Z.M.E. 2014. Rendimiento y calidad de forraje del pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) al variar frecuencia e intensidad de pastoreo. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 5(2): 231-245.
- Villaseñor, R.J.L.; Espinosa, G.F.J. 1998. Catálogo de malezas de México. Universidad Nacional Autónoma de México, Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario y Fondo de Cultura Económica, México, D.F.



- Walton, D.P. 1983. Production and management of cultivated forages. Prentice Hall. Reston Virginia. United States of America p. 161-168.
- Wilson, G.C.Y.; Hernández-Garay, A.; Martínez M.D.; Ortega, C.M.E.; Bárcena, G.R.; Rojas, G.A.R. 2015. Análisis del crecimiento de cebadas (*Hordeum vulgare* L.) para producción de forraje. VI Congreso internacional de manejo de pastizales. Durango, México p. 313-317.
- Zaragoza, E.J.; Hernández-Garay, 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.
- Zenetti, S.; Hartwig, A.U.; Lüscher, A.; Hebeisen, T.; Frehner, M.; Fischer, U.B.; Hendry, R.G.; Blum, H.; Nösberger, J. 1999. Simulation of symbiotic N<sub>2</sub> fixation in *Trifolium repens* L. under elevated Atmospheric pCO<sub>2</sub> in a grassland ecosystem. Plant Physiology 112(2): 575-583.

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

#### **3.1. Resumen**

El objetivo de esta investigación fue evaluar la capacidad productiva del pasto ovillo solo y asociado con ballico perenne y trébol blanco, sembrado en diferentes proporciones. El trabajo se realizó de septiembre de 2012 a septiembre de 2014 en el Colegio de Postgraduados, México. Las proporciones de gramíneas y leguminosa fueron definidas mediante el paquete estadístico 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. La siembra se realizó en febrero de 2010, tomando como base las densidades de 20, 30 y 5 kg ha<sup>-1</sup> para ovillo, ballico perene y trébol blanco, respectivamente. Los tratamientos consistieron en las siguientes asociaciones y monocultivo: 20-40-40, 00-50-50, 40-20-40, 50-00-50, 20-70-10, 70-20-10, 100-00-00, 40-40-20% de ovillo (Ov), ballico perenne (Ba) y trébol blanco (Tr), respectivamente. Los ocho tratamientos se distribuyeron aleatoriamente en 24 parcelas experimentales de 9 por 8 m de acuerdo a un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. En promedio las asociaciones que presentaron un rendimiento total mayor en los dos años fueron: 40-20-40, 20-70-10 y 20-40-40 (Ov-Ba-Tr) con 21038, 20709 y 20073 kg MS ha<sup>-1</sup>, respectivamente y el rendimiento menor lo presentó el pasto ovillo solo con 12793 kg MS ha<sup>-1</sup>. Las asociaciones con producción mayor superaron en un 61% al monocultivo.

Independientemente de la asociación, en verano se encontró el porcentaje mayor de ovillo y en invierno fue trébol blanco, mientras que ballico perenne fue la especie que presentó el menor porcentaje a lo largo de la investigación. En conclusión las asociaciones de gramíneas y leguminosa tuvieron un rendimiento y persistencia en comparación con el monocultivo de pasto ovillo.

**Palabra clave:** *Dactylis glomerata* L., *Lolium perenne* L., *Trifolium repens* L., asociación.

### 3.2. Summary

The objective of this research was to evaluate the productive capacity of orchard grass alone and associated with perennial ryegrass and white clover sown at different proportions. The work was conducted from September 2012 to September 2014 at the Colegio de Postgraduados, Mexico. The proportions of grasses and legumes were defined by a program (Minitab, 2006), with a design of vertices with three components of the mixture, restricted to legumes by 10 and 50% minimum and maximum, respectively. Sowing was done in February 2010, based on the densities of 20, 30 and 5 kg ha<sup>-1</sup> of orchard grass, perennial ryegrass and white clover respectively. Treatments consisted of the following associations and monoculture: 20-40-40, 00-50-50, 40-20-40, 50-00-50, 20-70-10, 70-20-10, 100-00-00, 40-40-20 % of orchard grass (Ov), perennial ryegrass (Ba) and white clover (Tr), respectively. The eight treatments were randomly distributed into 24 experimental plots of 9 per 8 m according to a randomized complete block design with three replications. On average the associations that had the higher herbage yield on

two years were; 40-20-40, 20-70-10 and 20-40-40 (Ov-Ba-Tr) with 21,038, 20,709 and 20073 kg DM ha<sup>-1</sup> respectively and the lower herbage yield was registered in the monoculture with 12,793 kg DM ha<sup>-1</sup>. The associations with higher herbage yield exceeded in about 61% to that of monoculture. Regardless of the association, in summer it was found the highest percentage of orchard grass and in winter was white clover, while perennial ryegrass was the specie that had lowest percentage throughout the study. In conclusion, the associations of grasses and legumes had the higher herbage yield and persistence compared to the monoculture of orchard grass.

**Index words:** *Dactylis glomerata* L., *Lolium perenne* L., *Trifolium repens* L., association.

### 3.3. Introducción

En la zona central de México existen sistemas de producción animal que tienen como componente importante el uso de praderas puras y asociadas. SAGARPA (2014) menciona que en México la superficie total agrícola sembrada fue de 22 millones de hectáreas, con una superficie establecida de especies forrajeras de 2.5 millones de hectáreas, y un rendimiento de 18.7 t MS ha<sup>-1</sup>. Las nuevas exigencias que enfrenta la producción agropecuaria 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 (Arriaga *et al.*, 1999). El sistema de pastoreo de gramíneas asociadas con leguminosas, constituye sin duda uno de los pilares de la producción de

rumiantes más sostenible y competitiva, se espera que las leguminosas se vuelvan más importantes en un futuro (Lüscher *et al.*, 2014).

Las asociaciones de gramíneas y leguminosas permiten 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 producción mayor (Marquard *et al.*, 2009; Mommer *et al.*, 2010). 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). Al respecto (Cook *et al.*, 1990; Rojas *et al.*, 2005), en la región templada de México, el trébol blanco puede contener en promedio de 168 a 270 g de proteína cruda kg<sup>-1</sup> MS y fijar de 57 a 232 kg de nitrógeno ha<sup>-1</sup> (Zanetti *et al.*, 1999), y es preferida su asociación con gramíneas como ballico perenne y pasto ovillo.

Moreno *et al.* (2015) registraron un rendimiento anual de forraje, la mejor asociación fue 10:20:70 de trébol blanco, pasto ovillo y ballico perenne. Durante primavera-verano la pradera pura de ballico perenne y la asociación 10:20:70 de trébol blanco, pasto ovillo y ballico perenne obtuvieron el rendimiento mayor de forraje. Villareal *et al.* (2014) y Hernández *et al.* (2015) reportaron en monocultivo de pasto ovillo el rendimiento mayor en primavera y verano y en otoño e invierno el rendimiento menor, independientemente de la intensidad y frecuencia de pastoreo. La asociación trébol blanco con ovillo y ballico perenne ha llegado a rendir hasta un 52% más forraje cuando el porcentaje de trébol

blanco en la pradera fue de 40% y, puede alcanzar hasta un 65% más cuando se pastorea en primavera-verano a un intervalo de cortes de 28 días (Castro *et al.*, 2012). Ambos parámetros pueden ser afectados por el porcentaje de trébol y gramínea en la pradera pastoreando en cada estación del año (Karsten y Carlassare, 2002), como consecuencia entre componentes botánicos de la pradera (Scheneiter, 2005).

Por lo tanto, la presente investigación tuvo como objetivo determinar la capacidad productiva del pasto ovillo solo y asociado con ballico perenne y trébol blanco, sembradas en diferentes proporciones con los siguientes atributos: rendimiento de materia seca estacional y anual y composición botánica y morfológica en dos años de evaluación.

### **3.4. Materiales y métodos**

El experimento se realizó de septiembre de 2012 a septiembre de 2014, 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 2.240 msnm. El clima del lugar es templado subhúmedo, con precipitación media anual de 636 mm y régimen de lluvias en verano, (junio a octubre) y temperatura media anual de 15,2 °C (García, 2004). El suelo es un Typic ustipsamments de textura franco arenoso, ligeramente alcalino con pH 7–8, con 2,4% de materia orgánica (Ortiz, 1997).

Las praderas fueron establecidas en febrero de 2010, la siembra de las gramíneas se realizó en hileras a 30 cm, mientras que la leguminosa fue sembrada en forma perpendicular con una distancia entre surcos de 30 cm; tomando como base las densidades de 20, 30 y 5 kg ha<sup>-1</sup> para ovilla, 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 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, siendo manejados en las parcelas experimentales mediante un cerco eléctrico.

Las asociaciones de gramíneas y leguminosa fueron definidas usando 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 con ayuda del paquete Minitab (2006). Los tratamientos en la siembra (febrero de 2010) consistieron de las siguientes asociaciones: 20-40-40, 00-50-50, 40-20-40, 50-00-50, 20-70-10, 70-20-10, 100-00-00, 40-40-20 % de pasto ovilla (Ov), ballico perenne (Ba) y trébol blanco (Tr), respectivamente. Los ocho tratamientos se distribuyeron aleatoriamente en 24 parcelas experimentales de 9 por 8 m, de acuerdo a un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones. Sin embargo, cuando se inició esta investigación las praderas tenían 2,5 años desde el momento de la siembra (febrero de 2010), y su persistencia

había disminuido considerablemente especialmente el porcentaje de ballico perenne teniendo los siguientes cambios de las asociaciones: 52-02-32-14, 00-28-45-27, 45-02-31-22, 46-00-33-22, 33-02-55-10, 32-01-31-36, 47-00-00-53 y 32-02-52-14 % de pasto ovillo (Ov), ballico perenne (Ba), trébol blanco (Tr), material muerto, otros pastos y malezas (OP), respectivamente.

#### **3.4.1. Rendimiento de forraje**

Para obtener el rendimiento de forraje en cada parcela, se establecieron aleatoriamente dos cuadros fijos de 0,25 m<sup>2</sup> 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; una vez secas las muestras de forraje se determinó su peso, con la suma del rendimiento por corte se obtuvo el rendimiento acumulado de forma estacional y anual.

#### **3.4.2. Composición botánica y morfológica**

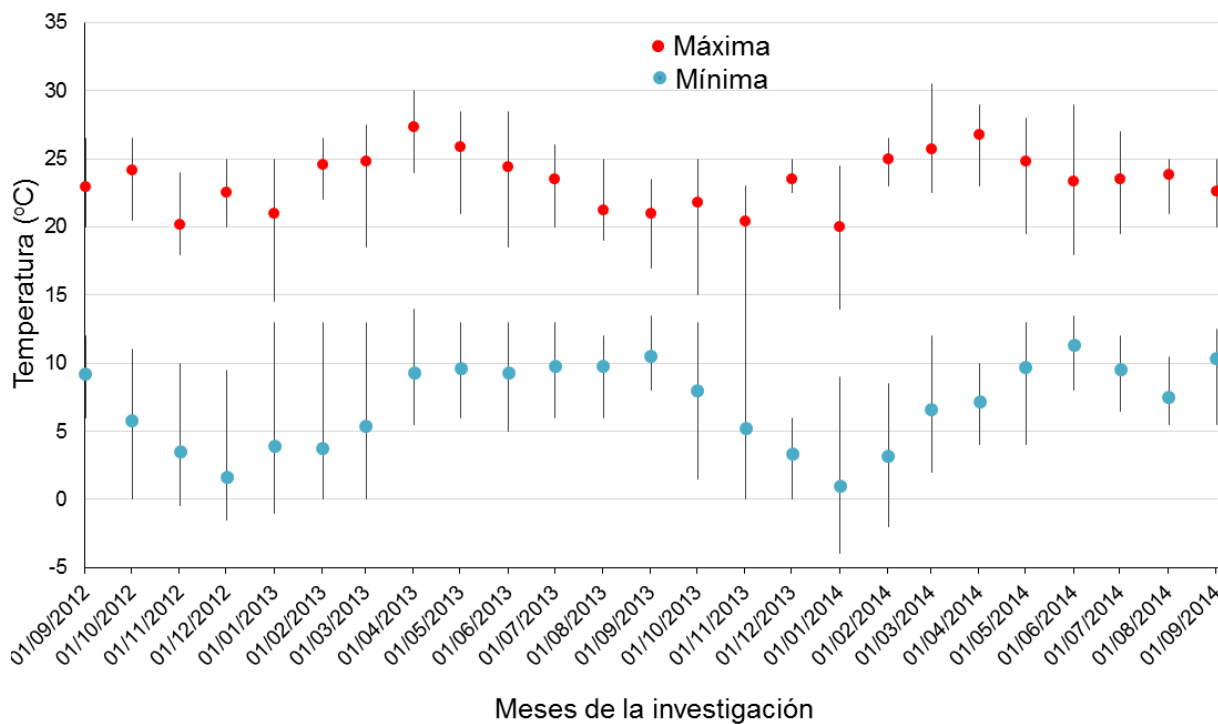
Para obtener la composición botánica y morfológica, un día antes de cada pastoreo, de las muestras de forraje cosechado para determinar el rendimiento, se tomó una submuestra de aproximadamente 20 %. Cada submuestra se separó en las diferentes



especies sembradas (pasto ovillo, ballico perenne y trébol blanco) y no deseadas (otros pastos y malezas) para determinar la composición botánica. A las especies deseadas se les separaron sus componentes morfológicos (hojas, tallos y material muerto), 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 de cada componente, posteriormente se promediaron los pesos por cada estación en los dos años de la investigación.

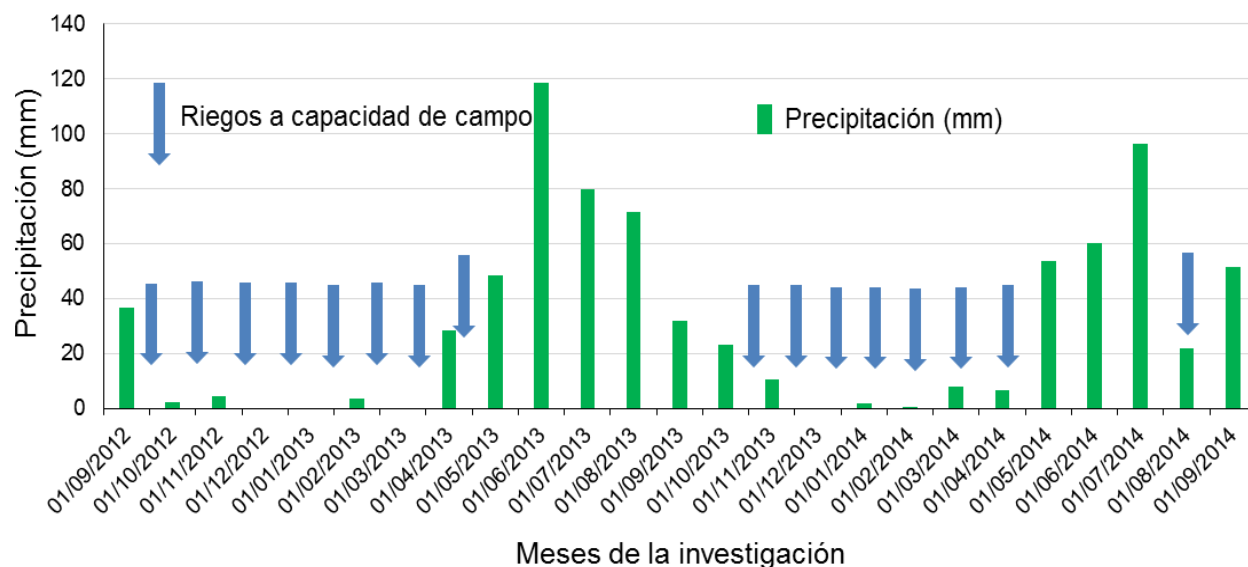
### **3.4.3. Datos climáticos**

En la Figura 1 se observa el promedio de la temperatura máxima y mínima mensual en los 2 años del experimento donde la temperatura máxima en promedio mensual osciló entre 20 y 27 °C, en tanto que la temperatura mínima en promedio mensual osciló entre 1 y 11.3 °C. La temperatura alta se presentó en primavera de ambos años, con un promedio de 26 °C, registrándose la máxima en el mes de abril de 2013 con un promedio de 27 °C y abril de 2014 con 26,8 °C. La temperatura más baja se presentó en las estaciones de otoño e invierno, principalmente el mes de diciembre de 2012 con un promedio de 1,6 °C, y el mes de enero de 2014 con un promedio de 1 °C.



**Figura 1. Temperaturas media mensual máxima y mínima durante el periodo de estudio (09/2012 a 09/2014) (<http://www.cm.colpos.mx/meteoro/>).**

La precipitación acumulada se observa en la Figura 2 donde se obtuvo una precipitación acumulada en el primer año de 408,87 mm, en los meses de junio, julio y agosto de 2013 se obtuvo la precipitación mayor con 269,65 mm (66%). La precipitación acumulada del segundo año fue de 348,75 mm, obteniendo la precipitación mayor en los meses de mayo, junio, julio y septiembre de 2014 con el 75% (261.44 mm) (primavera y verano). En los meses sin presencia de precipitación que abarcan las estaciones: otoño, invierno y parte de primavera de ambos años y verano del último año se proporcionó riegos a capacidad de campo cada dos semanas.



**Figura 2. Precipitación acumulada durante el periodo de estudio y riegos a capacidad de campo (09/2012 a 09/2014). (<http://www.cm.colpos.mx/meteoro/>)**

### 3.4.4. Análisis estadístico

Para comparar el efecto de las asociaciones estudiadas, se realizó un análisis de varianza con el procedimiento de Modelos Mixtos (SAS, 2009), con un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey ajustada ( $p= 0,05$ ) según Steel y Torrie (1988).

## 4.5. Resultados y discusión

### 4.5.1. Rendimiento de forraje

En el Cuadro 1 se presentan los datos de rendimiento total y estacional del pasto ovillo solo y asociado con ballico perenne y trébol blanco. En general, todas las asociaciones

superaron al pasto ovillo solo ( $p= 0,05$ ). En ambos años, las asociaciones 20-70-10 y 40-20-40 de pasto ovillo, ballico perenne y trébol blanco registraron los rendimientos anuales mayores, siendo estadísticamente iguales a 20-40-40, 50-00-50 y 40-40-20 ( $p= 0,05$ ), en el primer año y a 20-40-40 ( $p= 0,05$ ) en el segundo año, respectivamente.

El rendimiento anual promedio de todas las asociaciones durante el primer año (19006 kg MS ha<sup>-1</sup>) superó en 6.6% ( $p= 0,05$ ) al segundo año (17758 kg MS ha<sup>-1</sup>). En ambos años, los rendimientos fueron superior a los reportados por Castro *et al.* (2012) y Moreno *et al.* (2015) al evaluar 5 y 7 asociaciones de gramíneas y leguminosas, respectivamente. Castro *et al.* (2012) al comparar 5 asociaciones de pasto ovillo, ballico perenne y trébol blanco reportaron, en la mejor asociación (20:40:40), una producción promedio anual de 17275 kg MS ha<sup>-1</sup>. Por su parte, Moreno *et al.* (2015), en 7 asociaciones con diferentes proporciones de las mismas especies, observaron valores que fluctuaron entre 7312 y 12611 kg MS ha<sup>-1</sup> durante el primer año, después de haber sido establecidas. Otros estudios (Camacho y García, 2003) encontraron resultados superiores con promedio anual de 23454 kg MS ha<sup>-1</sup>, en asociaciones de trébol blanco, ballico perenne, festuca alta y pasto ovillo.

Independientemente de las asociaciones, se observaron diferencias estadísticas ( $p= 0,05$ ) entre estaciones, en ambos años, con el siguiente orden descendente: primavera > verano > invierno > otoño con un promedio de 6222, 5472, 3792 y 2889 kg MS ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Al comparar los rendimientos por estación entre años, no se registraron diferencias estadísticas entre ellas ( $p= 0,05$ ), aunque los rendimientos del

primer año superaron al segundo. Una distribución estacional similar a la observada en el presente estudio fue reportada por Villareal *et al.* (2014) y Hernández *et al.* (2015) en praderas puras de pasto ovillo, Castro *et al.* (2012), Rojas *et al.* (2014), Moreno *et al.* (2015) y Flores *et al.* (2015) en praderas asociadas de pasto ovillo, ballico perenne y trébol blanco, en el Valle de México.

Los rendimientos mayores estacionales registrados durante primavera y verano se atribuyen a que en ambas estaciones se presentaron las condiciones ambientales adecuadas, particularmente de temperatura (White y Hodgson, 1999) que permitieron a las tres especies manifestar su potencial productivo máximo (Figura 1). En tanto que los rendimientos en otoño e invierno menores se pueden atribuir al efecto negativo de las temperaturas bajas registradas durante ese periodo (Figura 1), como lo consignaron Hernández-Garay *et al.* (1997) al señalar que ocasionan reducción en el crecimiento y tasa de acumulación de forraje, por influencia negativa directa sobre la tasa de aparición y expansión foliar (Horrocks y Vallentine, 1999), ya que para tener el mejor crecimiento se requieren temperaturas de 18 a 21 °C en ballico perenne y pasto ovillo, mientras que para el trébol blanco de 24 °C (Brock y Tilbrook, 2000).

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

Asociaciones Ov-Ba-Tr	Otoño		Invierno		Primavera		Verano		Rendimiento anual	
	2012	2013	2012	2013	2013	2014	2013	2014	Año 1	Año 2
20-40-40	3926 Ga	3696 hA	4611 eA	4317 fA	6531 aC	6235 bC	5603 cD	5309 dD	20673 AB	19487 AB
00-50-50	3220 gC	2919 hC	4399 eAB	4098 fAB	5912 aD	5604 bD	5114 cE	4815 dE	18637 B	17433 BC
40-20-40	3294 fBC	2997 gBC	4342 dB	4048 eB	6848 bB	6549 cB	7153 aA	6856 bA	21639 A	20438 A
50-00-50	3130 dC	2837 dC	3856 cC	3558 cC	6461 aC	6165 aC	5554 bD	5265 bD	19003 AB	17824 B
20-70-10	3509 gB	3211 hB	4365 eAB	4067 fAB	7171 aA	6872 bA	6263 cB	5963 dB	21309 A	20109 A
70-20-10	2768 dD	2465 dD	3551 cD	3243 cD	6058 aD	5748 aD	4994 bE	4689 bE	17372 C	16183 C
100-00-00	1437 gE	1033 hE	2326 aB	1928 fE	5372 aE	4969 bE	4465 cF	4063 dF	13596 D	11993 D
40-40-20	3088 Gc	2785 hC	4145 eBC	3840 fB	6687 aBC	6385 bBC	5891 cC	5589 dC	19823 AB	18601 B
Promedio	3046 cd	2733 d	3949 c	3636 c	6378 a	6066 a	5629 b	5316 b	19006 a	17758 b
EEM	248	246	252	259	278	271	242	249	1048	1036
Sig.	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

abc= Medias con la misma literal minúscula en una misma hilera, no son diferentes (p= 0,05); ABC= 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; Ov=Ovillo; Ba=Ballico perenne; Tr= Trébol blanco.

