



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

**POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
GANADERÍA**

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

PEDRO TOPETE PELAYO

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

SEPTIEMBRE, 2017

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

MAESTRO EN CIENCIAS
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
GANADERÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



Dr. Alfonso Hernández Garay

ASESOR



Dr. Ricardo D. Améndola Massiotti

ASESOR



Dra. María Esther Ortega Cerrilla

ASESOR



Dr. Sergio Iban Mendoza Pedroza

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Septiembre de 2017

Comportamiento productivo y persistencia del pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) solo y asociado con ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.)

Pedro Topete Pelayo

Colegio de postgraduados 2017

El objetivo de este estudio fue analizar la respuesta productiva de asociaciones con diferentes densidades de siembra de dos gramíneas y una leguminosa en términos de su rendimiento de forraje, tasa de crecimiento (TC), composición botánica y morfológica y persistencia en praderas en su sexto año de producción ubicada en el campo Experimental del Colegio de Postgraduados, en Montecillo, Texcoco, Estado de México. Se evaluaron 8 tratamientos: 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 (O), ballico perenne y (BP) trébol blanco (TB) respectivamente, se distribuyeron en 24 unidades experimentales bajo un diseño de bloques completos con tres repeticiones. La asociación 50-00-50% de O-BP-TB registró el mayor rendimiento de forraje con 8 442 kg MS ha⁻¹ y una distribución estacional de 50, 24, 15 y 11% para primavera, verano, otoño e invierno. Los aportes anuales de pasto ovillo y el trébol blanco de esta asociación fueron 1888 y 1351 kg MS ha⁻¹ respectivamente, con una TC promedio anual de 22 kg MS ha⁻¹ d⁻¹. La asociación 00-50-50% de O-BP-TB registró el menor rendimiento anual con 5,346 kg MS ha⁻¹. La mayor población de plantas de ovillo la presentó la asociación 50-00-50 de O-BP-TB con 18.8 plantas m⁻² y para el trébol blanco 00-50-50 de PO-BP-TB con 20.5 plantas m²; prácticamente no existieron plantas de ballico perenne. Se concluye que la mejor asociación desde el punto de vista de rendimiento de forraje y persistencia fue 50-00-50 de PO-BP-TB.

Palabras clave: Praderas asociadas, Trébol blanco, Ballico perenne, Ovillo, rendimiento de forraje, Tasa de crecimiento.

Productive behavior and persistence of orchard grass (*Dactylis glomerata* L.) alone and associated with perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) and white clover (*Trifolium repens* L.)

Pedro Topete Pelayo

Colegio de postgraduados 2017

The objective of this study was to study the productive response of mixtures with different seeding rates of two grasses and one legume in terms of herbage yield, growth rate (GR), botanical and morphological composition and persistence of the sward in their sixth year of production located in the Experimental field at the Colegio de Postgraduados, in Montecillo, Texcoco, State of Mexico. Eight treatments were evaluated: 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 (OG), perennial ryegrass (PR) and white clover (WC) respectively, distributed in 24 experimental units under a complete block design with three replicates. The mixture 50-00-50 % of OG-PR-WC recorded the highest herbage yield with 8 442 kg DM ha⁻¹ and a seasonal distribution of 50, 24, 15 and 11 % in spring, summer, autumn and winter. The annual herbage yield contribution of orchard grass and white clover was 1888 and 1351 kg DM ha⁻¹ respectively, the annual average GR was 22 kg DM ha⁻¹ d⁻¹. The mixture 00-50-50% of OG-PR-WC, recorded the lowest herbage yield with 5346 kg DM ha⁻¹. The largest orchardgrass plants population was recorded by the association 50-00-50 of OG-PR-WC with 18.8 plants m² and in the case of white clover it was in the 00-50-50 OG-PR-WC mixture with 20.5 plants m²; practically there were no perennial ryegrass plants. It was concluded that according with the herbage yield and persistence the best association was 50-00-50 of OG-PR-WC.

Key words: Associated prairies, White clover, Perennial ryegrass, Orchardgrass, forage yield, Growth rate

DEDICATORIAS

Dedico esta tesis a mis hijos; Orlando, Adara, Lenia y Valeria, que han sido el motor de mi vida, la fuerza de cada día para la realización de este proyecto, y les agradezco los sacrificios que estuvieron dispuestos a hacer esperando que con el tiempo rindan frutos.

A mi esposa; Bilga Martínez por estar conmigo en los momentos buenos y malos, y superar juntos las difíciles pruebas.

A mi padre; Pastor Topete Ramírez † por guiarme desde el cielo.

A mi madre Ma. Luisa Pelayo López por sus oraciones y amor.

A mis hermanos, Néstor, Delia, Lorena, Silvia, Gema, Lenia Cesar, Felipe por su gran apoyo, consejos y ejemplo a seguir.

A mis cuñados Lea y Leonel Martínez por su gran ayuda en los momentos de arduo trabajo.

A dos grandes amigos; Gabriel Maya y Epifanio Reyes (Pifas) por su compañía y amistad durante todos estos años.

Con especial cariño al Dr. Améndola y Maestra Ma. Luisa, por su amistad y ayuda durante todos estos años, en la realización de este proyecto y en la vida familiar.

AGRADECIMIENTOS

Sobre todas las cosas y la ciencia A Dios nuestro Señor, por permitirme existir y levantarme en cada caída.

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

Al Colegio de Postgraduados y en particular al Posgrado de Recursos Genéticos y Productividad-Ganadería

Al Dr. Alfonso Hernández Garay, por su paciencia, consejos, enseñanza y dirección de este proyecto de tesis, pero sobre todo por su amistad.

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

A mis asesores del Consejo Particular, Dra. María Esther Ortega Cerrilla, Dr. Sergio Iban Mendoza Pedroza por su y participación en la revisión y sugerencias en la redacción de este documento.

A todos aquellos profesores, que directa o indirectamente fueron parte de mi formación profesional, así como al personal administrativo del Colegio de Postgraduados, que participaron en mi formación académica.

Al C. Remedios Caballero Zamora, por su apoyo en la parte práctica

LISTA DE CUADROS

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⁻¹) de pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) solo y asociado con ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.).....51

Cuadro 2. Rendimiento estacional y total (kg MS ha⁻¹) de diferentes proporciones.....55

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

Cuadro 1. Tasa de crecimiento del cultivo (kg MS ha⁻¹ d⁻¹) promedio estacional y anual de siete asociaciones y un monocultivo.....72

Cuadro 1. Densidad de plantas (plantas por m²) promedio estacional y anual de siete asociaciones y un monocultivo.....73

Cuadro 3. Promedios estacionales obtenidos midiendo la altura del dosel vegetal con el método del plato y la regla, por estación del año de siete asaciones y un monocultivo.....76

LISTA DE FIGURAS

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

Figura 1.- Temperaturas máximas, medias mínimas y precipitación acumulada durante el periodo de estudio (mayo 2015- mayo 2016)..... 40

Figura 2.- Cambios en la composición botánica de pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) solo y asociado con ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.).49

Figura 3.- Cambios estacionales en la composición morfológica de pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) solo y asociado con ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.)..... 50

CAPITULO 4. PERSISTENCIA Y TASA DE CRECIMIENTO DE OVILLO (*Dactylis glomerata* L.) SOLO Y ASOCIADO CON BALLICO PERENE (*Lolium perenne* L.) Y TRÉBOL BLANCO (*Trifolium repens* L.)

Figura 1.- Temperaturas máximas, medias mínimas y precipitación acumulada durante el periodo de estudio (mayo 2015- mayo 2016).....69

Contenido

LISTA DE CUADROS.....	VIII
-----------------------	------

LISTA DE FIGURAS	VIII
------------------------	------

CAPÍTULO 2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
---	---

2.1. CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS Y AGRONÓMICAS DE LAS ESPECIES DESEADAS ...	3
2.1.1. <i>Pasto ovillo</i>	3
2.1.2. <i>Pasto ballico perenne</i>	4
2.1.3. <i>Trébol blanco</i>	5
2.2. PERSISTENCIA DE PRADERAS	7
2.2.1 <i>Factores que afectan el rendimiento de las praderas</i>	8
2.3. ASOCIACIONES DE GRAMÍNEAS Y LEGUMINOSAS FORRAJERAS	16
2.4. COMPOSICIÓN BOTÁNICA	17
2.5. MÉTODOS PARA ESTIMAR EL RENDIMIENTO DE FORRAJE	18
2.5.1. <i>Técnicas directas o destructivas</i>	18
2.5.2 <i>Técnicas indirectas o no destructivas</i>	19
2.5.3. <i>Medidas de altura</i>	20
2.5.4 <i>Factores que afectan las mediciones indirectas</i>	22
2.5.5 <i>Número mínimo de muestras</i>	22
2.7. LITERATURA CONSULTADA	25