La aportación de las especies deseables al rendimiento anual se presenta en el Cuadro 2. En general, se observa una disminución de todas las especies del primer al segundo año de evaluación. En ambos años la especie que más aportó al rendimiento estacional y anual fue el pasto ovillo (56,8 %), seguido de trébol blanco (34,4 %) y ballico perenne (8,8 %) ( $p= 0,05$ ). Las asociaciones que obtuvieron el mayor aporte de pasto ovillo, en ambos años, fueron: 40-20-40, 20-40-40, 20-70-10 y 50-00-50 de pasto ovillo, ballico perenne y trébol blanco superando al pasto ovillo solo en 24,5 % ( $p= 0,05$ ) y 35 % ( $p= 0,05$ ) durante el primero y segundo año, respectivamente.

Las asociaciones que obtuvieron el porcentaje mayor de trébol blanco en ambos años fueron: 40-20-40 y 20-70-10 de pasto ovillo, ballico perenne y trébol blanco, con un promedio de 6952 kg MS ha<sup>-1</sup>, mientras que la asociación 70-20-10 de pasto ovillo, ballico perenne y trébol blanco, registro el rendimiento menor con 4074 kg MS ha<sup>-1</sup>.

La especie con aporte menor al rendimiento, desde el inicio de la investigación hasta su término, fue ballico perenne. La asociación con 50 % de ballico perenne fue la que presentó el rendimiento mayor de ballico perenne en los 2 años con un promedio de 5840 y 4698 kg MS ha<sup>-1</sup>, para el primero y segundo año, respectivamente. En las demás asociaciones el aporte de ballico perenne fue mínimo (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Rendimiento anual por especie (kg MS ha<sup>-1</sup>) de pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) solo y asociado con ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.).**

Asociación	Año 1				Año 2			
	Ovillo	Ballico	Trébol	Total	Ovillo	Ballico	Trébol	Total
20-40-40	11557 A	583 C	5663 B	17804 BC	10030 A	387 C	4949 BC	15367 BC
00-50-50	---	5840 A	6784 AB	12625 D	---	4698 A	5439 B	10138 D
40-20-40	11393 A	231 C	7199 A	18824 B	10204 A	120 C	6373 AB	16699 B
50-00-50	10561 AB	---	5248 B	15810 C	9386 AB	---	4549 BC	13935 C
20-70-10	11170 A	1539 B	7532 A	20242 A	10040 A	1394 B	6705 A	18139 A
70-20-10	9459 B	408 C	4375 C	14244 C	8408 B	288 C	3774 C	12471 C
100-00-00	8426 C	---	---	8426 E	6456 C	---	---	8426 E
40-40-20	9105 B	1283 B	6654 AB	17042 BC	7843 BC	1074 B	5856 B	14773 BC
EEM	897	745	789	1065	987	897	876	1088
Sig.	**	**	**	**	**	**	**	**

ABC= Medias con la misma literal mayúscula en una misma columna, no son diferentes ( $p=0,05$ ); EEM=Error estándar de la media; Sig.= Significancia; \*\*= $p=0,05$ ; Ov= pasto ovillo; Ba= ballico perenne; Tr= trébol blanco.

Los resultados de esta investigación indican que el potencial de las asociaciones de gramíneas con leguminosas en comparación con el monocultivo es notable. Los efectos de complementariedad e interacciones intra e inter-específicas pueden hacer más eficiente el uso de los recursos, lo que permite ahorrar grandes cantidades de fertilizante nitrógeno, y aumentar el rendimiento de forraje en sistemas de pastoreo intensivos (Nyfeler *et al.*, 2009). Al respecto, varios investigadores (Hooper y Dukes, 2004; Roscher *et al.*, 2005; Marquard *et al.*, 2009; Mommer *et al.*, 2010), señalan que las asociaciones de gramíneas con leguminosas superan en rendimiento de forraje a la gramínea sola. En un meta-análisis realizado por Cardinale *et al.* (2007), en cuarenta y cuatro investigaciones de asociaciones y monocultivos, encontraron que las asociaciones superaron en un 70% el rendimiento de forraje a las gramíneas puras.



Estudios realizados por Moreno *et al.* (2015) con 7 asociaciones de gramíneas y leguminosas señalan que el aporte de cada especie varía dependiendo del tiempo que tienen de establecidas las praderas. Ellos encontraron que independientemente de la asociación, el ballico perenne fue la especie que más aportó al rendimiento con 47 %, seguida del pasto ovilla con 21 % y el trébol blanco con 13 % y lo atribuyen a que tenían un año de establecidas y a que durante el primer año, el ballico perenne es la especie que domina debido a su establecimiento rápido, ya que tanto el pasto ovilla como el trébol blanco son de establecimiento lento. Por su parte, Castro *et al.* (2012) en cinco asociaciones de gramíneas y leguminosas consignó que el trébol blanco registró el rendimiento mayor con un promedio anual de 7638 kg MS ha<sup>-1</sup>, seguido de pasto ballico perenne con 4669 kg MS ha<sup>-1</sup>, y pasto ovilla con 2558 kg MS ha<sup>-1</sup>.

Por otra parte, en una investigación realizada por Nyfeler *et al.* (2011), en asociaciones de trébol blanco y gramíneas observaron efectos estimulantes de las gramíneas que acompañaban a la leguminosa (simbiosis); los resultados mayores se obtuvieron en asociaciones con porcentajes de trébol blanco entre 40 y 60 %, en comparación con los monocultivos de gramíneas. Estos porcentajes de trébol blanco son similares a los encontrados en la presente investigación, ya que las asociaciones que obtuvieron rendimiento mayor, al inicio de la investigación tenían en promedio 41% de trébol blanco.

### 3.5.2. Composición botánica y morfológica

En la figura 3 se presentan los cambios estacionales promedio durante los dos años de investigación en la composición botánica y morfológica de siete asociaciones de gramíneas y leguminosas y una gramínea sola. En la estación de otoño la especie que tuvo la aportación mayor, fue el pasto ovillo y trébol blanco con 38.5 y 37 %, respectivamente y menor el ballico perenne con 3.5 %, mientras que el material muerto, otros pastos y malezas en conjunto contribuyeron con 21% ( $P < 0.05$ ). En otoño, la asociación 20-40-40 de pasto ovillo, ballico perenne y trébol blanco fue la que presentó el porcentaje mayor de pasto ovillo con un 50 %, mientras que las asociaciones 20-70-10 y 70-20-10 de pasto ovillo, ballico perenne y trébol blanco, fueron las que registraron los valores menores con 30% ( $p = 0,05$ ).

En esta misma estación la asociación que presentó el porcentaje mayor de trébol blanco fue 20-70-10 de pasto ovillo, ballico perenne y trébol blanco con 53 % ( $p = 0,05$ ). La aportación mayor de ballico perenne la obtuvo la asociación con 50 % de ballico perenne con un promedio de 26 % ( $p = 0.05$ ). Mientras que el aporte mayor de maleza, otros pastos y material muerto lo presentó el pasto ovillo solo con 53 %.

Independientemente de la asociación, en invierno la especie con el aporte mayor fue el trébol blanco con un promedio de 50,5% ( $p = 0,05$ ), seguido del pasto ovillo con 34 % y menor el ballico perenne con 4.5 %, mientras que el material muerto, otros pastos y maleza en conjunto aportaron 11 % ( $p = 0,05$ ). En esta estación, la asociación 40-20-40

de pasto ovillo, ballico perenne y trébol blanco registró el porcentaje mayor de trébol blanco con 63 % ( $p= 0,05$ ). Resultados similares fueron reportados por Moreno *et al.* (2015) donde en las estaciones de otoño e invierno encontraron el aporte mayor de trébol blanco al rendimiento. Esto se puede atribuir al hábito de crecimiento estolonífero del trébol blanco (Brock *et al.*, 1989; Durand *et al.*, 1999), lo que le permitió ocupar los espacios dejados por las otras especies, particularmente en las praderas con porcentajes altos de ballico perenne. Dado que el trébol blanco crece bien bajo condiciones de sombra, al estar asociada con las gramíneas, pudieron servirle de ayuda para un mejor crecimiento debido a que mitigaron las temperaturas bajas debido a que ocupaba los estratos inferiores y crearon un microclima que lo favoreció (Tallec *et al.*, 2008; Nyfeler *et al.*, 2011).

La asociación con 50 % de ballico perenne y trébol blanco fue la que presentó en la estación de invierno el porcentaje mayor de ballico perenne con 28 %. La pradera de pasto ovillo solo fue la que registró el porcentaje mayor de material muerto, otros pastos y maleza con 32 % ( $p= 0,05$ ).

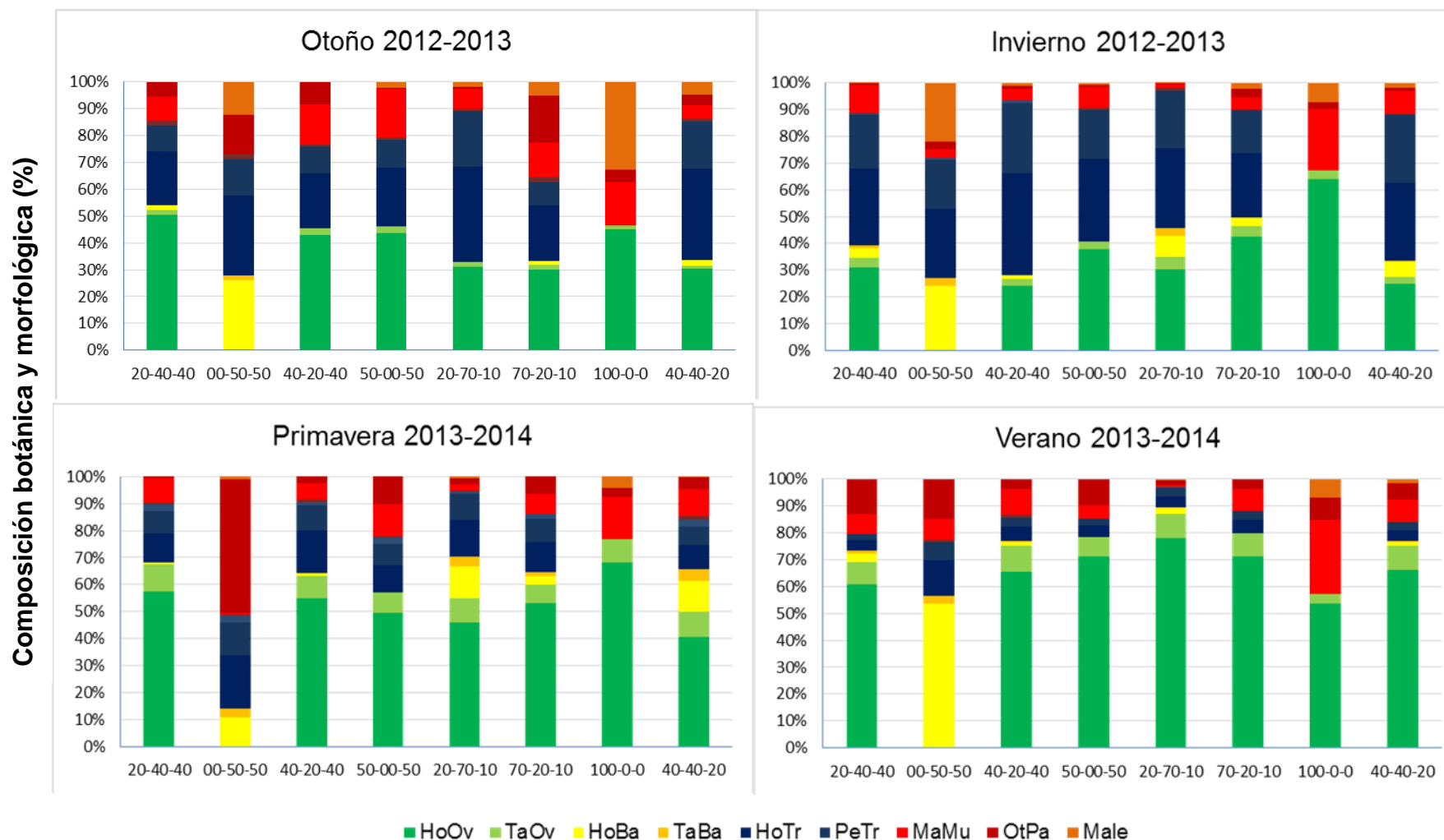


Figura 3. Cambios en la composición botánica y morfológica de pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) solo y asociado con ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.). HoOv= hoja de ovillo; TaOv= tallo de ovillo; HoBa= hoja de ballico; TaBa= tallo de ballico; HoTr= hoja de trébol; PeTr= peciolo; MaMu= material muerto; OtPa= otros pastos; Male= maleza.

En primavera y verano el pasto ovillo dominó en todas las asociaciones. Durante primavera, en promedio el pasto ovillo aportó 59 %, trébol blanco 21,5 % y ballico perenne 4,8 %, el material muerto, otros pastos y maleza en conjunto aportaron 14,7 % ( $p=0,05$ ). En la estación de verano fue donde se encontró el aporte mayor de pasto ovillo independientemente de las asociaciones y estaciones del año con 71 %. La contribución de las demás especies fue de 8,5 % de ballico perenne, 8,5 % de trébol blanco, y 12 % de material muerto, otros pastos y maleza. En todas las estaciones del año, el componente morfológico que predominó fue la hoja (Figura 3). La estacionalidad en la aportación de las especies al rendimiento puede estar asociada al hábito de crecimiento, condiciones ambientales, particularmente temperatura y horas luz, y a la competencia inter-específica. La tendencia que presenta el pasto ovillo, se puede atribuir al hábito de crecimiento menos erecto que el ballico perenne, situación que ayudó a que no se eliminaran meristemas de crecimiento, y a resistir mayor temperatura en comparación con ballico perenne (Durand *et al.*, 1999). Todas las asociaciones presentaron buen aporte de especies deseadas con excepción de la asociación con 50 % de ballico perenne y trébol blanco, la cual, en la estación de primavera presentó la cantidad mayor de otros pastos con 51 %.

Moreno *et al.* (2015) encontraron en siete asociaciones de gramíneas y leguminosas y dos praderas puras de gramíneas, en general, que el ballico perenne contribuyó al rendimiento total de forraje con 47 %, el pasto ovillo con 21 % y el trébol blanco con 13 %, mientras que el 19 % restante lo integró el material muerto, otros pastos y malezas. La contribución de cada especie al rendimiento en las praderas puras fue de 86 y 60 %

para el ballico perenne y pasto ovillo. Estos resultados son diferentes a los encontrados en esta investigación, y se pueden atribuir a que en este estudio la pradera llevaba 2,5 años desde la siembra y por consiguiente el ballico perenne disminuyó probablemente por las temperaturas altas en las estaciones de primavera y verano que van de los 15 a 30 °C (Figura 1) y para tener la mejor expresión en el crecimiento requiere temperaturas de 18 °C (Brock y Tilbrook, 2000).

### **3.5.3. Conclusiones**

Existe una estacionalidad en el rendimiento de forraje. En las estaciones de primavera y verano se presentó el rendimiento mayor y durante otoño e invierno el menor. El rendimiento menor de forraje lo presentó la pradera pura de pasto ovillo. El aporte mayor al rendimiento fue el pasto ovillo seguido de trébol blanco y por último ballico perenne. Las asociaciones con rendimiento mayor fueron: 40-20-40, 20-70-10 y 20-40-40 de pasto ovillo, ballico perenne y trébol blanco. Las asociaciones con rendimiento mayor obtuvieron en promedio 40 % de trébol blanco. Existió una estacionalidad entre especies, siendo el trébol blanco quien domina durante el invierno y el pasto ovillo en verano. Ballico perenne fue la especie que menor persistencia presentó, al tener el porcentaje menor durante todo el periodo de evaluación.

#### 3.5.4. Literatura citada

- Arriaga, J.C.; Espinoza, O.A.; Albarrán, P.; 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.; Caradus, J.R.; Hay, M.J.M. 1989. Fifty years of White clover research in New Zealand *Journal of Agricultural Research. Proceedings of New Zealand Grassland Association* 50(1): 1-23.
- 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 Research* 43(3): 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 ovilla. *Veterinaria de México* 34(2): 151-177.
- Cardinale, B.J.; Wright, J.P.; Cadotte, M.W.; Carroll, I.T.; Hector, A.; Srivastava, D.S.; Loreau, M.; Weis, J.J. 2007. Impacts of plant diversity on biomass production increase through time because of species complementary. *Proceedings National Academy of Science of the USA* 104(46): 18123-18128.
- Castro, R.R.; Hernández-Garay, A.; Vaquera, H.H.; Hernández, P.G.J.; Quero, C.A.R.; Enríquez, Q.J.F.; Martínez, H.P.A. 2012. Comportamiento productivo de asociaciones de gramíneas con leguminosas en pastoreo. *Revista Fitotecnia Mexicana* 35(1): 87-95.

- Cook, B.G.; Williams, R.J.; Wilson, G.P.M. 1990. Register of Australian herbage plant cultivars. B. Legumes. 21. Arachis. (a) Arachis pintoy Krap. Et Grep. Nom. nud. (Pinto peanut) cv. Amarillo. Australian Journal of Experimental Agriculture 30(3): 445-456.
- Durand, J.L.; Schaufele, R.; Gastal, F. 1999. Grass leaf elongation rate as a function of developmental stage and temperature: Morphological analysis and modeling. Annals of Botany 83(5): 577-588.
- Flores, S.E.J.; Hernández-Garay, A.; Guerrero, R.J.D.; Quero, C.A.R.; Martínez, H.P.A. 2015. Productividad de asociaciones de pasto ovilla (*Dactylis glomerata* L.), ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.). Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias 6(3): 337-347.
- García, E. 2004. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. 4 (ed). Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. p. 217.
- González, A.S.X.; Días, S.H.; López, T.R.; Aizpuru, G.E.; Garza, C.H.M.; 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.
- Hernández, G.F.J.; Hernández-Garay, A.; Ortega, J.E.; Enríquez, Q.J.F. Velázquez, M.M. 2015. Comportamiento productivo del pasto ovilla (*Dactylis glomerata* L.) en respuesta al pastoreo. Agronomía Mesoamericana 26(1): 33-42.
- Hernández-Garay, A.; Hodgson, J.; Matthew, 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(1): 25-35.

Hooper, D.U.; Dukes, J.S. 2004. Overyielding among plant functional groups in a long-term experiment. *Ecology Letters* 7(2): 95-105.

Horrocks, R.; Vallentine, J.F. 1999. *Harvested Forages*. Academic Press. Oval Road, London, United States of America p. 426.

Karsten, H.D.; Carlassare, M. 2002. Describing the botanical compositions of a mixed species northeaster U. S. Pasture rotationally grazed by cattle. *Crop Science* 42(3): 882-889.

Lüscher, A.; Mueller-Harvey, I.; Soussana, J.F.; Reess, R.M.; Peyraud, L. 2014. Potential of legume-based grassland-livestock systems in Europe: a review. *Grass and Forage Science* 69(2): 206-228.

Marquard, E.; Weigelt, A.; Temperton, V.M.; Roscher, C.; Schumacher, J.; Buchmann N.; Fischer, M.; Weisser, W.W.; Schmid, B. 2009. Plant species richness and functional composition drive overyielding in a six-year grassland experiment. *Ecology* 90(12): 3290-3302.

Minitab, 2006. *Meet minitab, Manual for the basic practice of statistics*. W Freeman (ed). USA.

Mommer, L.; Van Ruijven, J.; De Caluwe, H.; Smittiekstra, A.E.; Wagemaker, C.A.M.; Ouborg, N.J.; Bögemann, G.M.; Van Der Weerden, G.M.; Berendse, F.; De Kroon, H. 2010. Unveiling below-ground species abundance in a biodiversity experiment: a test of vertical niche differentiation among grassland species. *Journal of Ecology* 98(5): 1117-1127.

- Moreno, C.M.A.; Hernández-Garay, A.; Vaquera, H.H.; Trejo, L.C.; Escalante, E.J.A.; Zaragoza, R.J.L.; Joaquín, T.B.M. 2015. Productividad de siete asociaciones y dos praderas puras de gramíneas y leguminosas en condiciones de pastoreo. *Revista Fitotecnia Mexicana* 38(1): 101-108.
- Nyfeler, D.; Huguenin-Elie, O.; Suter, M.; Frossard, E.; Lüscher, A. 2011. Grass-legume mixtures can yield more nitrogen than legume pure stands due to mutual stimulation of nitrogen uptake from symbiotic and non-symbiotic sources. *Agriculture Ecosystems and Environment* 140: 155-163.
- Nyfeler, D.; Huguenin-Elie, O.; Suter, M.; Frossard, E.; Connolly, J.; Lüscher, A. 2009. Strong mixture effects among four species in fertilized agricultural grassland led to persistent and consistent transgressive overyielding. *Journal of Applied Ecology* 46: 683-691.
- Ortíz, S.C. 1997. Colección de Monolitos. Depto. Génesis de suelos. Edafología. IRENAT. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México.
- Rojas, G.A.R.; Hernández-Garay, A.; Joaquín, C.S.; Ventura, R.J.; Santiago, O.M.A.; Maldonado, P.M.A.; Mendoza, P.S.I. 2014. Comportamiento productivo de ovillo (*Dactylis glomerata* L.), ballico perenne (*Lolium perenne* L.) asociado con trébol blanco (*Trifolium repens* L.). V Congreso internacional de manejo de pastizales. Nuevo Vallarta, Nayarit, México p. 187-191.
- Rojas, H.S.; Olivares, P.J.; Jiménez, G.R. y Hernández, C.E. 2005. Manejo de praderas asociadas de gramíneas y leguminosas para pastoreo en el trópico. *Revista Electrónica de Veterinaria* 6 (5): 1-9.

- Roscher, C.; Temperton, V.M.; Scherer-Lorenzen, M.; Schmitz, M.; Schumacher, J.; Schmid, B.; Buchmann, N.; Weisser, W.W.; Schulze, E.D. 2005. Overyielding in experimental grassland communities-irrespective of species pool or spatial scale. *Ecology Letters* 8: 419-29.
- SAGARPA, 2014. Producción Agrícola en México. Centro de Estadística Agropecuaria. Servicio de información y estadística agroalimentaria y pesquera. <http://www.siap.gob.mx/> (Consultado julio, 2015).
- SAS, Institute. 2009. SAS/STAT® 9.2. Use's Guide Release. Cary, NC: SAS Institute Inc. USA.
- Scheineter, O. 2005. Mesclas de especies forrajeras perennes templadas. Jornada de actualización técnica en pasturas implementadas, Sumidae S A. Generación y evolución de cultivares de especies forrajeras, INTA E. E. A. Pergamino p. 15-28.
- Steel, R.G.; Torrie, R.J.L. 1988. Bioestadística: Principios y procedimientos. 2ª (ed). McGraw – Hill. México p. 622.
- Tallec, S.T.; Diquélou, S.; Lemauviel, J.B.; Cliquet, F.; Lesuffleur, A.; Ourry. 2008. Nitrogen: sulphur ration alters competition between *Trifolium repens* and *Lolium perenne* under cutting: Production and competitive abilities. *European Journal of Agronomy* 29(2-3): 94-101.
- Villareal, G.J.A.; Hernández-Garay, A.; Martínez, H.P.A.; Guerrero, R.J.D.; Velasco, Z.M.E. 2014. Rendimiento y calidad de forraje del pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) al variar frecuencia e intensidad de pastoreo. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 5(2): 231-245.

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

Zenetti, S.; Hartwig, A.U.; Lüscher, A.; Hebeisen, T.; Frehner, M.; Fischer, U.B.; Hendry, R.G.; Blum, H.; Nösberger, J. 1999. Simulation of symbiotic N<sub>2</sub> fixation in *Trifolium repens* L. under elevated Atmospheric pCO<sub>2</sub> in a grassland ecosystem. *Plant Physiology* 112(2): 575-583.

## **CAPITULO 4. PERSISTENCIA Y PRODUCCIÓN DE OVILLO (*Dactylis glomerata* L.) SOLO Y ASOCIADO CON BALLICO PERENE (*Lolium perenne* L.) Y TREBOL BLANCO (*Trifolium repens* L.)**

### **4.1. Resumen**

Se evaluaron siete asociaciones, dos gramíneas y una leguminosa, sembradas en diferentes proporciones y un monocultivo de ovillo. La investigación se realizó de septiembre de 2012 a septiembre de 2014 en el Colegio de Postgraduados, México. 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. Los tratamientos consistieron de las siguientes asociaciones: 20-40-40, 00-50-50, 40-20-40, 50-00-50, 20-70-10, 70-20-10, 100-00-00, 40-40-20 % de ovillo (Ov), ballico perenne (Ba) y trébol blanco (Tr), respectivamente. Los tratamientos se distribuyeron aleatoriamente en 24 parcelas experimentales de 9 por 8 m, de acuerdo a un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones. Las asociaciones que presentaron mayor tasa de crecimiento en los dos años fueron; 20-70-10, 20-40-40 y 40-20-40 con un promedio de 57 kg MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, y las menor tasa de crecimiento el monocultivo ovillo (100-00-00) con 32 kg MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> (P<0.05). Las asociaciones que obtuvieron la mayor población plantas (m<sup>-2</sup>) en los dos años en ovillo fue el monocultivo ovillo con 32 plantas m<sup>-2</sup> y las menores: 40-40-20 y 20-40-40 con 21 y 15 plantas m<sup>-2</sup>, respectivamente (p= 0,05). En promedio del primer año de radiación interceptada encontramos 87 %

disminuyendo al segundo año en 84 %. Todas las asociaciones aportaron mayor tasa de crecimiento en comparación con el monocultivo ovillo. Existe una estrecha relación con la tasa de crecimiento y radiación interceptada.

**Palabra clave:** *Dactylis glomerata* L., *Lolium perenne* L., *Trifolium repens* L., tasa de crecimiento, plantas m<sup>-2</sup>, radiación interceptada.

#### 4.2. Summary

Seven associations, two grasses and legumes sown in different proportions and a monoculture of ball were evaluated. The research was conducted from September 2012 to September 2014 in the Colegio de Postgraduados, Mexico. Associations grasses and legumes were performed using the (2006) Minitab package, with a design of vertices with three components of the mixture, restricted to legumes by 10 and 50% minimum and maximum, respectively. Treatments consisted of the following associations: 20-40-40, 00-50-50, 40-20-40, 50-00-50, 20-70-10, 70-20-10, 100-00-00, 40- 40-20 % of orchard grass (Ov), perennial ryegrass (Ba) and white clover (Tr), respectively. Treatments were randomly distributed into 24 experimental plots of 9 and 8 m, according to a design of randomized complete block with three replications. Associations that presented the highest growth rate in the two years were; 20-70-10, 20-40-40 and 40-20-40 with an average of 57 kg DM ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, and the lowest growth rate monoculture ball (100-00-00) 32 kg MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> (p= 0.05). The associations obtained the population plants (m<sup>-2</sup>) in the two years was the monoculture orchard grass 32 plants m<sup>-2</sup> and lower: 40-40-20 and 20-

40-40 with 21 and 15 plants m<sup>-2</sup>, respectively (p= 0.05). On average the first year of intercepted radiation found 87 % decline in the second year by 84 %. All associations contributed the highest growth rate compared with monoculture orchard grass. There is a close relationship with the growth rate and intercepted radiation.

**Index words:** *Dactylis glomerata* L., *Lolium perenne* L., *Trifolium repens* L., growth rate, plants m<sup>-2</sup>, intercepted radiation.

### 4.3. Introducción

El ballico perenne (*Lolium perenne* L.), pasto ovilla (*Dactylis glomerata* 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 (Améndola *et al.*, 2005); 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). Las asociaciones de gramíneas y leguminosas es una excelente opción en producción de forrajes ya que actualmente existe la necesidad de aumentar no solo la productividad, sino también la eficiencia de recursos sustentables, siendo los nuevos retos de la agricultura (Lüscher *et al.*, 2014).

El uso de asociaciones de gramíneas y leguminosas permite tener mayor valor nutritivo y rendimiento de materia seca, actividad que ayuda a 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 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). Al respecto, Cook *et al.* (1990) y Rojas *et al.* (2005), consignaron que en la región templada de México, el trébol blanco puede contener en promedio de 168 a 270 g de proteína cruda  $\text{kg}^{-1}$  MS y fijar de 57 a 232 kg de nitrógeno  $\text{ha}^{-1}$  (Zanetti *et al.*, 1996), y es preferida su asociación con gramíneas como ballico perenne y ovillo. Villareal *et al.* (2014) en pasto ovillo encontraron la mayor tasa de crecimiento en verano con 107 kg MS  $\text{ha}^{-1} \text{d}^{-1}$  con una frecuencia de pastoreo de 4 semanas y una intensidad de 3-5 cm, mientras que en otoño fue de 77 kg MS  $\text{ha}^{-1} \text{d}^{-1}$  con una frecuencia de 6 semanas y una intensidad de 3-5 cm. La asociación trébol blanco, pasto ovillo y ballico perenne ha llegado a producir hasta un 52 % más forraje cuando el porcentaje de trébol blanco en la pradera fue de 40 % y, puede alcanzar hasta un 65 % más cuando se pastoreo en primavera-verano a un intervalo de 28 días (Castro *et al.*, 2012). Rojas *et al.* (2015) en asociaciones de pasto ovillo, ballico perenne y trébol blanco, reportan en promedio la mayor tasa de crecimiento en primavera con 58 kg MS  $\text{ha}^{-1} \text{d}^{-1}$ , y la mayor radiación interceptada (93 %).

Los patrones estacionales de distribución de forraje están influenciados por variaciones en el clima, por lo que es importante saber la velocidad de crecimiento estacional de las



especies forrajeras de interés. Por lo tanto en asociaciones de gramíneas con leguminosas es importante determinar la mejor asociación desde el punto de vista de distribución estacional, tasa de crecimiento y persistencia de la pradera. La presente investigación tuvo como objetivo evaluar un monocultivo de pasto ovillo y siete asociaciones, de ovillo, ballico perenne y trébol blanco en diferentes proporciones, para diferentes atributos: tasa de crecimiento del forraje, densidad de plantas y radiación interceptada (%).

#### **4.4. Materiales y métodos**

El experimento se realizó de septiembre del 2012 a septiembre de 2014, 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 altitud 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, 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 30 cm; tomando como base las densidades de 20, 30 y 5 kg ha<sup>-1</sup> para pasto ovillo, 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 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, y estos 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. Los tratamientos consistieron de las siguientes asociaciones: 20-40-40, 00-50-50, 40-20-40, 50-00-50, 20-70-10, 70-20-10, 100-00-00, 40-40-20 % de ovillo (Ov), ballico perenne (Ba) y trébol blanco (Tr), respectivamente. Los tratamientos se distribuyeron aleatoriamente en 24 parcelas experimentales de 9 por 8 m, de acuerdo a un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones.

#### **4.4.1. Tasa de crecimiento de forraje**

La tasa de crecimiento promedio estacional de las asociaciones y el monocultivo, se calculó con los datos de rendimiento obtenidos en cada pastoreo y en cada una de las repeticiones, con la siguiente fórmula:

$$TC = R / T$$

Donde:

TC = Tasa de crecimiento promedio estacional ( $\text{kg MS ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ).

R = Rendimiento estacional ( $\text{kg MS ha}^{-1}$ ).

T = Días transcurridos en cada estación.

#### **4.4.2. Densidad de plantas**

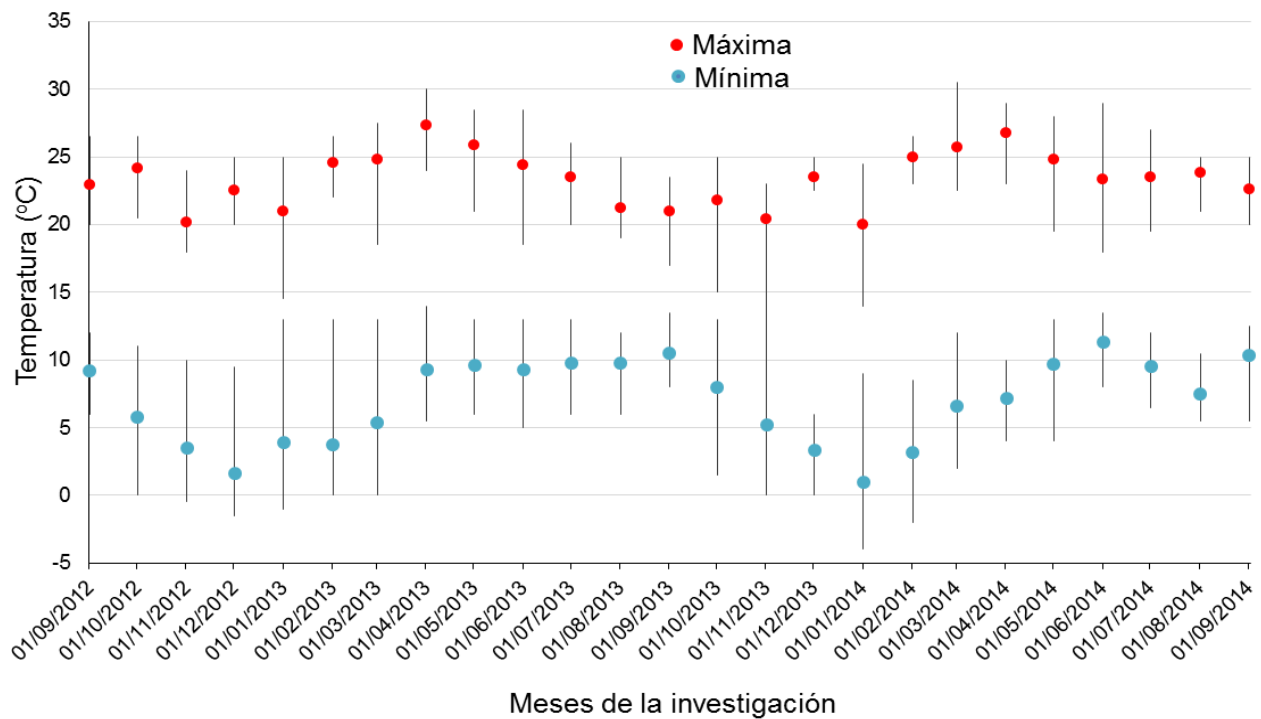
Al inicio del experimento se colocó un cuadro fijó de  $1 \text{ m}^2$  de forma aleatoria en cada unidad experimental, un día después de cada pastores se contó el número de plantas presentes en las gramíneas (ovillo, ballico perenne), mientras que en la leguminosa (trébol blanco) fue por medio de cobertura (%) y con ello, se obtuvo el promedio de plantas por especie de forma estacional.

#### **4.4.3. Radiación interceptada**

Un día previo a cada pastoreo, se tomaron al azar cinco lecturas de radiación por repetición con el método del metro de madera descrito por Adams y Arkin (1977) en cada unidad experimental. Las lecturas se realizaron aproximadamente a las 13:00 h (es el mejor tiempo para medir la cobertura en el dosel, porque a esta hora, el ángulo solar es alto y la intercepción de la luz cambia al mínimo). El procedimiento consistió en colocar la regla en la superficie del suelo (debajo del dosel), con orientación sur-norte, e inmediatamente después, se contaron los centímetros sombreados, los cuales representaron el porcentaje de radiación interceptada por el dosel vegetal.

#### 4.4.4. Datos climáticos

En la Figura 1 se observa el promedio de la temperatura máxima y mínima mensual en el experimento donde la temperatura máxima en promedio mensual osciló entre 20 y 27 °C, en tanto que la temperatura mínima en promedio mensual osciló entre 1 y 11,3 °C.

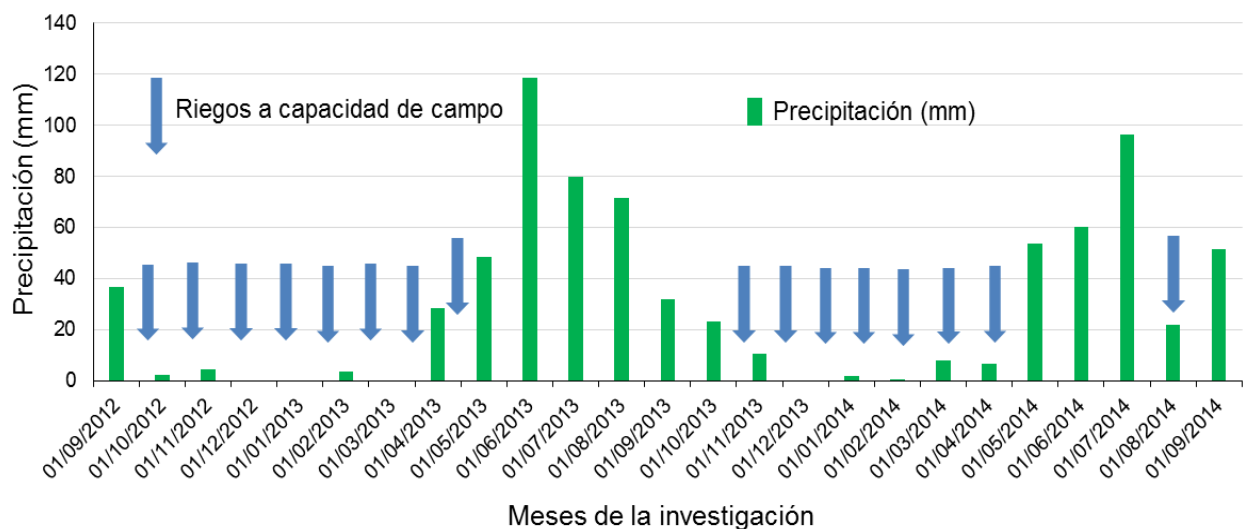


**Figura 1. Temperaturas media mensual máxima y mínima durante el periodo de estudio (09/2012 a 09/2014) (<http://www.cm.colpos.mx/meteoro/>).**

La temperatura alta se presentó en primavera de ambos años, con un promedio de 26 °C, registrándose la máxima en el mes de abril de 2013 con un promedio de 27 °C y abril de 2014 con 26,8 °C. La temperatura más baja se presentó en las estaciones de otoño

e invierno, principalmente el mes de diciembre de 2012 con un promedio de 1,6 °C, y el mes de enero de 2014 con un promedio de 1 °C.

La precipitación acumulada se observa en la Figura 2 donde se obtuvo una precipitación acumulada en el primer año de 408,87 mm, en los meses, de junio, julio y agosto de 2013 se obtuvo la mayor precipitación con 269,65 mm (66 %). La precipitación acumulada del segundo año fue de 348,75 mm, obteniendo la mayor precipitación en los meses de mayo, junio, julio y septiembre de 2014 con el 75% (261,44 mm) (primavera y verano). En los meses sin presencia de precipitación que abarcan las estaciones: otoño, invierno y parte de primavera de ambos años y verano del último año se proporcionó riegos a capacidad de campo cada dos semanas.



**Figura 2. Precipitación acumulada durante el periodo de estudio y riegos a capacidad de campo (09/2012 a 09/2014) (<http://www.cm.colpos.mx/meteoro/>).**

#### **4.4.5. Análisis estadístico**

Para comparar el efecto de las asociaciones estudiadas, se realizó un análisis de varianza con el procedimiento de Modelos Mixtos (SAS, 2009), con un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey ajustada ( $p= 0,05$ ) según Steel y Torrie (1988).

### **4.5. Resultados y discusión**

#### **4.5.1. Tasa de crecimiento del forraje**

En el Cuadro 1 se presenta la tasa de crecimiento estacional promedio durante el periodo experimental. En el primer año la TC promedio de todas las asociaciones fue de  $51 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$  y disminuyó  $3 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$  en el segundo año ( $48 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ). En ambos años, las asociaciones 20-70-10, 40-20-40 y 20-40-40 de pasto ovido, ballico perenne y trébol blanco obtuvieron la mayor TC y fueron estadísticamente diferentes a las demás ( $p= 0,05$ ), mientras el pasto ovido solo obtuvo la menor TC ambos años ( $p= 0,05$ ). Por otra parte, en la estación de primavera de ambos años se registró la mayor TC, independientemente de las asociaciones con un promedio de  $68,5 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ , seguido de verano con un promedio de  $57,5 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ , después invierno con un promedio de  $42 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ , y por último la estación de invierno con un promedio de  $31 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$  ( $p= 0,05$ ). Estos resultados coinciden con los reportados por Velasco

*et al.* (2001), donde encontraron la mayor tasa de crecimiento en primavera y verano en praderas de ballico perenne.

Mientras tanto Villareal *et al.* (2014) en pasto ovillo reportaron la mayor tasa de crecimiento en primavera y verano con un promedio de 98,5 kg MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> con una frecuencia pastoreo de 4 semanas e intensidad de 3-5 cm y la menor en otoño (77 kg MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) con una frecuencia de 6 semanas e intensidad de 3-5 cm; estas tasas de crecimiento son mayores que las reportadas en la presente investigación, sin embargo, cuando se inició este trabajo ya llevaba dos años desde la siembra por lo que probablemente su persistencia disminuido y por consiguiente el rendimiento de materia seca y tasa de crecimiento. Tal comportamiento, generalmente se le atribuye a la habilidad de las plantas de ovillo, ballico perenne y trébol blanco para competir por luz, agua y nutrientes cuyos efectos se evidencian en la tasa de aparición y elongación del área foliar (Durand *et al.*, 1999). En otoño la menor tasa de crecimiento se puede atribuir a las bajas temperaturas registradas en el periodo (Figura 1), ya que como señalan, Hernández-Garay *et al.* (1997a) que las bajas temperaturas ocasionan reducción en el crecimiento y tasa de acumulación de forraje, por influencia directa de una menor tasa de aparición y expansión foliar.

Mientras tanto Brock y Tilbrook (2000) mencionan que los cambios en la tasa de crecimiento, en las diferentes estaciones del año, están directamente relacionadas con la temperatura, y para tener la mejor expresión en el crecimiento se requieren temperaturas de 18 y 21°C para ballico perenne y ovillo, respectivamente, mientras que

para el trébol blanco de 24 °C. Por su parte, Sanderson, (2010) en una investigación de dos años en asociaciones de ovilla y trébol blanco, encontró en promedio la mayor tasa de crecimiento en primavera de con 62 kg MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, seguida de verano con; 47 kg MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>. Estas tasas de crecimiento coinciden con las de esta investigación en primavera y verano de ambos años.

Otros investigadores (Sevilla *et al.*, 2001) en trébol blanco reportaron la mayor tasa de crecimiento en la estación de otoño. Por otra parte, Moreno *et al.* (2015) reportaron tasas de crecimiento menores a esta investigación, al evaluar asociaciones de trébol blanco, pasto ovilla y ballico perenne, aunque su comportamiento estacional fue similar al del presente estudio; es decir, las mayores tasas de crecimiento se presentaron en primavera- verano con un promedio de 38 kg MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, mientras que las menores durante otoño e invierno con 24 y 15 kg MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, respectivamente.



**Cuadro 1. Cambios estacionales en la tasa de crecimiento (kg MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) de pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) solo y asociado con ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.).**

Asociaciones	Otoño		Invierno		Primavera		Verano		Promedio	
	2012	2013	2012	2013	2013	2014	2013	2014	Año 1	Año 2
Ov-Ba-Tr	2012	2013	2012	2013	2013	2014	2013	2014	Año 1	Año 2
20-40-40	43 Fa	40 gA	55 dcA	52 eA	76 aB	73 bB	56 cD	53 deD	57 A	54 A
00-50-50	37 dBC	34 dBC	51 bcB	48 cB	67 aBC	64 aBC	54 bD	51 cdD	52 B	49 B
40-20-40	36 eBC	33 eBC	46 dC	43 dC	71 bcBC	68 cBC	77 aA	74 abA	57 A	54 A
50-00-50	34 deCD	31 eCD	41 cD	38 cdD	71 aBC	68 aBC	61 bC	58 bC	52 B	49 B
20-70-10	38 cbB	35 dB	54 bA	51 bcA	85 aA	82 aA	64 bBC	61 bBC	60 A	57 A
70-20-10	27 gE	24 hE	35 eE	32 fE	66 aC	63 aC	53 cD	50 dD	45 C	42 C
100-00-00	15 gF	11 hF	23 eF	19 fF	55 aD	51 bD	44 cE	40 dE	34 D	30 D
40-40-20	31 dDE	28 dDE	43 cCD	40 cCD	72 aBC	69 aBC	66 bB	63 bB	53 B	50 AB
Promedio	33 d	29 d	44 c	40 c	70 a	67 a	59 b	56 b	51	48
EEM	4.2	4.2	2.8	2.8	9.2	9.2	3.6	3.6	5.6	4.4
Sig.	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

abc= Medias con la misma literal minúscula en una misma hilera, no son diferentes ( $p= 0,05$ ); ABC= 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.

Ov= pasto ovillo, BA= Ballico perenne y Tr= Trébol blanco.

#### 4.5.2. Densidad de plantas

En el Cuadro 2 se observan los cambios estacionales en la densidad de plantas, en donde el promedio del primer año de pasto ovillo fue de 24 plantas  $m^{-2}$  disminuyendo a 23 plantas  $m^{-2}$  para el segundo año. En ambos años el monocultivo (100-00-00) fue el que obtuvo la mayor densidad con un promedio 31.5 plantas  $m^{-2}$ , mientras que la menor densidad la obtuvo la asociación 20-40-40 de pasto ovillo, ballico perenne y trébol blanco con un promedio de 15 plantas  $m^{-2}$  ( $p= 0,05$ ). En otoño e invierno (inicio de la investigación) del primer año se obtuvo la mayor densidad con un promedio 24 plantas  $m^{-2}$  de pasto ovillo disminuyendo para otoño e invierno del segundo año a 23 plantas  $m^{-2}$ . No se observaron cambios estacionales en densidad de plantas de pasto ovillo durante primavera y verano de ambos años con 23 plantas  $m^{-2}$  a 23 plantas  $m^{-2}$ .

El ballico perenne fue la especie con la menor densidad de plantas durante toda la investigación con un promedio de 3 y 2,5 plantas  $m^{-2}$  para el primero y segundo año, respectivamente. La asociación 00-50-50 de pasto ovillo, ballico perenne y trébol blanco fue la que registró la mayor densidad de plantas  $m^{-2}$  de ballico perenne con un promedio de los dos años de 4,8 plantas  $m^{-2}$ , y las asociaciones 40-40-20, 20-70-10, 20-40-40 y 70-20-10 fueron las que obtuvieron la menor densidad con un promedio de ambos años de 2 plantas  $m^{-2}$  ( $p= 0,05$ ). No se encontró diferencias estadísticas ( $p= 0,05$ ), hubo una disminución numérica del primero al segundo año de estudio (Cuadro 2).

Trébol blanco fue la especie que presentó la mayor densidad de plantas  $m^{-2}$  con 41 y 38 plantas  $m^{-2}$ , para el primero y segundo año, respectivamente ( $p= 0.05$ ). La asociación 00-50-50 de pasto ovido, ballico perenne y trébol blanco, en ambos años, presentó la mayor densidad con un promedio de 66.5 plantas  $m^{-2}$ , mientras que la asociación 40-40-20 de pasto ovido, ballico perenne y trébol blanco fue la que registró la menor densidad, en los dos años, con un promedio de 30 plantas  $m^{-2}$  ( $p= 0,05$ ). En la estación de invierno de los dos años se encontró la mayor densidad de plantas de trébol blanco con un promedio de 49,5 plantas  $m^{-2}$ , y la menor durante las estaciones de primavera y verano de los dos años con un promedio de 34,2 plantas  $m^{-2}$  ( $p= 0,05$ ). La mayor densidad de plantas de trébol blanco coincide con el mayor aporte de trébol blanco en la composición botánica y rendimiento de forraje en invierno de ambos años.

Independientemente de las especies la densidad de plantas se mantuvo, y se puede atribuir a que la pradera llevaba dos años desde la siembra y por consiguiente las plantas tienden a mantenerse ya que en el primer año es cuando se pierde la mayor cantidad de plantas (Mendoza, 2013). Por su parte Sevilla *et al.* (2001) mencionan que, la muerte de las plantas es mayor en primavera, y en las demás estaciones la densidad de plantas tiende a mantenerse; además señalan que la densidad mínima necesaria para que no afecte su crecimiento es de 30, por debajo de la cual, la pradera disminuye marcadamente la producción de forraje.

**Cuadro 2. Cambios estacionales en densidad de plantas (m<sup>-2</sup>) de pasto ovido (*Dactylis glomerata* L.) solo y asociado con ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.).**

Asociaciones Ov-Ba-Tr	Otoño		Invierno		Primavera		Verano		Promedio	
	2012	2013	2012	2013	2013	2014	2013	2014	Año 1	Año 2
Ovillo ( Plantas m <sup>-2</sup> )										
20-40-40	15 D	15 D	15 D	15 D	15 D	14 D	15 D	14 D	15 D	15 D
00-50-50	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
40-20-40	21 C	21 C	21 C	21 C	21 C	21 D	21 C	20 D	21 C	21 C
50-00-50	28 B	27 B	28 B	27 B	27 B	27 B	27 B	27 B	28 B	27 B
20-70-10	21 C	20 C	21 C	20 C	20 C	20 C	20 C	20 C	21 C	20 C
70-20-10	27 B	27 B	27 B	27 B	27 B	26 B	27 B	26 B	27 B	27 B
100-00-00	32 A	32 A	33 A	31 A	32 A	31 A	32 A	31 A	32 A	31 A
40-40-20	21 C	20 C	21 C	20 C	21 C	20 C	21 C	20 C	21 C	20 C
Promedio	24	23	24	23	23	23	23	23	24	23
Ballico perenne (Plantas m <sup>-2</sup> )										
20-40-40	2.6 C	2.0 B	2.7 C	2.0 C	2.3 C	1.7 C	2.3 C	1.7 B	2.5 C	1.8 C
00-50-50	5.3 A	4.7 A	5.3 A	4.7 A	5.0 A	4.3 A	5.0 A	4.3 A	5.2 A	4.5 A
40-20-40	4 B	3.7 A	4 B	3.3 B	3.7 B	3 B	3.7 B	3.0 A	3.8 B	3.2 B
50-00-50	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
20-70-10	2.3 C	2.0 B	2.3 C	1.7 C	2.0 C	1.7 C	2.0 C	1.7 B	2.2 C	1.8 C
70-20-10	2.6 C	2.2 B	2.6 C	2.2 C	2.2 C	2 C	2.2 C	2.0 B	2.4 C	2.1 C
100-00-00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
40-40-20	2.3 C	1.7 B	2 C	1.7 C	2.0 C	1.3 C	2.0 C	1.3 B	2.1 C	1.5 C
Promedio	3.2	2.7	3.1	2.6	2.9	2.3	2.9	2.3	3	2.5
Trébol blanco (Plantas m <sup>-2</sup> )										
20-40-40	46 bcB	41 cB	53 aB	48 abCD	32 deCD	27 eD	35 dC	30 deC	41 B	36 C
00-50-50	73 abA	68 bcA	78 aA	73 abA	61 deA	56 eA	66 cdA	61 deA	69 A	64 A
40-20-40	38 bC	34 bcC	54 aB	50 aBC	32 cdCD	28 deCD	30 cdeD	26 eCD	39 C	35 C
50-00-50	20 bcE	18 cE	29 aD	27 aF	21 bE	19 bcE	21 bE	19 bcE	23 E	21 E
20-70-10	48 bcB	46 cdB	56 aB	54 abB	41 cdeB	39 deB	40 deB	38 eB	46 B	44 B
70-20-10	43 abBC	41 abcB	46 aC	44 aDE	35 cdC	33 dC	36 abcBC	34 cdB	40 C	38 C
100-00-00	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
40-40-20	28 bD	26 bcD	43 aC	41 aE	28 bcD	26 bcdD	25 cdE	23 dDE	31 D	29 D
Promedio	42 b	39 b	51 a	48 a	36 bc	32 c	36 bc	33 c	41 a	38 b

abc= Medias con la misma literal minúscula en una misma hilera, no son diferentes (p= 0,05); ABC= 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.

Estos cambios de densidad de plantas se ven reflejado en la tasa de crecimiento del cultivo y se le atribuyen a las condiciones ambientales, particularmente a la temperatura (Figura 1) por su influencia directa sobre la fotosíntesis (McKenzie *et al.*, 1999). Al respecto Hernández-Garay *et al.* (1999) menciona que, la densidad de tallos puede ser manipulada por la defoliación, modificando la frecuencia e intensidad de cosecha, se puede incrementar la densidad de tallos en ballico perenne.

Resultados similares encontraron Moreno *et al.* (2015) en asociaciones de gramíneas y leguminosa donde el aporte de trébol blanco fue superior en otoño e invierno y menor en primavera y verano. 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 intensidad e intervalo de cosecha, en esta investigación en particular las especies beneficiadas por el manejo proporcionado y temperatura fueron el pasto ovinillo y trébol blanco.

#### **4.5.3. Radiación interceptada**

Independientemente de la asociación, durante la estación de primavera, de ambos años, se presentó la mayor radiación interceptada con un promedio de 92 % (Cuadro 3), y la menor en otoño del segundo con un promedio de 78% de radiación interceptada ( $P < 0.05$ ). Solo las asociaciones 20-40-40, 40-20-10 y 20-70-10 de pasto ovinillo, ballico perenne y trébol blanco llegaron al 95% de radiación interceptada en la estación de primavera del primer año, cabe resaltar, que estas mismas asociaciones tienen la mayor

tasa de crecimiento (Cuadro 1) y por consiguiente el rendimiento de forraje. En promedio del primer año y segundo año las asociaciones que interceptaron mayor radiación solar fueron 20-70-10, 40-20-40, 40-40-20, 70-20-10 y 50-00-50 de pasto ovillo, ballico perenne y trébol blanco con un promedio de 89.2 y 87 %, para el primer y segundo año, respectivamente, mientras que el pasto ovillo solo fue el que menor radiación interceptó con un promedio de 74 y 71 % para el primero y segundo año ( $p= 0,05$ ).

Solo en primavera del primer año, se interceptó el 95 % de radiación solar en tres asociaciones (20-40-40, 40-20-10 y 20-70-10 de pasto ovillo, ballico perenne y trébol blanco), y está altamente asociado con la densidad de plantas (Cuadro 2). Los datos anteriores revelan que la capacidad de las asociaciones para interpretar la radiación solar depende del porcentaje de cada especie asociada y las condiciones ambientales a las que fueron expuestas durante su crecimiento previo a cada cosecha (Federick *et al.*, 1999; Horrocks y Vallentine, 1999; Da silva y Hernández-Garay, 2010).

Sevilla *et al.* (2001) mencionan que, la densidad mínima necesaria para que no afecte su crecimiento es de 30 plantas  $m^{-2}$ , por debajo de la cual, la pradera disminuye marcadamente la producción de forraje, tasa de crecimiento y radiación interceptada. Resultados similares encontró Flores *et al.*, (2015) en nueve asociaciones de pasto ovillo, ballico perenne y trébol blanco, donde independientemente de la asociación, la radiación interceptada presentó el siguiente orden descendente: verano > primavera > otoño > invierno con 93, 92, 88 y 86 %, de radiación interceptada, respectivamente. Por otra parte Rojas *et al.* (2015) en ocho asociaciones de pasto ovillo, ballico perenne y

trébol blanco obtuvo en primavera-verano la mayor radiación con un promedio de 90 % mientras que en otoño e invierno fue de 82 %.

**Cuadro 3. Cambios estacionales en radiación interceptada (%) de pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) solo y asociado con ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.).**

Asociaciones	Otoño		Invierno		Primavera		Verano		Promedio	
	2012	2013	2012	2013	2013	2014	2013	2014	Año 1	Año 2
Ov-Ba-Tr	2012	2013	2012	2013	2013	2014	2013	2014	Año 1	Año 2
20-40-40	79 eD	76 fC	85 cA	82 dA	95 aA	92 bA	85 cC	82 dC	86 B	83 B
00-50-50	84 cdBC	81 efB	85 cA	82 edA	92 aB	89 bB	83 dD	80 fD	86 B	83 B
40-20-40	88 abcdA	87 bcdA	86 cdA	84 cdA	95 aA	93 abA	92 abcA	90 abcdA	90 A	88 A
50-00-50	84 eBC	82 fB	87 dA	85 eA	94 aAB	92 bA	90 cB	88 dB	88 AB	86 A
20-70-10	87 dAB	84 eAB	90 cA	87 dA	96 aA	93 bA	92 bA	89 cAB	91 A	88 A
70-20-10	83 eC	81 fB	86 dA	84 eA	94 aAB	92 bA	91 bAB	89 cAB	88 AB	86 A
100-00-00	57 eE	54 eD	67 dB	64 dB	89 aC	86 abC	82 bcD	79 cD	74 C	71 C
40-40-20	85 efABC	83 fAB	87 deA	85 efA	94 aAB	92 abA	90 bcAB	88 cdAB	89 A	87 A
Promedio	81 c	78 d	84 b	81 c	93 a	91 a	88 b	86 b	87	84
EEM	3.3	3.3	5.9	5.9	2.5	2.5	1.9	1.9	4.3	3.3
Sig.	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

abc= Medias con la misma literal minúscula en una misma hilera, no son diferentes ( $p= 0,05$ ); ABC= 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.



#### 4.5.4. Relación entre tasa de crecimiento (kg MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) y radiación interceptada (%)

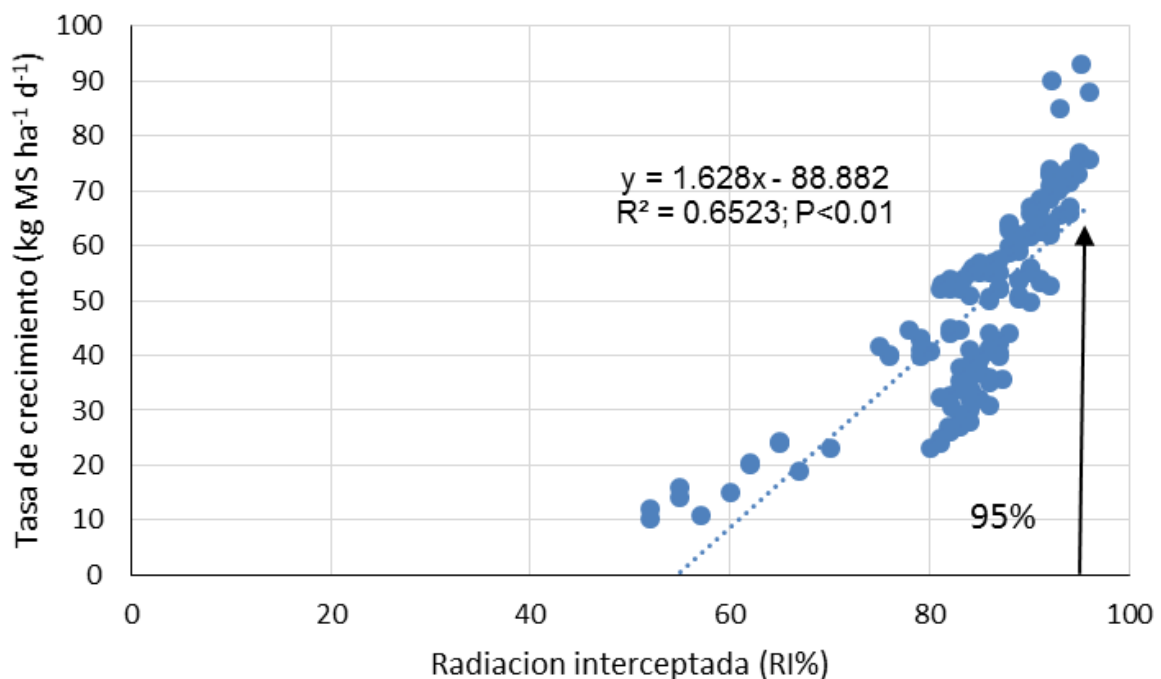
En el Cuadro 4 se observa el coeficiente de regresión (R<sup>2</sup>) entre la tasa de crecimiento (TC) y la radiación interceptada (RI) en el pasto ovillo solo y en siete asociaciones de pasto ovillo, ballico perenne y trébol blanco. A excepción de la asociación 40-20-40 de pasto ovillo, ballico perenne y trébol blanco, donde no existió diferencia significativa entre la TC y la RI, todos los tratamientos presentaron una estrecha relación entre TC y RI, mientras mayor sea la tasa de crecimiento mayor será la radiación interceptada (Cuadro 4).

**Cuadro 4. Coeficiente de regresión (R<sup>2</sup>), de tasa de crecimiento (TC) entre radiación interceptada (RI) de pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.), solo y asociado con ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.).**

Tratamientos	Promedio de los dos años	
Ov-Ba-Tr	TC vs RI (R <sup>2</sup> )	Sig.
20-40-40	0.9838	****
00-50-50	0.5685	*
40-20-40	0.4818	NS
50-00-50	0.9404	***
20-70-10	0.898	***
70-20-10	0.9734	****
100-00-00	0.9656	***
40-40-20	0.8984	***
Promedio	0.6523	**

\*p= 0,05; \*\*p= 0,01; \*\*\*p= 0,001; \*\*\*\*p= 0,0001; NS= No significativo; Ov= Ovilla; Ba= Ballico perenne; Tr= Trébol blanco; TC= Tasa de crecimiento; RI= Radiación interceptada.

La tasa de crecimiento varió en las estaciones del año (Cuadro 1) y los factores principales fueron la temperatura y horas luz ya que durante primavera y verano se registraron las mayores temperaturas y se presentaron las mayores TC y RI, caso contrario al de invierno, en donde se observaron las menores TC y RI. Al respecto, Hernández-Garay *et al.* (1997b) señalan que la dinámica de población de tallos está en función de la tasa de aparición y muerte de tallos, tasas que difieren con el manejo y la estación y estas a su vez con el índice de área foliar y tasa de crecimiento (Lemaire y Chapman, 1996).



**Figura 3. Coeficiente de regresión ( $R^2$ ), de tasa de crecimiento (TC) entre radiación interceptada (RI) de pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.), solo y asociado con ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.).**

En la Figura 3 se presenta la relación entre la TC y la RI. En general se observa una relación linear y altamente significancia ( $P < 0.01$ ), con una  $R^2$  de 0,6523 entre la TC y

RI. Se aprecia que conforme aumenta la TC se intercepta mayor radiación solar (Figura 3). La mayor radiación interceptada vario de 80 a 95 % en las estaciones de primavera y verano con tasas de crecimiento que variaron de 40 a 95 kg MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, y las menores en otoño e invierno con 55 a 65 % de RI y TC de 10 a 25 kg MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, particularmente en el pasto ovilla solo (Cuadro 1 y 3). En una investigación con alfalfa, al evaluar la frecuencia e intensidad de pastoreo encontraron que la máxima radiación interceptada a 95 %, coincidía con el mayor índice de área foliar (3.6) y tasa de crecimiento (Teixeira *et al.*, 2007). Rojas *et al.* (2015) reportan en asociaciones de pasto ovilla, ballico perenne y trébol blanco, la mayor tasa de crecimiento con la mayor radiación interceptada en primavera mientras que en otoño la menor tasa de crecimiento y menor radiación interceptada.

#### **4.6. Conclusiones**

Las asociaciones 20-70-10, 20-40-40 y 40-20-40 de pasto ovilla, ballico perenne y trébol blanco presentaron las mayores tasas de crecimiento, y la registró el pasto ovilla.

Independientemente de la asociación, la mayor y menor tasa de crecimiento se presentó en primavera y otoño.

La densidad de plantas en las gramíneas no varió entre estaciones del año, sin embargo, la leguminosa presento mayor y menor densidad de plantas en la estación de invierno y primavera-verano.

Las asociaciones que interceptaron la mayor radiación solar fueron 20-70-10, 40-20-40, 40-40-20 y 50-00-50 de pasto ovido, ballico perenne y trébol blanco.

Existe una estrecha relación con la tasa de crecimiento y radiación interceptada.

#### **4.7. Literatura citada**

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

Améndola, R.; Castillo, E.; Martínez, P.A. 2005. Perfiles por país del recurso pastura/forraje. México, FAO.

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 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, P.G.J.; Quero, C.A.R.; Enríquez, Q.J.F.; 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 p. 95-104.
- Cook, B.G.; Williams, R.J.; Wilson, G.P.M. 1990. Register of Australian herbage plant cultivars. B. Legumes. 21. Arachis. (a) Arachis pintoy Krap. Et Grep. Nom. nud. (Pinto peanut) cv. Amarillo. Australian Journal of Experimental Agriculture 30(3): 445-456.
- Da Silva, S.C.; Hernández-Garay, A. 2010. Manejo de pastoreo en praderas tropicales. Forrajes y su impacto en el Trópico. 1<sup>era</sup> (ed). México. Universidad Autónoma de Chiapas p. 43-62.
- Durand, J.L.; Schaufele, R.; Gastal, F. 1999. Grass leaf elongation rate as a function of developmental stage and temperature: Morphological analysis and modeling. Annals of Botany 83(5): 577-588.
- Federick, J. R.; Bauer, P.J. 1999. "Physiological and Numerical Components of Wheat Yield", in Satorre HE. y GA. Slafer (eds). Wheat, Ecology and Physiology of Yield Determination. Foot Products Press, Nueva York.
- Flores, S.E.J.; Hernández-Garay, A.; Guerrero, R.J.D.; Quero, C.A.R.; Martínez, H.P.A. 2015. Productividad de asociaciones de pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.), ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.). Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias 6(3): 337-347.
- García, E. 2004. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koppen. 4 (ed). Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. p. 217.

- González, A.S.X.; Días, S.H.; López, T.R.; Aizpuru, G.E.; Garza, C.H.M.; 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.
- Hernández-Garay, A.; Matthew, C.; 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* 54: 347-356.
- Hernández-Garay, A.; Hodgson, J.; Matthew, C. 1997a. Effect of spring grazing management on perennial ryegrass/White clover pastures. 1. Tissue turnover and herbage accumulation. *New Zealand Journal Agricultural Research* 40(1): 25-35.
- Hernández-Garay, A.; Hodgson, J.; Matthew, C. 1997b. Effect of spring grazing management on perennial ryegrass/White clover pastures. 2. Tiller and growing point densities and population dynamics. *New Zealand Journal Agricultural Research* 40(1): 37-50.
- Karsten, H.D.; Carllassare, M. 2002. Describing the botanical compositions of a mixed species northeaster U. S. Pasture rotationally grazed by cattle. *Crop Science*. 42(3): 882-889.
- Lemaire, G.; Chapman, D. 1996. Tissue flows in grazed plant communities. In: Hodgson, J.; Llius, A.W. (eds). *The ecology and Management of Grazing Systems*. Wallingford, U.K. CAB International, p 3-35.

- Lüscher, A.; Mueller-Harvey, I.; Soussana, J.F.; Reess, R.M.; Peyraud, L. 2014. Potential of legume-based grassland-livestock systems in Europe: a Review. *Grass and Forage Science*. 69(2): 206-228.
- McKenzie, B.A.; Kemp, P.D.; Moot, D.J.; Matthew, C.; Lucas, R. J. 1999. Environmental effects on plant growth and development. In: White, J.; Hodgson, J. (eds) *New Zealand pasture crop science*. Oxford: University Press p. 29-44.
- Mendoza, P.S.I. 2013. Rendimiento del pasto ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y ovillo (*Dactylis glomerata* L.) solos y asociados con trébol blanco (*Trifolium repens* L.) (Tesis doctoral). Texcoco. Estado de México. Colegio de Postgraduados.
- Minitab, 2006. *Meet minitab, Manual for the basic practice of statistics*. W Freeman (ed). USA.
- Moreno, C.M.A. 2012. Comportamiento productivo del pasto ovillo y ballico perenne solos y asociados con trébol blanco en condiciones de pastoreo. (Tesis doctoral). Texcoco. Estado de México. Colegio de Postgraduados.
- Ortíz, S.C. 1997. Colección de Monolitos. Depto. Génesis de suelos. Edafología. IRENAT. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México.
- Rojas, G.A.R.; Hernández-Garay, A.; Joaquín, C.S.; Mendoza, P.S.I.; Joaquín, T.B.M.; Álvarez, V.P.; Ventura, R.J. 2015. Tasa de crecimiento y radiación interceptada de *Dactylis glomerata* L. solo y asociado con *Lolium perenne* L. y *Trifolium repens* L. VI Congreso internacional de manejo de pastizales. Durango, México p. 32-36.

- Rojas, H.S.; Olivares, P.J.; Jiménez, G.R.; Hernández, C.E. 2005. Manejo de praderas asociadas de gramíneas y leguminosas para pastoreo en el trópico. *Revista Electrónica de Veterinaria* 6(5): 1-9.
- Sanderson, M. 2010. Nutritive value and herbage accumulation rates of pastures sown to grass, legume and chicory mixtures. *Agronomy Journal* 102: 728-733.
- SAS, Institute. 2009. SAS/STAT® 9.2. Use's Guide Release. Cary, NC: SAS Institute Inc. USA.
- Scheineter, O. 2005. Mesclas de especies forrajeras perennes templadas. Jornada de actualización técnica en pasturas implementadas, Sumidae S A. Generación y evolución de cultivares de especies forrajeras, INTA E. E. A. Pergamino p. 15-28.
- Sevilla, G.A.; Pasinato, A.; García, J.M. 2001. Curvas de crecimiento de forrajeras templadas irrigadas. *Archives of Latin America Animal Production* 9: 91-98.
- Steel, R.G.; Torrie, R.J.L. 1988. *Bioestadística: Principios y procedimientos*. 2ª (ed). McGraw – Hill. México. p. 622.
- Teixeira E.I.; Moot D.J.; Brown H.E.; Pollock K.M. 2007. How does defoliation management impact on yield, canopy forming processes and light interception of lucerne (*Medicago sativa* L.) crops? *European Journal of Agronomy* 27: 154-164.
- Velasco, Z.M.E.; Hernández-Garay, A.; González, H.V.A.; Pérez, P.J.; Vaquera, H.H.; Galvis, S.A. 2001. Curva de crecimiento y acumulación estacional del pasto ovido (*Dactylis glomerata* L.). *Técnica Pecuaria en México* 39(1): 1-14.



- Villareal, G.J.A.; Hernández-Garay, A.; Martínez, H.P.A.; Guerrero, R.J.D.; Velasco, Z.M.E. 2014. Rendimiento y calidad de forraje del pasto ovilla (*Dactylis glomerata* L.) al variar frecuencia e intensidad de pastoreo. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 5(2): 231-245.
- Zenetti, S.; Hartwig, A.U.; Lüscher, A.; Hebeisen, T.; Frehner, M.; Fischer, U.B.; Hendry, R.G.; Blum, H.; Nösberger, J. 1999. Simulation of symbiotic N<sub>2</sub> fixation in *Trifolium repens* L. under elevated Atmospheric pCO<sub>2</sub> in a grassland ecosystem. *Plant Physiology* 112(2): 575-583.

## **CAPITULO 5. DINÁMICA POBLACIONAL DE TALLOS DE PASTO OVILLO (*Dactylis glomerata* L.) Y BALLICO PERENE (*Lolium perenne* L.) ASOCIADOS CON TREBOL BLANCO (*Trifolium repens* L.)**

### **5.1. Resumen**

El objetivo de esta investigación fue evaluar un monocultivo de gramínea y siete asociaciones, dos gramíneas y una leguminosa, sembradas en diferentes proporciones. El trabajo se realizó de septiembre de 2012 a septiembre de 2014 en el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, México. Las proporciones de gramíneas y leguminosa fueron definidas mediante un programa (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. La siembra se realizó en febrero de 2010, tomando como base las densidades de 20, 30 y 5 kg ha<sup>-1</sup> para oville, ballico perene y trébol blanco, respectivamente. Los tratamientos consistieron de las siguientes asociaciones y monocultivo: 20-40-40, 00-50-50, 40-20-40, 50-00-50, 20-70-10, 70-20-10, 100-00-00, 40-40-20 % de oville (Ov), ballico perenne (Ba) y trébol blanco (Tr), respectivamente. Los ocho tratamientos se distribuyeron aleatoriamente en 24 parcelas experimentales de 9 por 8m de acuerdo a un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones. La asociación 50-00-50 es la que presenta mayor densidad de tallos de oville con un promedio de 4250 tallos m<sup>2</sup>, y el menor el monocultivo oville con un promedio de 2400 tallos m<sup>2</sup> (p= 0.05). Todas las asociaciones presentan mayor peso por tallo en promedio de 0,25 g tallo<sup>-1</sup>, y el monocultivo oville presenta el menor peso

por tallo en promedio de 0,11 g tallo<sup>-1</sup> (p= 0.05). En conclusión las asociaciones superaron al monocultivo ovillo en población de tallos. El peso de tallos de ovillo y ballico perenne fue mayor en primavera y verano y menor en otoño e invierno en ambos años.

**Palabra clave:** *Dactylis glomerata* L., *Lolium perenne* L., *Trifolium repens* L., dinámica de tallos.

## 5.2. Summary

The objective of this research was to evaluate a monoculture of grass and seven mixtures two grasses and legumes sown in different proportions. The work was conducted from September 2012 to September 2014 in the Colegio de Postgraduados, Mexico. The proportions of grasses and legumes were defined by a program (Minitab, 2006), with a design of vertices with three components of the mixture, restricted to legumes by 10 and 50% minimum and maximum, respectively. Sowing was done in February 2010, based on the densities of 20, 30 and 5 kg ha<sup>-1</sup> of orchard grass, perennial ryegrass and white clover respectively. Treatments consisted of the following associations and monoculture: 20-40-40, 00-50-50, 40-20-40, 50-00-50, 20-70-10, 70-20-10, 100-00-00, 40-40-20% of orchard grass (Ov), perennial ryegrass (Ba) and white clover (Tr), respectively. The eight treatments were randomly distributed into 24 experimental plots of 9 8m according to a design of randomized complete block with three replications. The 50-00-50 association is the one with highest density of stems ball with an average of 4250 stems m<sup>-2</sup>, and less monoculture ball with an average of 2400 stems m<sup>-2</sup> (p= 0.05). All associations have

higher average tiller weight of 0.25 g stem<sup>-1</sup>, and monoculture orchard grass has the lowest average tiller weight of 0.11 g stem<sup>-1</sup> (p= 0.05). In conclusion associations outperformed the monoculture orchard grass in population stems. The weight of stems of orchard grass and perennial ryegrass was higher in spring and summer and lower in autumn and winter in both years.

**Index words:** *Dactylis glomerata* L., *Lolium perenne* L., *Trifolium repens* L., tiller dynamics.

### 5.3. Introducción

En las gramíneas la unidad básica de crecimiento es el hijuelo o fitoméro, el conjunto de tallos por unidad de superficie forman una población, por lo tanto una pradera puede ser vista como una población de tallos (Matthew, 1996). De esta manera un aumento en la población de tallos significa mayor producción de forraje, por ser el resultado del peso individual multiplicado por el número de tallos (Xia *et al.*, 1989). La cantidad de tallos que aparecen por unidad de tiempo está estrechamente relacionado a la tasa de aparición de hojas, debido a que en la axila de cada hoja hay un grupo de células con potencial para formar tallos de manera secuencial (Matthew *et al.*, 2000).

La tasa de crecimiento de la pradera representa el promedio de las tasas de acumulación de peso seco de los tallos por unidad de tiempo, así que los factores ambientales y de manejo que influyen sobre la tasa de aparición de nuevos tallos y la

tasa de crecimiento de los tallos determinan el rendimiento de forraje de una pradera (Nelson y Zarrouh, 1981; Volenec y Nelson, 1983; Hernández-Garay *et al.*, 1993). En una pradera de gramínea, los tallos emergen, crecen y mueren continuamente a tasas variables según las condiciones ambientales, estación del año y manejo de la defoliación (Hodgson, 1990; Hernández-Garay *et al.*, 1997; Hernández-Garay *et al.*, 1999).

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 (Brisque, 1986; Hernández-Garay *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). La combinación de estos elementos morfogenéticos determinan a su vez tres características estructurales de la pradera: tamaño de hoja, densidad de tallos y número de hojas vivas por tallo (Mazzanti, 1994; Lemaire, 2001).

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). 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). En una pradera asociada las unidades de crecimiento son los tallos (gramínea) y estolones (trébol blanco), de modo que el aumento en la producción de forraje se atribuye a incrementos en la densidad y peso individual de estas unidades o a una combinación de ambos (Hernández-Garay *et al.*, 1997).

En una investigación realizada por Castro *et al.* (2013), en el valle de México en asociaciones el mayor peso de tallos de ballico perenne y ovilla se registró en verano ( $0,38 \text{ g}^{-1} \text{ tallo}^{-1}$ ) y las mayores densidades en la época de invierno (9.961 y 10.423 tallos  $\text{m}^{-2}$ ), respectivamente. Mientras tanto Hernández *et al.* (2015) reportaron la mayor densidad de tallos en pasto ovilla en invierno con 8.000 tallos  $\text{m}^{-2}$  disminuyendo en primavera y manteniéndose constante hasta verano con una densidad de 4.421 tallos  $\text{m}^{-2}$  aumentando en otoño.

Sin embargo, en México existen pocos estudios sobre dinámica de tallos y componentes del rendimiento (Velasco *et al.*, 2007). Cuantificar dichas variables y su variación durante el año, genera información importante para diseñar un manejo de praderas que favorezca simultáneamente una alta utilización y persistencia de las especies forrajeras (Hodgson y Da Silva, 2002). Por lo tanto la presente investigación tuvo como objetivo evaluar dinámica de población de tallos, tasa de aparición, muerte, sobrevivencia y peso por tallo en monocultivo de ovilla y asociado con ballico perenne y trébol blanco.

#### **5.4. Materiales y métodos**

El experimento se realizó de septiembre del 2012 a septiembre de 2014, 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 mm y régimen de lluvias en verano, (junio a octubre) y temperatura media anual de 15.2 °C (García, 2004). El suelo es un Typic ustipsamments de textura franco arenoso, ligeramente alcalino con pH 7 – 8, con 2,4 % de materia orgánica (Ortiz, 1997).

Las praderas fueron establecidas en febrero de 2010, la siembra de las gramíneas se realizó en hileras a 30 cm, mientras que la leguminosa fue sembrada en forma perpendicular con una distancia entre surcos de 30 cm; tomando como base las densidades de 20, 30 y 5 kg ha<sup>-1</sup> para ovilla, 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 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, siendo manejados en las parcelas experimentales mediante un cerco eléctrico.

Las asociaciones de gramíneas y leguminosa fueron definidas 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. Los tratamientos en la siembra (febrero de 2010) consistieron de las siguientes asociaciones: 20-40-40, 00-50-50, 40-20-40, 50-00-50, 20-70-10, 70-20-10, 100-00-00, 40-40-20 % de ovilla (Ov), ballico perenne (Ba) y trébol blanco (Tr), respectivamente. Los ocho tratamientos se distribuyeron aleatoriamente en 8 parcelas experimentales de 9 por 8 m, de acuerdo a un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones. Tanto el monocultivo como las asociaciones al inicio de la investigación (septiembre de 2012), tuvieron cambios de composición botánica obteniendo las siguientes asociaciones: 52-02-32-14, 00-28-45-27, 45-02-31-22, 46-00-33-22, 33-02-55-10, 32-01-31-36, 47-00-00-53, 32-02-52-14 % (Ov-Ba-Tr-OP) de ovilla (Ov), ballico perenne (Ba), trébol blanco (Tr), material muerto, otros pastos y malezas (OP), respectivamente.

#### **5.4.1. Dinámica poblacional 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 dos años, 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<sup>-2</sup>, con esos datos se estimó: la densidad poblacional de tallos (DPT; tallos m<sup>-2</sup>) 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:

$$TST = 1 - TMT$$

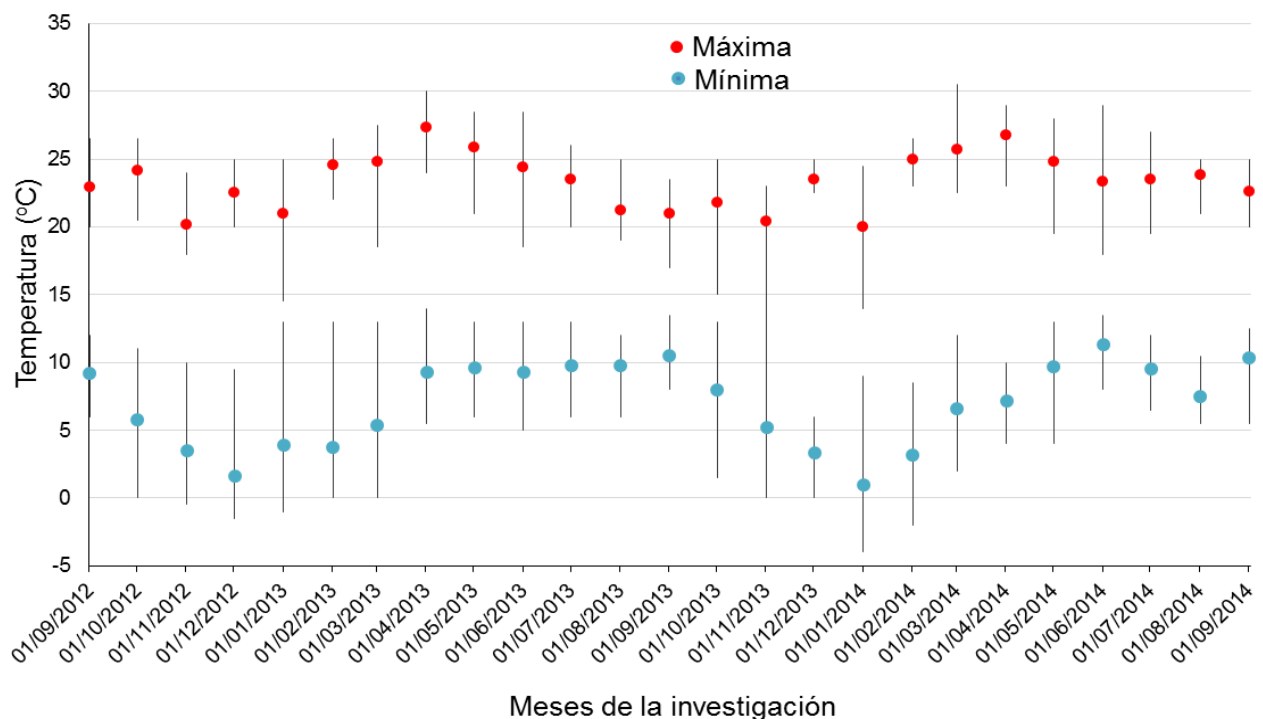
#### **5.4.2. Peso por tallo**

Un día antes de cada pastoreo, se cosecharon a ras de suelo 10 tallos de ovido y ballico perenne, 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.

### 5.4.3. Datos climáticos

En la Figura 1 se observa el promedio de la temperatura máxima y mínima mensual en el experimento donde la temperatura máxima en promedio mensual osciló entre 20 y 27 °C, en tanto que la temperatura mínima en promedio mensual osciló entre 1 y 11,3 °C.

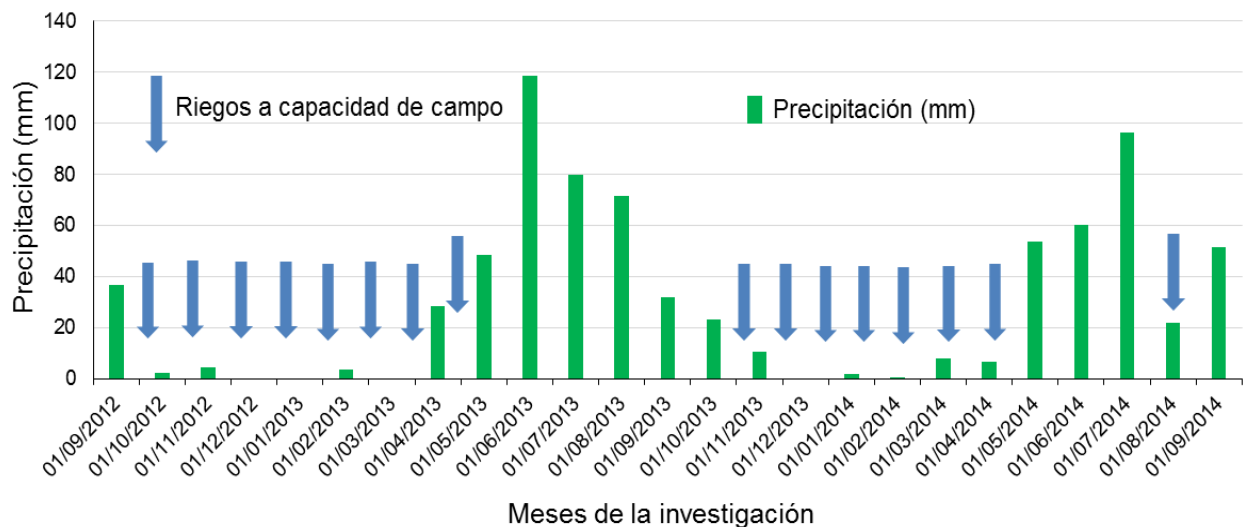


**Figura 1. Temperaturas media mensual máxima y mínima durante el periodo de estudio (09/2012 a 09/2014) (<http://www.cm.colpos.mx/meteoro/>).**

La temperatura alta se presentó en primavera de ambos años, con un promedio de 26 °C, registrándose la máxima en el mes de abril de 2013 con un promedio de 27 °C y abril de 2014 con 26,8 °C. La temperatura más baja se presentó en las estaciones de otoño

e invierno, principalmente el mes de diciembre de 2012 con un promedio de 1.6 °C, y el mes de enero de 2014 con un promedio de 1 °C.

La precipitación acumulada se observa en la Figura 2 donde se obtuvo una precipitación acumulada en el primer año de 408,87 mm, en los meses, de junio, julio y agosto de 2013 se obtuvo la mayor precipitación con 269,65 mm (66 %). La precipitación acumulada del segundo año fue de 348,75 mm, obteniendo la mayor precipitación en los meses de mayo, junio, julio y septiembre de 2014 con el 75 % (261,44 mm) (primavera y verano). En los meses sin presencia de precipitación que abarcan las estaciones: otoño, invierno y parte de primavera de ambos años y verano del último año se proporcionó riego a capacidad de campo cada dos semanas.



**Figura 2. Precipitación acumulada durante el periodo de estudio y riegos a capacidad de campo (09/2012 a 09/2014). (<http://www.cm.colpos.mx/meteoro/>)**

#### **5.4.4. Análisis estadístico**

Para comparar el efecto de las asociaciones estudiadas, se realizó un análisis de varianza con el procedimiento de Modelos Mixtos (SAS, 2009), con un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey ajustada ( $p= 0,05$ ) según Steel y Torrie, (1988).

### **5.5. Resultados y discusión**

#### **5.5.1. Dinámica de población de tallos**

En las figuras 3 al 15 se observan los cambios en densidad de tallos a través del tiempo, de cada generación que apareció entre mediciones sucesivas, y su contribución a la población total de tallos en un momento determinado. Los diagramas presentan una visión general del conjunto de datos y facilitan la comprensión y discusión de los resultados. En los dos años se presentan diferencias entre asociaciones ( $p= 0.05$ ) en densidad de tallos de ovillo (Figura 3 a 9) en las estaciones de otoño e invierno se presenta la mayor densidad independientemente del tratamiento. La asociación 50-00-50 es la que presenta mayor densidad de tallos de ovillo con un promedio de 4.250 tallos  $m^2$ , en contraste el monocultivo ovillo es el que presenta la menor densidad de tallos a lo largo de la investigación con un promedio de 2.400 tallos  $m^2$  ( $p= 0,05$ ).

En promedio las asociaciones presentan menor densidad en primavera y verano, dependiendo de la asociación, se le puede atribuir a la mayor temperatura registrada (Figura 1) en esas estaciones ya que los tallos tienden a tener mayor tamaño, (área foliar) y por lo tanto sombrean a los puntos de crecimiento que es donde se origina los nuevos tallos, ya que en primavera y verano los tallos tienden a ganar más peso que en otoño e invierno (Cuadro 3). El monocultivo ovilla (100-00-00) tendió a disminuir la densidad de tallos con el tiempo. Mientras tanto Chapman y Lemaire (1993) mencionan que las plantas no rebrotan en una pradera como individuos aislados, si no como una población usualmente densa donde la vegetación que los rodea ejerce una influencia muy fuerte sobre las características inherentes de cada especie a través de la competencia inter-especifica e intra-especifica por nutrientes, agua, luz, espacio.

En una investigación realizada por Castro *et al* (2013), en el valle de México encontró la mayor densidad de tallos de ovilla en los meses de abril, octubre y noviembre (inicios de primavera y otoño), similar a lo encontrado en esta investigación. Por su parte otros investigadores (Hernández *et al.*, 2015; Rojas *et al.*, 2015) encontraron en monocultivo de pasto ovilla la mayor densidad de tallos en otoño e invierno y menor en primavera – verano. En otro estudio (Ganderats y Hepp, 2003) también encontraron la mayor densidad en ovilla en la estaciones con menor temperatura.

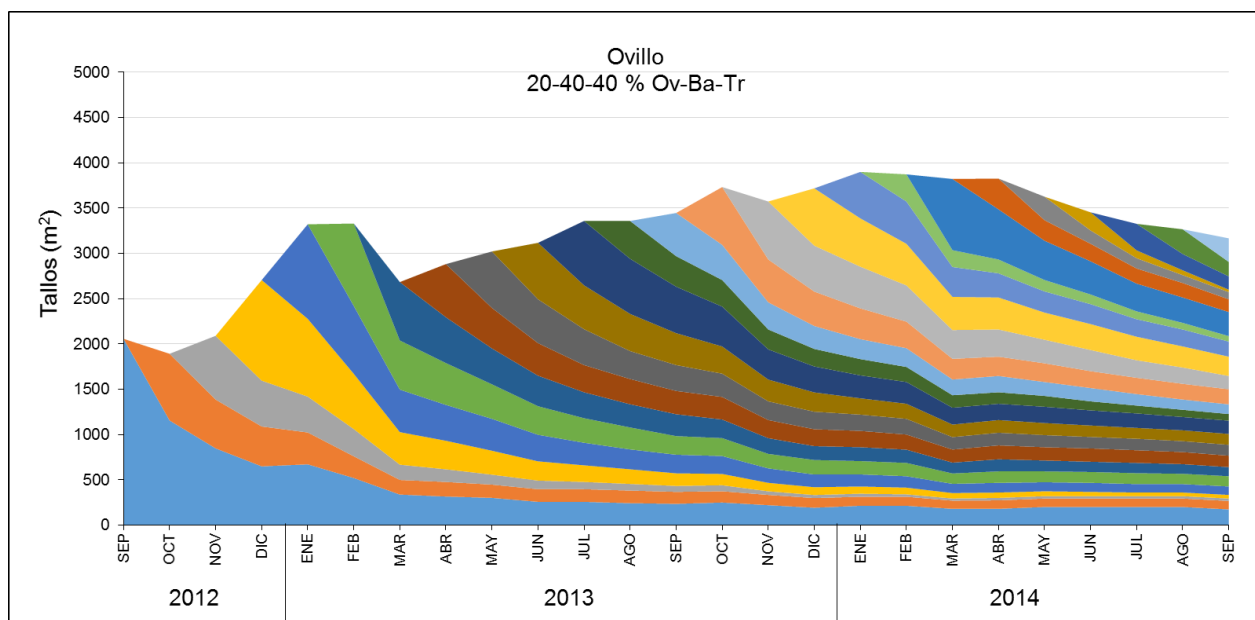
Con respecto al ballico perenne, se observó una gran variación en su comportamiento, dependiendo del porcentaje en la asociación (Figura 10 a 15). Todas las asociaciones con ballico perenne tendieron a disminuir en el tiempo y existió diferencias entre

asociaciones siendo la asociación 00-50-50 la que obtuvo mayor densidad de tallos con un promedio de 420 tallos m<sup>2</sup>, mientras que las demás asociaciones no se encontraron diferencias teniendo un promedio de 250 tallos m<sup>2</sup> (p= 0,05).

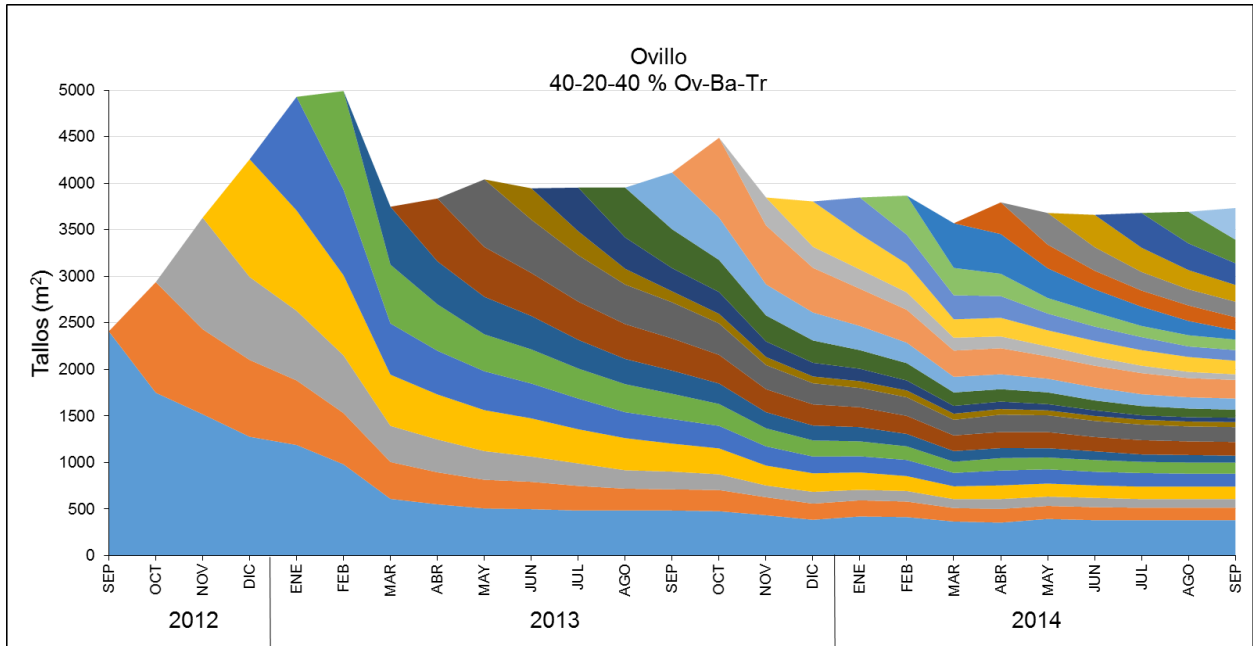
Todas las asociaciones presentaron la mayor densidad en las estaciones de otoño e invierno con excepción de la asociación 40-20-40 de pasto ovillo, ballico perenne y trébol blanco, que presentó la mayor densidad de tallos en primavera y verano del primer año de evaluación. La poca población que presentó la especie ballico perenne se le puede atribuir al tiempo de establecimiento de la pradera ya que al inicio de la investigación llevaba dos años desde la siembra y por la alta temperatura registrada en promedio 34°C en la temperatura máxima de en primavera y verano (García, 2004), ya que la temperatura óptima de crecimiento de ballico perenne es de 18°C (Brock y Tilbrook, 2000).

Hernández-Garay *et al.* (1997) mencionan que 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). Existió una amplia variación entre las asociaciones en la densidad de tallos ya que según varios autores (Davis, 1988; Xia *et al.*, 1989) al marcar los tallos, se acelera la tasa de aparición, debido a los disturbios que ocasionan las mediciones realizadas, al permitir una mayor tasa de filtración de luz a la base de los tallos.

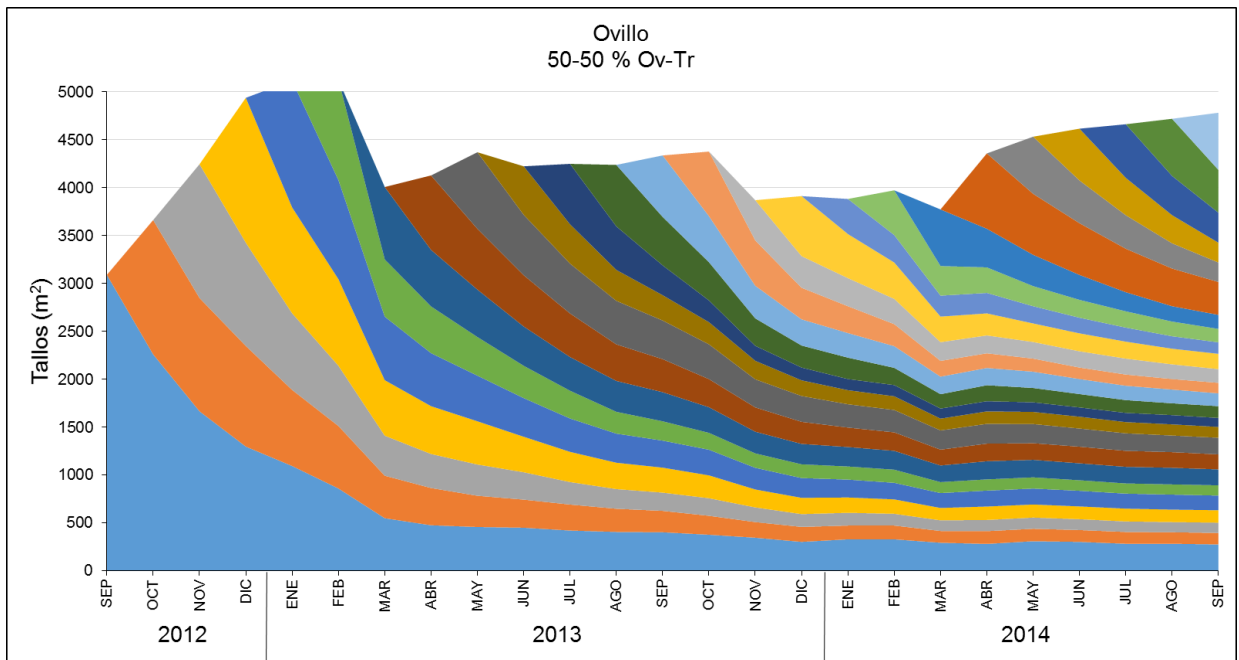
Castro *et al.* (2013) encontraron en ballico perenne la mayor densidad en abril y noviembre relacionada con la temperatura mínima. En otro estudio (Velasco *et al.*, 2007), en monocultivo de ballico perenne reportan las mayores densidades en verano e invierno y las menores en otoño y primavera. Por otra parte Hernández-Garay *et al.* (1999) mencionan que el ballico perenne promueve una rápida formación de tallos con defoliaciones frecuentes.



**Figura 3. Cambios mensuales en la densidad de tallos de pasto ovillo asociada con ballico perenne y trébol blanco con 20 % de pasto ovillo.**

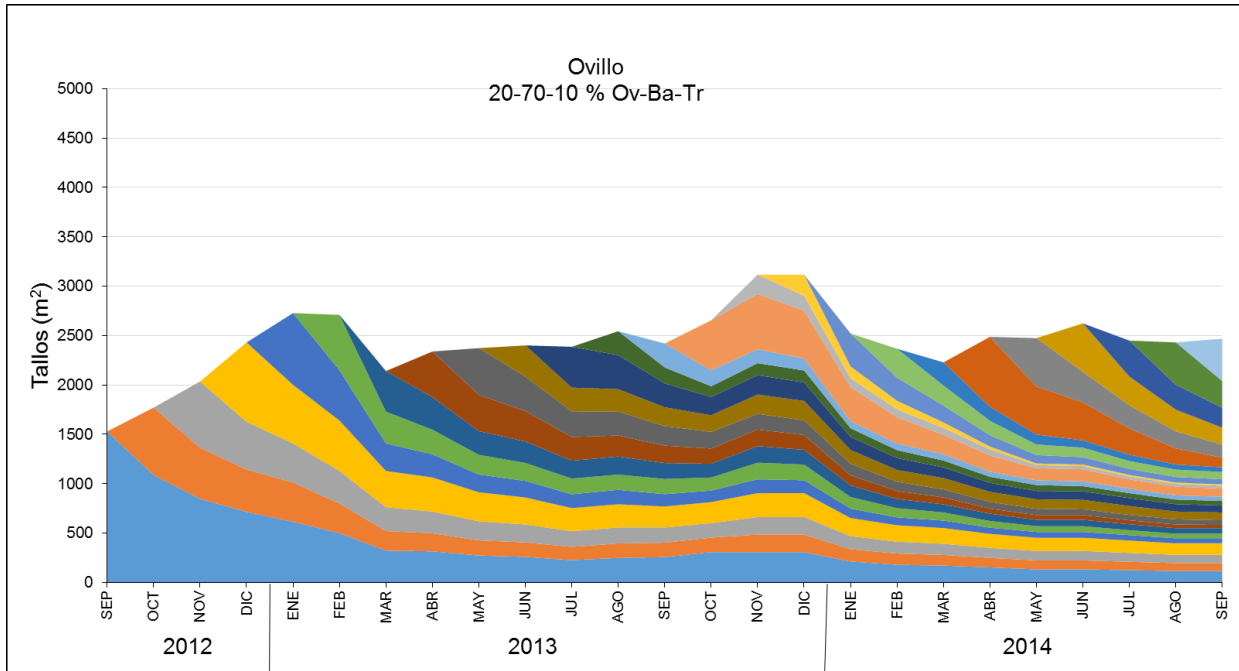


**Figura 4. Cambios mensuales en la densidad de tallos de pasto ovillo asociado con ballico perenne y trébol blanco con 40 % de pasto ovillo.**

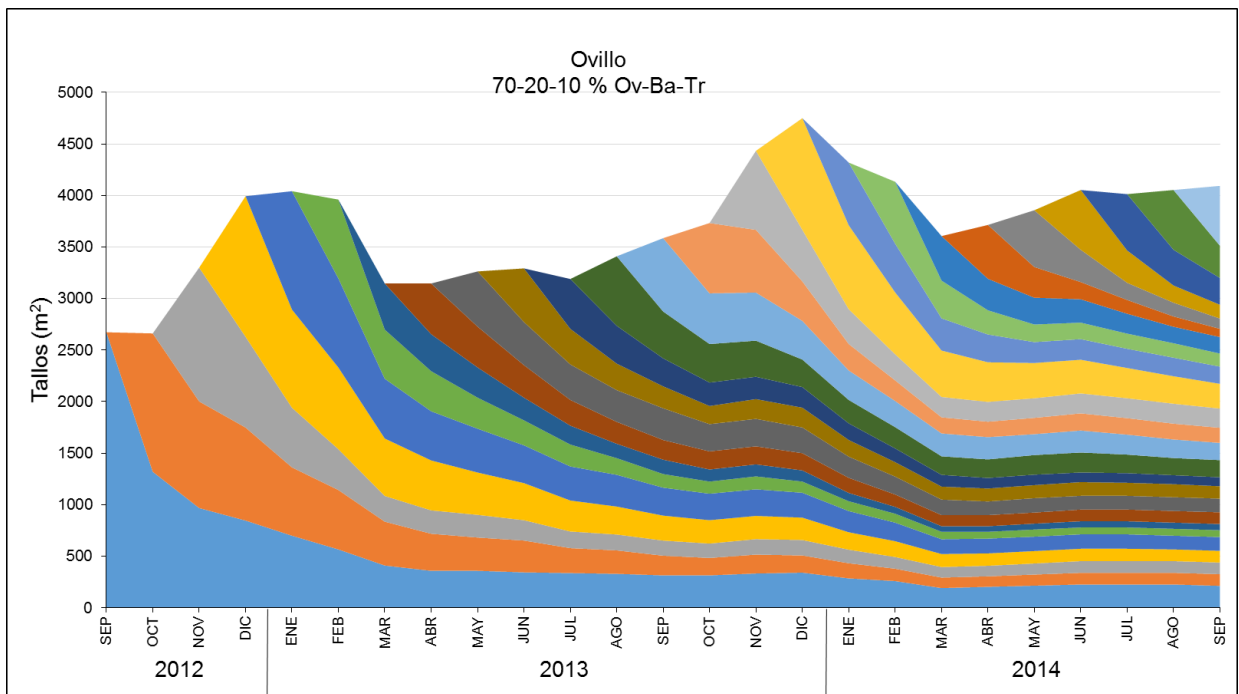


**Figura 5. Cambios mensuales en la densidad de tallos de pasto ovillo asociado con trébol blanco con 50 % de pasto ovillo.**

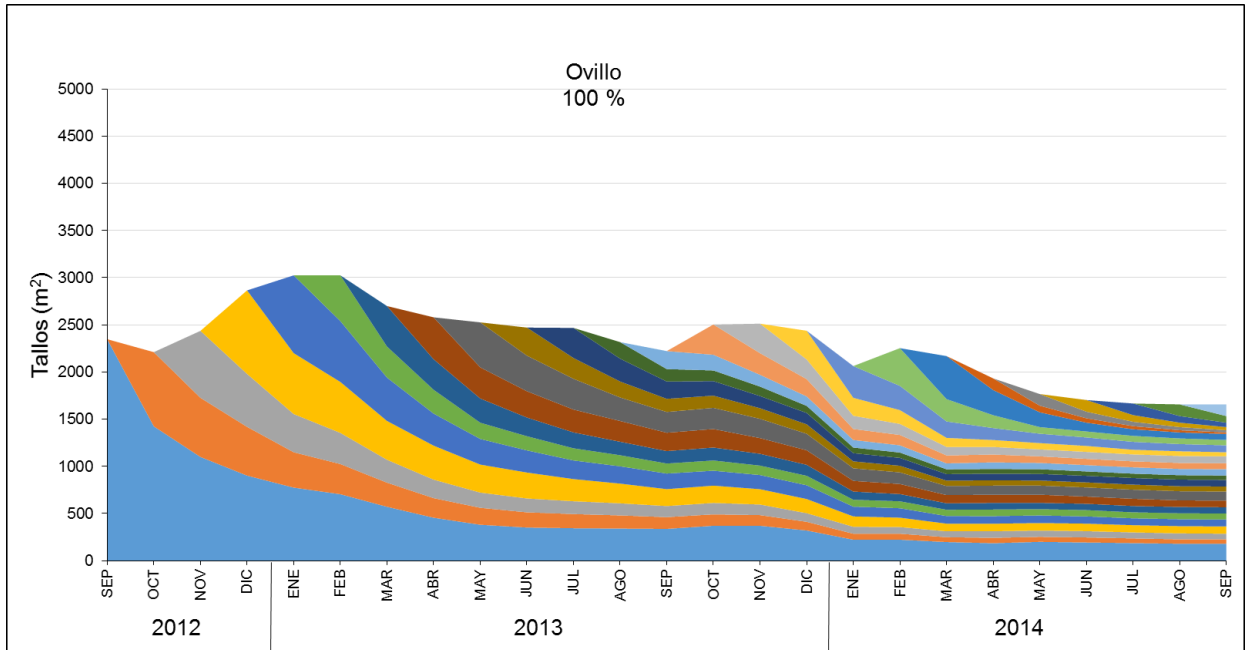




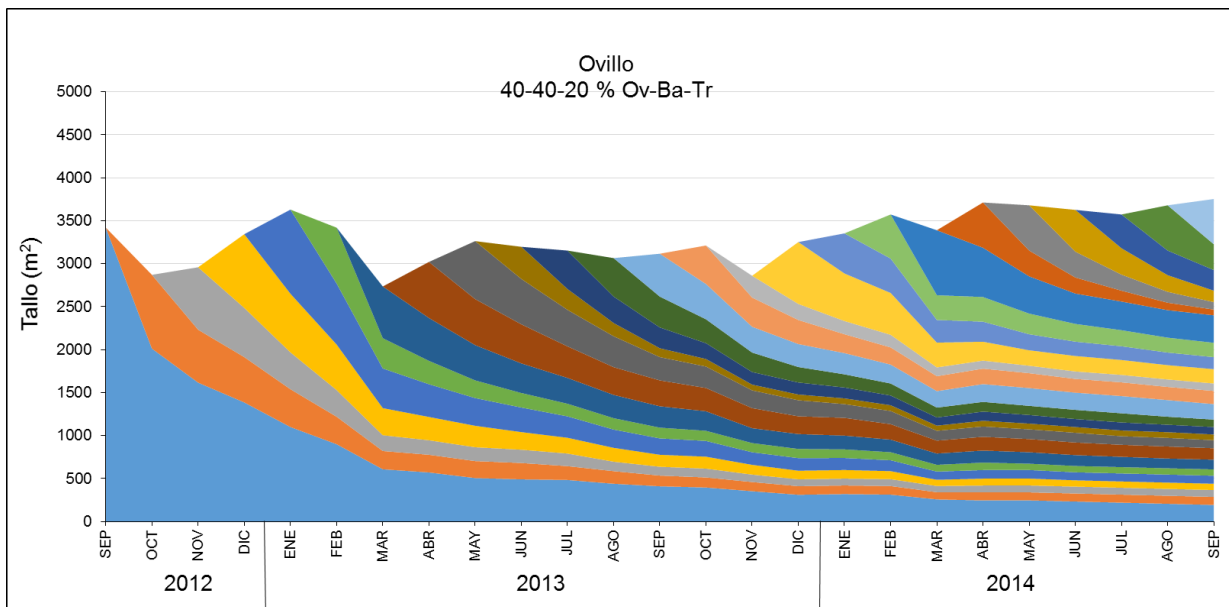
**Figura 6. Cambios mensuales en la densidad de tallos de pasto ovillo asociado con ballico perenne y trébol blanco con 20 % de pasto ovillo.**



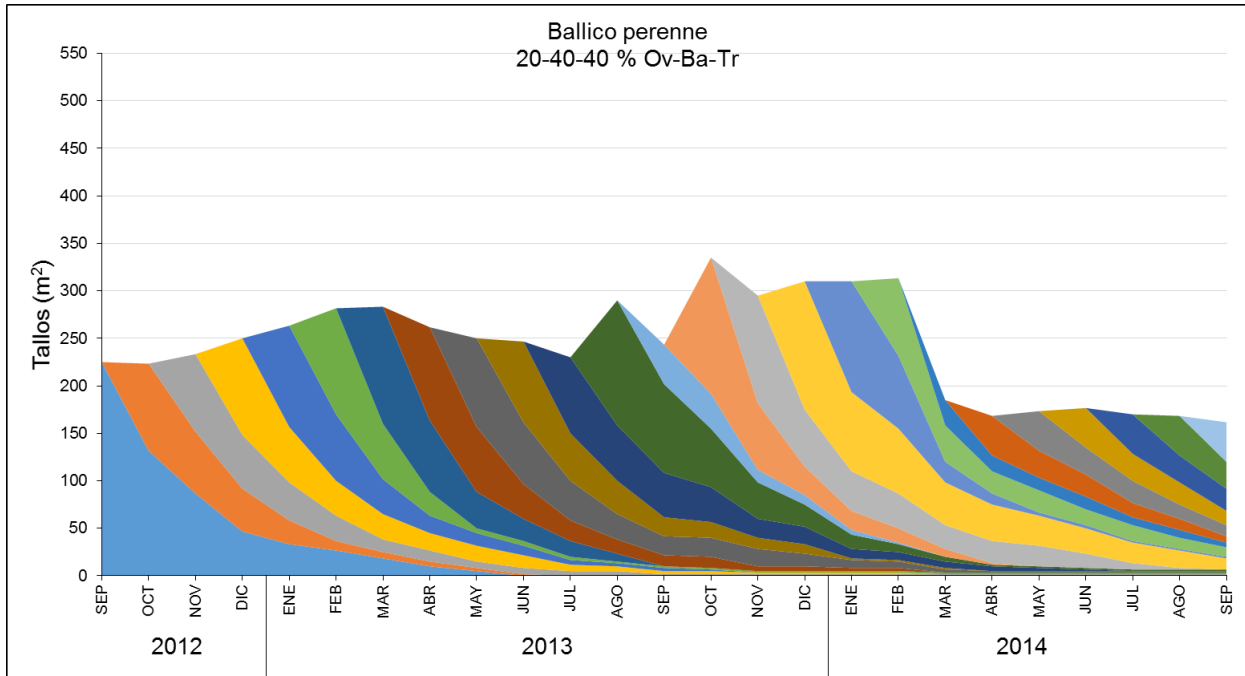
**Figura 7. Cambios mensuales en la densidad de tallos de pasto ovillo asociado con ballico perenne y trébol blanco con 70 % de pasto ovillo.**



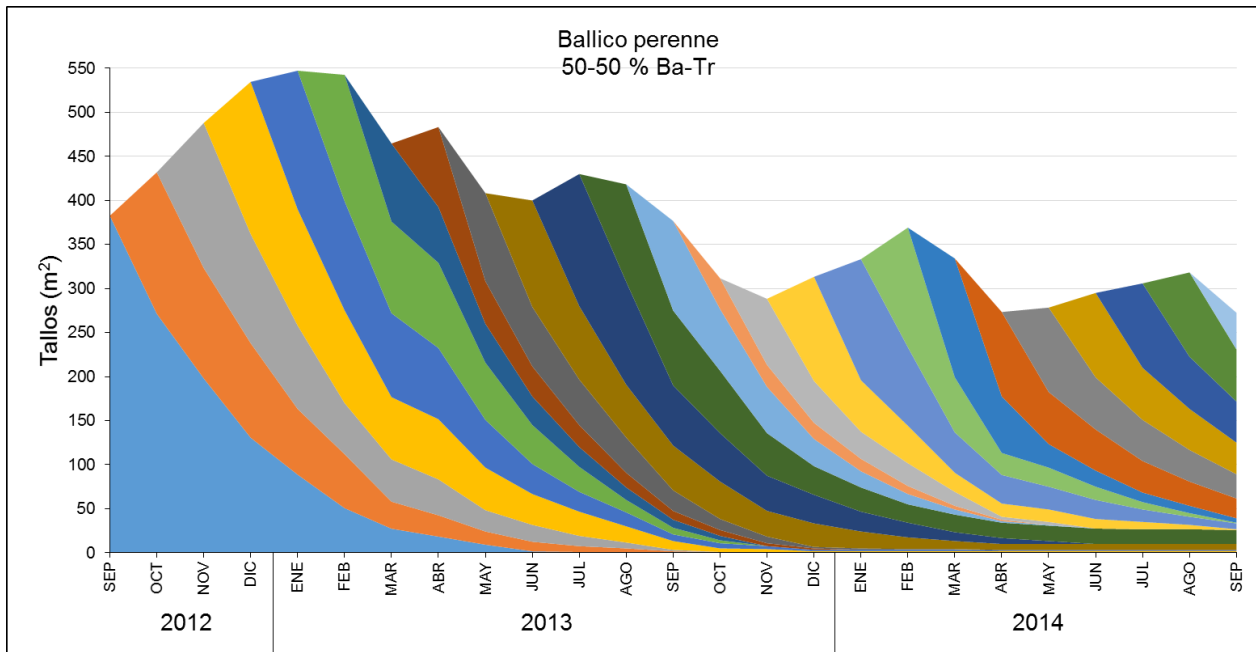
**Figura 8. Cambios mensuales en la densidad de tallos de pasto ovillo solo.**



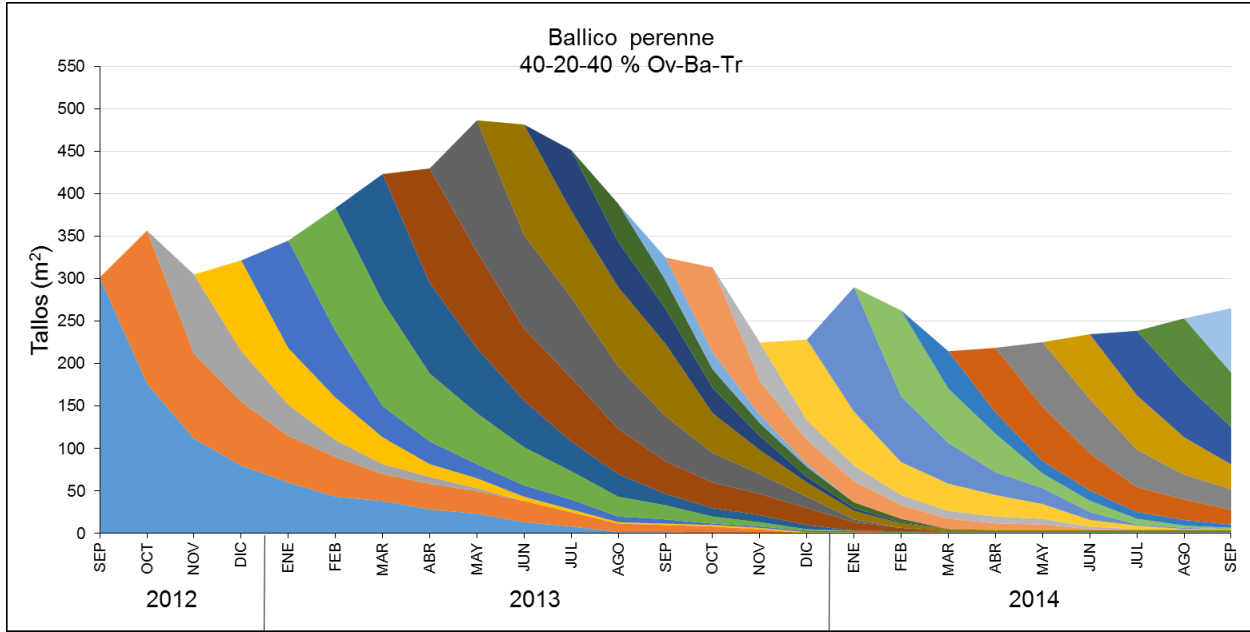
**Figura 9. Cambios mensuales en la densidad de tallos de pasto ovillo asociado con ballico perenne y trébol blanco con 40 % de pasto ovillo.**



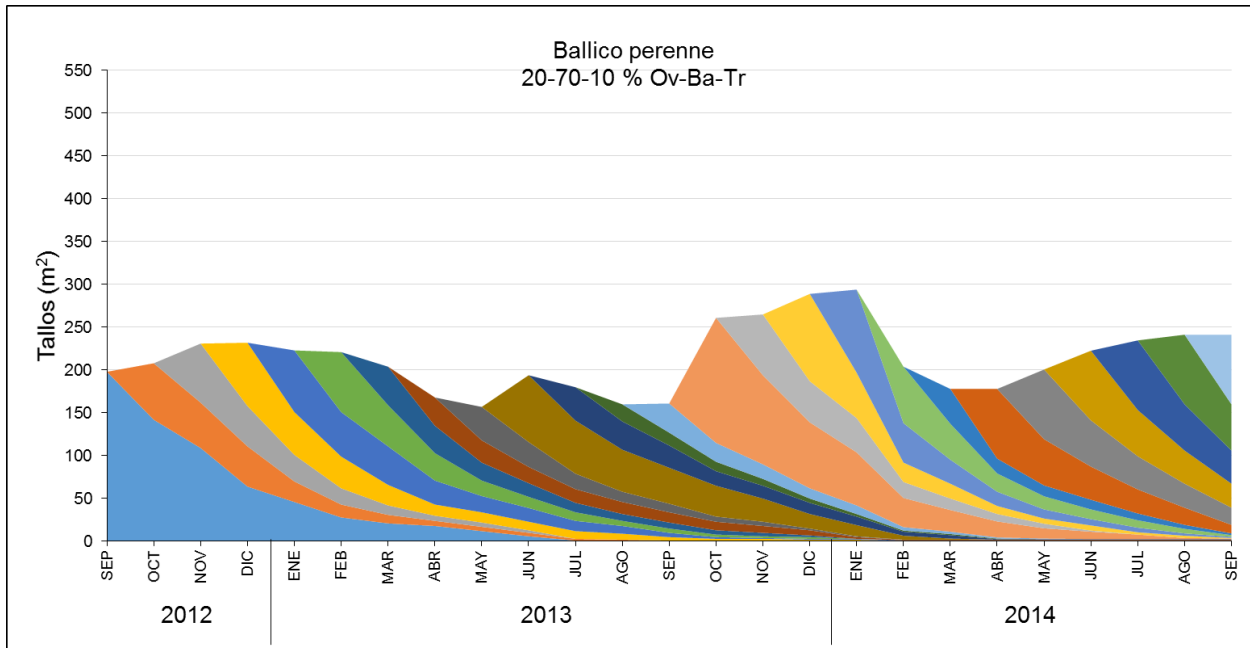
**Figura 10. Cambios mensuales en la densidad de tallos de ballico perenne asociado con pasto ovillo y trébol blanco con 40 % de ballico perenne.**



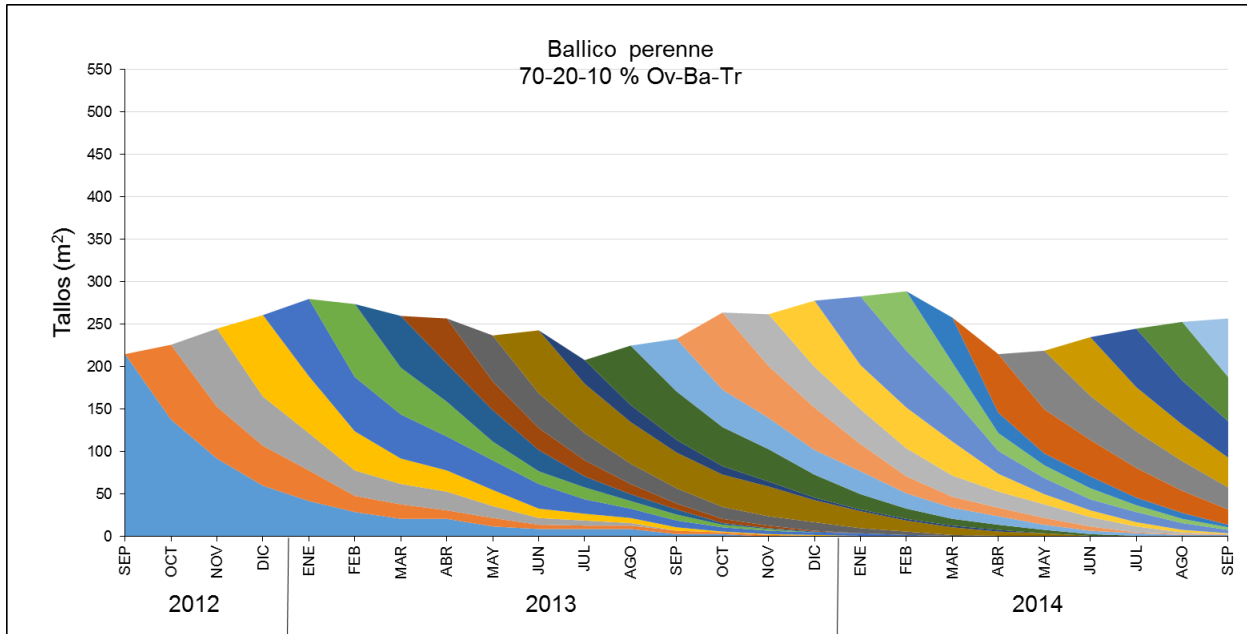
**Figura 11. Cambios mensuales en la densidad de tallos de ballico perenne asociado con trébol blanco con 50 % de ballico perenne.**



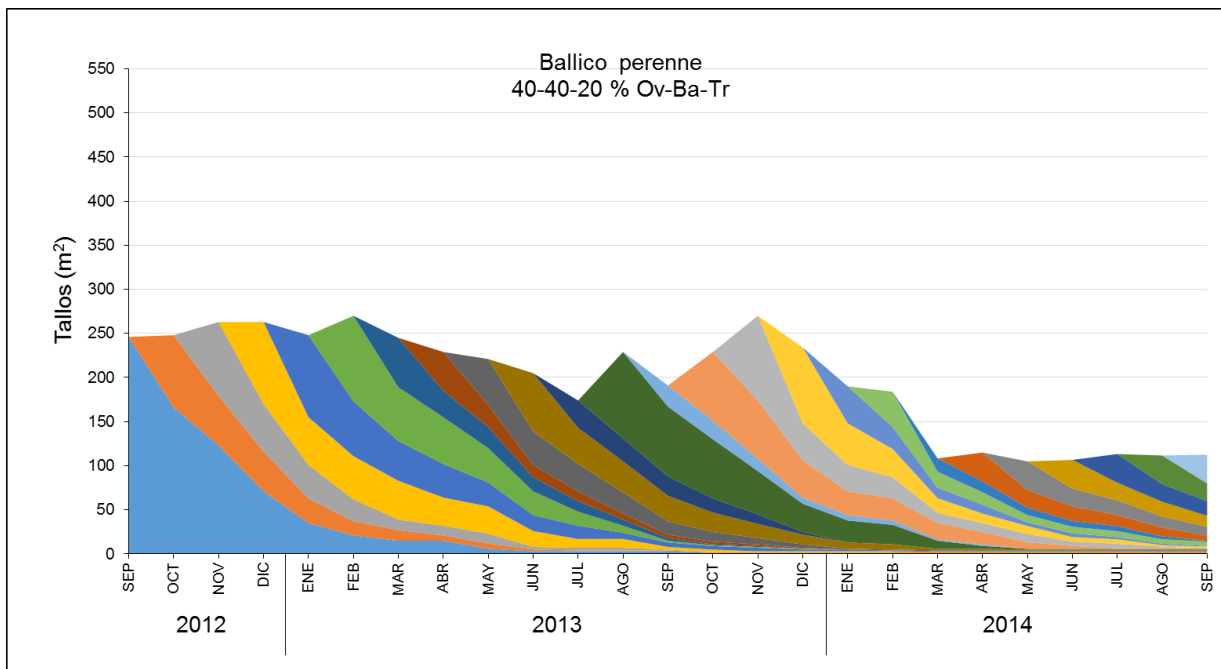
**Figura 12. Cambios mensuales en la densidad de tallos de ballico perenne asociado con pasto ovillo y trébol blanco con 20 % de ballico perenne.**



**Figura 13. Cambios mensuales en la densidad de tallos de ballico perenne asociado con pasto ovillo y trébol blanco con 70 % de ballico perenne.**



**Figura 14. Cambios mensuales en la densidad de tallos de ballico perenne asociado con pasto ovillo y trébol blanco con 20 % de ballico perenne.**



**Figura 15. Cambios mensuales en la densidad de tallos de ballico perenne asociado con pasto ovillo y trébol blanco con 40 % de ballico perenne.**

## Tasa de aparición, muerte y sobrevivencia de tallos

En el Cuadro 1 se presenta la tasa de aparición, muerte y sobrevivencia de tallos de ovido presentando diferencias en tasa de aparición de tallos siendo mayor en el promedio del primer año y menor en el segundo año con 0,74 y 0,37 tallos \*100 tallos d<sup>-1</sup>, respectivamente (p= 0,05). Independientemente de los tratamientos se encontró diferencias en las estaciones con tendencia en disminución en el tiempo teniendo la mayor aparición en las estaciones de otoño e invierno del primer año con un promedio de 0,92 tallos \*100 tallos d<sup>-1</sup>, mientras que la menor se encontró en la estación de verano del segundo año con un promedio de 0,25 tallos \*100 tallos d<sup>-1</sup>. Existió diferencias en promedio obteniendo la mayor tasa de muerte en el primer año y menor en el segundo año con 0,62 y 0,51 tallos \*100 tallos d<sup>-1</sup>, respectivamente (p= 0,05).

En el primer año el monocultivo ovido (100-00-00) y las asociaciones 70-20-10, 40-40-20 y 20-70-10 de pasto ovido, ballico perenne y trébol blanco, obtuvieron la mayor tasa de muerte con un promedio de 71 tallos \*100 tallos d<sup>-1</sup> y la menor la asociación 20-40-40 de pasto ovido, ballico perenne y trébol blanco, con un promedio de 0,36 tallos \*100 tallos d<sup>-1</sup> (p= 0,05). En el segundo año el monocultivo y las asociaciones 70-20-10 y 40-40-20 de pasto ovido, ballico perenne y trébol blanco, son las que obtuvieron la mayor tasa de muerte con un promedio de 0,6 tallos \*100 tallos d<sup>-1</sup> y el menor la asociación 50-00-50 con un promedio de 0,39 tallos \*100 tallos d<sup>-1</sup> (p= 0,05). En las estaciones también existieron diferencias teniendo en las cuatro estaciones del primer año y otoño y primavera del segundo año las que aportaron la mayor tasa de muerte con un promedio

de 0,6 tallos \*100 tallos d<sup>-1</sup>, y verano y otoño del segundo año el menor con un promedio de 0,47 tallos \*100 tallos d<sup>-1</sup>.

Caso contrario sucedió en la tasa de sobrevivencia encontrando las asociaciones con mayor tasa a 20-40-40, 40-20-40 y 50-00-50 de pasto ovido, ballico perenne y trébol blanco con un promedio de 0,48, y la menor las restantes asociaciones con un promedio de 0,28 (p= 0,05) en el primer año de evaluación, tendiendo a aumentar para el segundo año siendo las asociaciones con mayor tasa de sobrevivencia 20-40-40, 40-20-40, 50-00-50 y 20-70-10 de pasto ovido, ballico perenne y trébol blanco, con un promedio de 0,54 (p= 0,05), mientras que las demás asociaciones fueron las que obtuvieron la menor tasa de sobrevivencia con un promedio de 0,38. Mientras en las estaciones la tasa de sobrevivencia fue aumentando conforme paso el tiempo con un promedio de 0,33 en otoño del primer año a 0,53 en verano del segundo año.

Castro *et al.* (2013) encontraron en pasto ovido diferencias significativas (p= 0,05) entre asociaciones durante el invierno, encontrando dos picos más altos en abril y noviembre en tasa de aparición de tallos. Mientras tanto Durand *et al.* (1999) mencionan que la velocidad de crecimiento de las plantas forrajeras depende de los factores ambientales, particularmente el clima por lo que las variaciones observadas en la dinámica de ahijamiento (aparición y muerte de tallos), podría deberse a los cambios drásticos en la calidad de la luz y a la temperatura optima de crecimiento de la especie y a la disminución progresiva en la biomasa verdes conforme crece la pradera (Matthew *et al.*, 2001) esto se debe a que la tasa de formación de tallos se reduce como resultados de

una respuesta fotomorfogénica y el sombreado de las capas inferiores de la pradera, cuando varias especies se encuentran en su máximo potencial de crecimiento, el componente más importante del rendimiento de forraje es el peso por tallo (Hernández-Garay *et al.*, 2000), por lo que la alta tasa de muerte de tallos registrados en el primer año de evaluación, se debió a la mayor tasa de crecimiento individual de cada tallo, lo que sombreó a los tallos pequeños, presentes en los estratos inferiores de la pradera, incrementando la mortalidad de los mismos (Matthew, 1996).



**Cuadro 1. Tasa de aparición, muerte y sobrevivencia de tallos de ovillo (*Dactylis glomerata* L.), solo y asociado con ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.).**

Asocia. Ov-Ba-Tr	2012		2013				2014		Promedio	
	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Año 1	Año 2
Tasa de aparición de tallos (Tallos *100 tallos d <sup>-1</sup> )										
20-40-40	0,35 a	0,11 c	0,11 c	0,1 c	0,14 c	0,19 b	0,43 a	0,11 c	0,16 C	0,21C
00-50-50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
40-20-40	0,96 a	0,69 a	0,13 c	0,1 c	0,14 c	0,16 c	0,3 b	0,38 b	0,47 B	0,24C
50-00-50	0,97 a	1,21 a	0,44 b	0,15 d	0,06 d	0,12 d	0,28 c	0,41 b	0,47 B	0,21C
20-70-10	1,26 a	1,5 a	0,72 b	0,71 b	0,6 c	0,11 d	0,16 bc	0,14 bc	1 A	0,25C
70-20-10	1,25 a	1,08 a	1,13 a	0,85 b	0,95 b	0,61 c	0,24 d	0,08 e	1,1 A	0,47B
100-00-0	0,87 a	1,14 a	1,06 a	0,95 a	0,5 b	0,58 b	0,51 b	0,21 c	1 A	0,45B
40-40-20	0,61 b	0,83 a	0,73 b	0,65 b	0,95 a	1,02 a	0,48 c	0,44 c	0,70AB	0,72A
Prom.	0,9 a	0,94 a	0,62 b	0,5 b	0,48 bc	0,4 c	0,34 c	0,25 d	0,74 a	0,37b
Tasa de muerte de tallos (Tallos *100 tallos d <sup>-1</sup> )										
20-40-40	0,46 a	0,32 b	0,33 b	0,34 b	0,33 b	0,4 ab	0,48 a	0,6 a	0,36 C	0,45B
00-50-50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
40-20-40	0,67 a	0,65 a	0,42 c	0,45 bc	0,33 d	0,35 d	0,51 b	0,78 a	0,54 B	0,49B
50-00-50	0,58 ab	0,7 a	0,66 a	0,48 b	0,44 b	0,28 d	0,45 b	0,38 c	0,6 B	0,39C
20-70-10	0,52 b	0,76 a	0,85 a	0,73 a	0,62 b	0,47 c	0,48 c	0,23 d	0,71 A	0,45B
70-20-10	0,71 b	0,64 b	0,76 a	0,82 a	0,77 a	0,68 ab	0,53 bc	0,42 c	0,73 A	0,6 A
100-00-0	0,83 a	0,64 b	0,73 b	0,82 a	0,79 a	0,6 b	0,7 b	0,36 c	0,75 A	0,61A
40-40-20	0,83 a	0,52 c	0,54 c	0,74 a	0,63 b	0,65 b	0,62 b	0,46 d	0,65 A	0,59A
Prom.	0,66 a	0,6 a	0,61 a	0,62 a	0,56 ab	0,49 b	0,54 ab	0,46 b	0,62 a	0,51b
Tasa de sobrevivencia de tallos (TST)										
20-40-40	0,53 a	0,67 a	0,66 a	0,65 a	0,66 a	0,6 a	0,51 a	0,39 a	0,62 A	0,54A
50-00-00	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
40-20-40	0,32 c	0,34 c	0,57 ab	0,54 ab	0,66 a	0,64 a	0,48 b	0,21 d	0,44AB	0,5AB
50-00-50	0,41 b	0,29 c	0,33 bc	0,51 ab	0,55 ab	0,71 a	0,54 ab	0,61 a	0,38AB	0,6 A
20-70-10	0,47 b	0,23 cd	0,14 d	0,26 cd	0,37 c	0,52 b	0,51 b	0,76 a	0,27 B	0,54A
70-20-10	0,28 b	0,35 ab	0,23 bc	0,17 c	0,22 bc	0,31 b	0,46 a	0,57 a	0,25 B	0,39B
100-00-0	0,16 c	0,35 b	0,26 b	0,17 c	0,2 bc	0,39 b	0,29 b	0,63 a	0,28 B	0,37B
40-40-20	0,16 d	0,47 ab	0,45 ab	0,25 cd	0,36 b	0,34 b	0,37 b	0,53 a	0,33 B	0,4B
Prom.	0,33 b	0,39 b	0,38 b	0,37 b	0,43 ab	0,5 a	0,45 ab	0,53 a	0,36 b	0,47a

abc= Medias con la misma literal minúscula en una misma hilera, no son diferentes (p= 0,05); ABC= Medias con la misma literal mayúscula en una misma columna, no son diferentes (p= 0,05); Sig.= Significancia; Prom.= Promedio; Trat.= Tratamiento; \*\*=p= 0,05; NS= No significativo; Ov=Ovillo; Ba=Ballico perenne; Tr= Trébol blanco.

En el Cuadro 2 se encuentra la tasa de aparición, muerte y sobrevivencia de tallos de ballico perenne no se encontró diferencias entre la tasa de aparición de tallos en el promedio del primer año y el segundo año con un promedio de 72 tallos \*100 tallos d<sup>-1</sup>. Las asociaciones en el primer año con la mayor tasa de aparición son 40-20-40, 00-50-50 y 70-20-10 de pasto ovilla, ballico perenne y trébol blanco, con un promedio de 0,83 tallos \*100 tallos d<sup>-1</sup>, mientras, que en el segundo año las asociaciones con la mayor tasa de aparición son 70-20-10 y 20-70-10 de pasto ovilla, ballico perenne y trébol blanco, con un promedio de 0,98 tallos \*100 tallos d<sup>-1</sup>, la menor la obtuvo la asociación 40-40-20 en ambos años con un promedio de 0,58 tallos \*100 tallos d<sup>-1</sup> y 20-40-40 también fue menor en el segundo año con un promedio de 0,51 tallos \*100 tallos d<sup>-1</sup> (p= 0,05).

Las estaciones que mayor tasa de aparición aportaron independientemente de las asociaciones fueron otoño e invierno de ambos años con un promedio de 0,81 tallos \*100 tallos d<sup>-1</sup>, mientras que primavera y verano de los dos años fueron las menores con un promedio de 0,63 tallos \*100 tallos d<sup>-1</sup> (p= 0,05). Castro *et al.* (2013), reporta en ballico perenne la mayor tasa de aparición en abril y noviembre (primavera y otoño) similares a los de esta investigación ya que en otoño encontramos las mayores tasas de aparición de tallos. Sin embargo, 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. Por su parte, Velasco *et al.* (2007) en praderas de monocultivo de ballico perenne, reportaron las mayores tasas de aparición de tallos en

verano e invierno, las cuales duplicaron a las de otoño y primavera, similar en este estudio ya que se encontró en invierno de ambos años la mayor tasa de aparición.

La tasa de muerte disminuyó con el tiempo teniendo la menor tasa en la estación de verano del segundo año con un promedio de 0,51 tallos \*100 tallos d<sup>-1</sup>, mientras que las restantes fueron superiores con un promedio de 0,69 tallos \*100 tallos d<sup>-1</sup> (p= 0,05). Existió diferencias obteniendo el primer año la mayor tasa de muerte y el segundo año la menor con 0,71 y 0,62 tallos \*100 tallos d<sup>-1</sup>, respectivamente (p= 0,05). La asociación que obtuvo la menor tasa de muerte en ambos años fue 20-40-40 de pasto ovilla, ballico perenne y trébol blanco, con un promedio de 0,55 tallos \*100 tallos d<sup>-1</sup>, las demás asociaciones fueron mayores en promedio de los dos años en tasa de muerte. Castro *et al.* (2013) reportaron para ballico perenne en tasa de mortalidad de tallos variación entre asociaciones durante el periodo de evaluación y sólo se registraron diferencias estadísticas (p= 0,05) en abril y en octubre se registró la mayor mortalidad se lo atribuyen principalmente a la presencia de heladas y a la defoliación severa y selectiva de los ovinos.

Garduño *et al.* (2009), reportaron la mayor tasa de muerte en verano (septiembre) y especularon que esto se debe a la competencia por luz y nutrientes o a la defoliación severa de tallos reproductivos que son la fuente de nutrientes de los tallos jóvenes. Sin embargo, estos resultados difieren a los encontrados en esta investigación ya que se lo podemos atribuir que llevaba dos años desde la siembra cuando se inició la investigación y la persistencia iba disminuyendo con el tiempo (plantas m<sup>-2</sup>) y a la vez la

competencia inter-especifica e intra-especifica, al inicio de la investigación existía más competencia por nutrientes, luz, espacio y por lo tanto mayor tasa de muerte.

La tasa de sobrevivencia mostro una tendencia a aumentar con el tiempo teniendo en promedio del segundo año la mayor tasa y menor en el primer año con 0,37 y 0,27, respectivamente ( $p= 0,05$ ). En verano del segundo año se encontró la mayor tasa de sobrevivencia con un promedio de 0,48 y las estaciones con las menor tasa de sobrevivencia las estaciones de otoño, invierno y primavera del primer año e invierno del segundo año con un promedio de 0,25 ( $p= 0,05$ ). Entre asociaciones existieron diferencias en la tasa de sobrevivencia teniendo las asociaciones 20-40-40 y 20-70-10 de pasto ovido, ballico perenne y trébol blanco, la mayor tasa con un promedio de 0,38, mientras que en el segundo año fueron las asociaciones 20-40-40, 00-50-50 y 40-40-20 de ovido, ballico perenne y trébol blanco, las mayores con un promedio de 0,43 ( $p= 0,05$ ).

**Cuadro 2. Tasa de aparición, muerte y sobrevivencia de tallos de ballico perenne (*Lolium perenne* L.) asociado con ovilla (*Dactylis glomerata* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.).**

Asocia. Ov-Ba-Tr	2012		2013				2014		Promedio	
	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Año 1	Año 2
<b>Tasa de aparición de tallos (Tallos *100 tallos d<sup>-1</sup>)</b>										
20-40-40	0,57 b	0,71 a	0,66 ab	0,56 b	0,85 a	0,67 ab	0,25 c	0,27 c	0,62 B	0,51C
00-50-50	0,95 a	0,9 a	0,7 b	0,8 ab	0,36 c	0,81 ab	0,63 b	0,63 b	0,83 A	0,60B
40-20-40	0,91 a	0,84 a	0,95 a	0,31 d	0,48 c	0,76 b	0,56 bc	0,63 b	0,87 A	0,61B
50-00-50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
20-70-10	0,75 b	0,8 b	0,54 c	0,34 c	1,2 a	1,02 a	1,18 a	1,35 a	0,61 B	1,19A
70-20-10	0,98 a	0,95 a	0,67 b	0,59 c	0,84 ab	0,78 b	0,72 b	0,76 b	0,79AB	0,77AB
100-00-0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
40-40-20	0,92 a	0,98 a	0,6 b	0,56 b	0,96 a	0,56 b	0,37 c	0,43 bc	0,58 C	0,58BC
Prom.	0,85 a	0,86 a	0,69 b	0,53 b	0,78 ab	0,76 ab	0,62 b	0,68 b	0,73	0,71
<b>Tasa de muerte de tallos (Tallos *100 tallos d<sup>-1</sup>)</b>										
20-40-40	0,55 b	0,6 ab	0,72 a	0,57 ab	0,52 b	0,7 a	0,44 bc	0,31 c	0,61 B	0,49 B
00-50-50	0,9 a	0,8 ab	0,8 ab	0,83 ab	0,72 b	0,57 c	0,53 c	0,23 d	0,83 A	0,51B
40-20-40	0,86 a	0,66 b	0,78 a	0,65 b	0,81 a	0,58 b	0,62 b	0,54	0,73 AB	0,63AB
50-00-50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
20-70-10	0,56 bc	0,83 a	0,61 b	0,44 c	0,62 b	0,85 a	0,77 a	0,9 a	0,61 B	0,78 A
70-20-10	0,83 a	0,86 a	0,75 ab	0,63 b	0,68 b	0,74 ab	0,76 ab	0,68 b	0,76AB	0,71 A
100-00-0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
40-40-20	0,82 a	0,84 a	0,78 a	0,62 b	0,52 c	0,77 a	0,53 c	0,4 c	0,76 AB	0,55B
Prom.	0,75 a	0,76 a	0,74 a	0,62 ab	0,65 ab	0,7 a	0,61 ab	0,51 b	0,71 a	0,62 b
<b>Tasa de sobrevivencia de tallos (TST)</b>										
20-40-40	0,45 b	0,39 bc	0,27 c	0,42 b	0,47 b	0,3 c	0,55 b	0,68 a	0,38 A	0,5 A
00-50-50	0,1 c	0,2 c	0,2 c	0,16 c	0,27 c	0,42 b	0,46 b	0,76 a	0,16 C	0,47 A
40-20-40	0,13 b	0,33 ab	0,21 b	0,34 ab	0,18 b	0,41 a	0,37 a	0,45 a	0,25 B	0,35 B
50-00-50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
20-70-10	0,43 b	0,16 c	0,38 b	0,55 a	0,37 b	0,14 c	0,22 bc	0,1 c	0,38 A	0,21 C
70-20-10	0,16 bc	0,13 c	0,24 b	0,36 a	0,31 a	0,25 b	0,23 b	0,31 a	0,22 B	0,27BC
100-00-0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
40-40-20	0,17 c	0,15 c	0,21 c	0,37 b	0,47 a	0,22 c	0,46 a	0,59 a	0,22 B	0,43AB
Prom.	0,24 c	0,23 c	0,25 c	0,37 b	0,34 b	0,29 c	0,38 b	0,48 a	0,27 b	0,37 a

abc= Medias con la misma literal minúscula en una misma hilera, no son diferentes (p= 0,05); ABC= Medias con la misma literal mayúscula en una misma columna, no son diferentes (p= 0,05); Sig.= Significancia; Prom.= Promedio; Trat.= Tratamiento; \*\*=p= 0.05; Ov=Ovilla; Ba=Ballico perenne; Tr= Trébol blanco.

### 5.5.3. Peso por tallo

En el Cuadro 3 encontramos el peso de tallos de ovinillo. No presento diferencias en peso de tallos de ovinillo en el promedio por año. El pasto ovinillo solo no presento diferencias entre estaciones de los dos años ( $p= 0.05$ ). Independientemente de los tratamientos todas las asociaciones presentan mayor peso por tallo con un promedio de  $0,25 \text{ g tallo}^{-1}$ , mientras que el monocultivo ovinillo presenta el menor peso por tallo con un promedio de  $0,11 \text{ g tallo}^{-1}$  ( $p= 0,05$ ). En las estaciones de otoño, primavera y verano del primer año y primavera y verano del segundo año presentan el mayor peso por tallo con un promedio de  $2,6 \text{ g tallo}^{-1}$ . El menor peso por tallo de ovinillo fueron en las estaciones de invierno de ambos años y otoño del segundo año con un promedio de  $0,16 \text{ g tallo}^{-1}$  ( $p= 0,05$ ).

Estos resultados son similares a los encontrados por diferentes investigadores (Velasco *et al.*, 2001; Rojas *et al.*, 2015) quienes evaluaron el pasto ovinillo, y observaron que en primavera y verano se presenta la mayor cantidad de biomasa producida, lo cual está estrechamente correlacionado con el número y peso por tallo. Por otra parte Castro *et al.* (2013), en asociaciones de pasto ovinillo encontró en verano el mayor peso por tallo.

El ballico perenne no presenta diferencias en el peso por tallos en promedio por año. Sin embargo, si presenta diferencias (Cuadro 3) entre asociaciones siendo 20-40-40 de pasto ovinillo, ballico perenne y trébol blanco, mayor en el primer y segundo año con  $0,34$  y  $0,32 \text{ g tallo}^{-1}$ , respectivamente, mientras que el menor peso la obtuvieron las demás

asociaciones en los dos años de investigación ( $p= 0,05$ ). En primavera de ambos años presenta mayor peso de tallos de ballico perenne con un promedio de  $0,45 \text{ g tallo}^{-1}$ , seguido de verano de ambos años y otoño del primer año con un promedio de  $0,23 \text{ g tallo}^{-1}$ , mientras que el menor peso por tallo lo presentan las estaciones de invierno de ambos años y otoño del segundo año con un promedio de  $0,16 \text{ g tallo}^{-1}$  ( $p= 0,05$ ).

Resultados similares encontraron varios autores (Velasco *et al.*, 2007; Castro *et al.*, 2013; Rojas *et al.*, 2015) en ballico perenne en verano y otoño se registró el mayor y el menor peso promedio por tallo, respectivamente. Varios investigadores (Ledlow, 1980; Matthew *et al.*, 2001; Garza *et al.*, 2005) 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. Sin embargo, 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; Davis, 1988; Chapman y Lemaire, 1993; Hernández-Garay *et al.*, 1997) con gramíneas y leguminosas templadas.

**Cuadro 3. Peso de tallos de ovilla (*Dactylis glomerata* L.) solo y asociado con ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.) y ballico perenne asociado con ovilla y trébol blanco.**

Asocia. Ov-Ba-Tr	2012		2013				2014		Promedio	
	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Año 1	Año 2
<b>Ovillo (g tallos<sup>-1</sup>)</b>										
20-40-40	0,35 a	0,26 b	0,28 b	0,3 ab	0,31 ab	0,27 b	0,27 b	0,31 ab	0,30 A	0,29 A
00-50-50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
40-20-40	0,26 b	0,18 c	0,39 a	0,31 ab	0,2 bc	0,17 c	0,35 a	0,31 ab	0,28 A	1,25 A
50-00-50	0,22 ab	0,16 b	0,31 a	0,27 a	0,17 b	0,15 b	0,3 a	0,27 a	0,24 A	2,22 A
20-70-10	0,19 c	0,14 c	0,35 a	0,23 b	0,18 c	0,13 c	0,33 a	0,23 b	0,23 A	2,21 A
70-20-10	0,28 a	0,18 b	0,39 a	0,2 b	0,25 ab	0,18 b	0,34 a	0,22 b	0,26 A	2,24 A
100-00-0	0,13 a	0,09 a	0,14 a	0,12 a	0,13 a	0,09 a	0,13 a	0,12 a	0,12 B	0,11 B
40-40-20	0,22 b	0,12 c	0,39 a	0,3 ab	0,13 c	0,12 c	0,34 a	0,31 ab	0,25 A	0,22 A
Prom.	0,23 ab	0,16 b	0,32 a	0,24 ab	0,19 b	0,15 b	0,29 a	0,25 ab	0,23	0,22
<b>Ballico perenne (g tallos<sup>-1</sup>)</b>										
20-40-40	0,25 b	0,23 b	0,6 a	0,27 b	0,23 b	0,21 b	0,55 a	0,28 b	0,34 A	0,32 A
00-50-50	0,23 bc	0,2 c	0,45 a	0,25 b	0,22 bc	0,19 c	0,42 a	0,24 b	0,28 B	0,26 B
40-20-40	0,14 c	0,11 c	0,48 a	0,36 b	0,12 c	0,1 c	0,43 a	0,35 b	0,27 B	0,25 B
50-00-50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
20-70-10	0,2 bc	0,16 c	0,43 a	0,21 b	0,19 bc	0,16 c	0,41 a	0,22 bc	0,25 B	0,24 B
70-20-10	0,23 b	0,16 c	0,44 a	0,22 b	0,2 bc	0,16 c	0,42 a	0,22 b	0,25 B	0,25 B
100-00-0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
40-40-20	0,14 c	0,12 c	0,42 a	0,28 b	0,11 c	0,09 c	0,41 a	0,24 b	0,24 B	0,21 C
Prom.	0,2 bc	0,16 c	0,47 a	0,26 b	0,17 c	0,15 c	0,44 a	0,25 b	0,27	0,25

abc= Medias con la misma literal minúscula en una misma hilera, no son diferentes ( $p= 0,05$ ); ABC= Medias con la misma literal mayúscula en una misma columna, no son diferentes ( $p= 0,05$ ); Sig.= Significancia; Prom.= Promedio; Asocia.= Asociación; Ov= Ovilla; Ba= Ballico perenne; Tr= Trébol blanco.

## 5.6. Conclusiones

Todas las asociaciones superaron en dinámica de población de tallos al pasto ovilla solo.

Todas las asociaciones en dinámica de población de tallos de ovilla tendieron en mantenerse y la mayor población de tallos en promedio fue en las estaciones de otoño e invierno,



El pasto ovillo solo tendió a disminuir drásticamente en el tiempo en dinámica de población de tallos.

En la dinámica de población de tallos de ballico perenne todas las asociaciones tendieron a disminuir en el tiempo.

Independientemente del tratamiento ambas especies (ovillo y ballico perenne) tendieron en disminuir con el tiempo en tasa de aparición y muerte de tallos, sin embargo, en ambas especies en la tasa de sobrevivencia aumento conforme paso el tiempo.

En el peso de tallos ambas especies fue mayor en las estaciones de primavera y verano y menor en otoño e invierno independientemente del año de estudio.

### **5.7. Literatura citada**

- Bircham, J.S.; 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 p. 323-331.
- Briske, D.D. 1986. Plant response to defoliation: morphological considerations and allocation priorities. In: Joss PJ, Lynch PW, Williams OB (eds) Rangelands: A resource under siege, Cambridge University Press p. 425-427.

- 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 Research* 43(3): 335-343.
- Castro, R.R.; Hernández-Garay, A.; Ramírez, R.O.; Aguilar, B.G.; Enríquez, Q.J.F.; 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. ; Lemaire, G. 1993. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. *Proceedings of the XVII International Grassland Congress. New Zealand and Australia* p. 95-104.
- Davies, A. 1988. The regrowth of grass swards. In: Jones M. B. and Lazenby A. (eds). *The Grass Crops*. Chapman and Hall. London p. 85-127.
- Durand, J.L.; Schaufele, R.; Gastal, F. 1999. Grass leaf elongation rate as a function of developmental stage and temperature: Morphological analysis and modeling. *Annals of Botany* 83(5): 577-588.
- Ganderats, F.S.; Hepp, K.C. 2003. Mecanismos de crecimiento de *Lolium perenne*, *Festuca arundinacea* y *Dactylis glomerata* en la zona intermedia de Aysén. *Agricultura Técnica* 63(2):259-265.
- García, E. 2004. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koppen*. 4 (ed). Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. p. 217.
- Garduño, V.S.; Pérez, P.J.; Hernández-Garay, 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.; 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 p. 335-337.

Gaming, G.G.; Stoltenberg, D.E. 2007. Leaf appearance base temperature and Phyllonchro for common grass and broadleaf weed species. *Weed Technology* 21:249-254.

Hernández, G.F.J.; Hernández-Garay, A.; Ortega, J.E.; Enríquez, Q.J.F.; Velázquez, M.M. 2015. Comportamiento productivo del pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) en respuesta al pastoreo. *Agronomía Mesoamericana* 26(1): 33-42.

Hernández-Garay A, Matthew C, Hodgson, J. 2000. The influence of defoliation height on dry-matter partitioning and CO<sub>2</sub> exchange of perennial ryegrass miniature swards. *Grass and Forage Science* 55(4): 372-376.

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

Hernández, G.A.; Martínez, H.P.A. 1997. Utilización de pasturas tropicales. In: Torres, H.G.; Díaz, R.P. (eds.) Producción de ovinos en zonas tropicales. Fundación Produce-Inifap p. 8-24.

Hernández-Garay, A.; Hodgson, J.; Matthew, C. 1997. Effect of spring grazing management on perennial ryegrass/White clover pastures. 2. Tiller and growing

point densities and population dynamics. *New Zealand Journal Agricultural Research* 40(1): 37-50.

Hernández, G.A.; Matthew, C.; Hodgson, J. 1993. Spring grazing management and tiller dynamics in a ryegrass/White clover pasture. In: *Proceedings of the New Zealand Journal Grassland Association Wairarapa*. New Zealand p. 133-136.

Hodgson, J.; Da Silva, S.C. 2002. Options in tropical pasture management. *Proc Annu Meet Brazilian Society of Animal Science*. Recife, Brazil p. 180-202.

Hodgson, J. 1990. *Grazing Management: Science into Practice*. Longman Scientific and Technical. Harlow, England p. 204.

Horrocks, R.; Vallentine, J. F. 1999. *Harvested Forages*. Academic Press. Oval Road, London, United States of America p. 426.

Lestienne, F.; Thornton, B.; 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 p. 29-37.

Ludlow, M.M. 1980. Stress physiology of tropical pasture plants. *Journal Tropical grassland* 14(3): 136-145.

Matthew, C.; Val Loo, E.R.; Tom, E.R.; Dawson, L.A.; Care, D.A. 2001. Understanding shoot and root development. *Proceeding of the XIX International Grassland Congress*. Sao Pedro, Sao Paulo, Brasil p. 19-17.

- Matthew, C.; Assuero, S.G.; Black, C.K.; Sackville, N.R.H. 2000. Tiller dynamics of grazed swards. In: Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology. Lemaire, G.; Hodgson, J.; De Moraes, A.; Nabinger, C.; De Carvalho, P.C. (eds). CAB International. Wallingford, UK p. 127-150.
- Matthew, C. 1996. Seasonal patterns of rood, tiller and leaf production in a Grassland Ruanui ryegrass sward. Proceeding of the New Zealand Grassland Association 58: 73-76.
- Mazzanti, A.G.; Lemaire, G.; Gastel, F. 1994. The effect of nitrogen fertilization upon herbage production of tall fescue swards continuously grazed with sheep. 1. Herbage growth dynamics. Grass and Forage Science 49: 111-120.
- Minitab, 2006. Meet minitab, Manual for the basic practice of statistics. W Freeman (ed). USA.
- Nelson, C.J.; Zarroug, K.M. 1981. Tiller density and tiller weight as yield determinants of vegetative swards. In: Plant Physiology and Herbage Production. Wright, C.E. (ed) Occasional Symposium, British Grassland society, Hurley p. 25-29.
- Ortíz, S.C. 1997. Colección de Monolitos. Depto. Génesis de suelos. Edafología. IRENAT. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México.
- Pérez, B.M.T.; Hernández-Garay, 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.
- Rojas, G.A.R.; Hernández-Garay, A.; Joaquín, C.S.; Mendoza, P.S.I.; Zaragoza, R.J.L. 2015. Dinámica poblacional de tallos de pasto oville (*Dactylis glomerata* L.) y ballico perenne (*Lolium perenne* L.) asociados con trébol blanco (*Trifolium repens*

L.). IV Congreso internacional y XV Congreso nacional de investigación socioeconómica y ambiental de la producción pecuaria. Queretaro, México p. 32.

SAS, Institute. 2009. SAS/STAT® 9.2. Use's Guide Release. Cary, NC: SAS Institute Inc. USA.

Steel, R.G.; Torrie, R.J.L. 1988. Bioestadística: Principios y procedimientos. 2ª (ed). McGraw – Hill. México p. 622.

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.

Velasco, Z.M.E.; Hernández-Garay, A.; González, H.V.A.; 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.

Volenc, J.J.; Nelson, C.J. 1983. Responses of tall fescue leaf meristem to N fertilization and harvest frequency. Crop Science 23: 720-724.

Xia, J.X.; Hodgson, J. Matthew, C.; Chu, A.C.P. 1989. Tiller population and tissue turnover in a perennial ryegrass pasture under hard and lax spring and summer grazing. Proceeding of the New Zealand Grassland Association (51): 119-122.

Yoda, K.; Kira, T.; Ogawa, H.; Hozumi, K. 1963. Intraspecific competition among higher plants. XI. Self-tinting in overcrowded pure stands under cultivated and natural conditions. J. of Institute of Polytechnic. Osaka City. University series p. 107-129.

## **CAPITULO 6. CONCLUSIONES GENERALES Y SUGERENCIAS**

El pasto ovilla fue la especie dominante, seguido de trébol blanco y por ultimo ballico perenne. Las asociaciones con mayor rendimiento y tasa de crecimiento fueron: 40-20-40, 20-70-10 y 20-40-40 de pasto ovilla, ballico perenne y trébol blanco, con un promedio de trébol blanco de 30 %. Existió una estacionalidad entre especies, siendo el trébol blanco quien domina durante el invierno y el pasto ovilla en verano. Ballico perenne fue la especie que menor rendimiento presentó, menor densidad de plantas y dinámica de población de tallos durante todo el periodo de evaluación.

Todas las asociaciones en dinámica de población de tallos de pasto ovilla superaron al pasto ovilla solo, teniendo los picos más altos en promedio en otoño e invierno de ambos años. En dinámica de población de tallos de ballico perenne todas las asociaciones tendieron a disminuir en el tiempo.

Se recomienda continuar con investigaciones más detalladas de asociaciones para obtener una producción óptima que maximice el rendimiento de forraje de las asociaciones de pasto ovilla, ballico perenne y trébol blanco, sin embargo, los resultados obtenidos en esta investigación, permite una visión del comportamiento de las especies evaluadas.

Se sugiere aumentar la productividad de una pradera, con el establecimiento de tres o más especies forrajeras de gramíneas con leguminosas ya que disminuye la

estacionalidad, aumentando la persistencia, favoreciendo la composición botánica y calidad de la dieta.