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.)	33
--	----

3.1. RESUMEN	33
3.2. SUMMARY	34
3.3. INTRODUCCIÓN	35
3.4. MATERIALES Y MÉTODOS	37
3.4.1 <i>Rendimiento de forraje</i>	38
3.4.2 <i>Composición botánica y morfológica</i>	38
3.4.3 <i>Análisis estadístico</i>	39
3.4.4. <i>Datos climáticos</i>	39
3.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	40
3.5.1. <i>Rendimiento de forraje</i>	40
3.5.2 <i>Contribución de las especies al rendimiento</i>	44
3.5.3. <i>Composición botánica</i>	47
3.6. CONCLUSIONES	53
3.7. LITERATURA CITADA.....	54

CAPITULO 4. PERSISTENCIA Y TASA DE CRECIMIENTO 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.).....	57
---	----

4.1. RESUMEN	57
4.2. SUMMARY	58

4.3 INTRODUCCIÓN	59
4.4. MATERIALES Y MÉTODOS	60
4.4.1. Tasa de crecimiento de forraje	62
4.4.2. Densidad de platas	62
4.4.3 Altura del forraje	63
4.4.4. Datos climáticos	63
4.4.5. Análisis estadístico	64
4.5 RESULTADOS	65
4.5.1 Tasa de crecimiento	65
4.5.2 Densidad de plantas de pasto ovillo	67
4.5.3 Altura del forraje	70
4.6 CONCLUSIONES	73
4.7 LITERATURA CITADA	74

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día se busca aumentar la producción de alimentos para satisfacer las necesidades alimenticias de la creciente población, pero con un reto muy especial, contaminar menos el ambiente. La producción bajo pastoreo es una forma para desarrollar sistemas de producción animal más productivos y sostenibles y disminuir así, la contaminación. Estos sistemas tienen beneficios ambientales tales como protección y conservación del suelo y de los recursos hídricos, contribución al atractivo del paisaje, fijación de nitrógeno, y como tal, la mayoría se encuentra en equilibrio con el ambiente (Carlier, 2010).

Según Améndola (2008), el pastoreo de praderas es una alternativa de alimentación muy económica, dado que el forraje producido en el propio rancho y cosechado por los animales es la fuente de nutrientes de menor costo. Así mismo, las praderas tienen oportunidades de agregar valor a los productos obtenidos de estos sistemas ya que las características sanitarias y de composición de los productos de origen animal procedentes de praderas son mejores a los obtenidos en otros sistemas.

Existen praderas en monocultivo y en asociaciones (leguminosa- gramínea), estas últimas tienen varias ventajas ya que las leguminosas pueden formar una relación simbiótica entre ella y bacterias del género *Rhizobium* para fijar nitrógeno de la atmósfera y disminuir el uso de fertilizantes nitrogenados que deterioran el suelo y contaminan el ambiente, además las asociaciones de gramíneas y leguminosas tienen un alto valor nutricional (Spehn *et al.*, 2002; Rochon *et al.*, 2003).

No todas las leguminosas tienen el mismo efecto sobre la acumulación de nitrógeno y la producción de biomasa. Las especies del género *Trifolium* parecen tener mejores efectos y pueden ser catalogadas como especies clave en los sistemas de pastoreo. Sin embargo, la principal limitación de las praderas, sobre todo de las leguminosas en las asociaciones, es su corta duración o falta de persistencia. El agotamiento o degradación de las especies en la pradera por los diferentes factores que causan estrés a las plantas (clima, suelo, manejo del pastoreo, plagas y enfermedades, nutrientes etc.) ocasionan una disminución en su rendimiento y por ende problemas económicos, sociales y ambientales.

En un sistema de pastoreo, lo que se busca es producir el forraje necesario para alimentar el ganado durante todo el año, sin deteriorar el sistema y para ello se debe hacer una rotación de praderas de acuerdo a la vida productiva de las mismas. La distribución estacional del rendimiento es un factor elemental en el manejo de los sistemas donde se usan leguminosas (Améndola *et al.*, 2005).

En praderas asociadas de gramíneas y leguminosas es muy variable la proporción de cada especie, por ello es, importante determinar la mejor asociación, desde el punto de vista de rendimiento anual, distribución estacional y persistencia de la pradera. Por tal motivo, el objetivo de esta investigación fue determinar la mejor asociación de pasto ovillo, ballico perenne y trébol blanco, a diferentes proporciones, desde el punto de vista de rendimiento estacional y anual.

CAPÍTULO 2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Características botánicas y agronómicas de las especies deseadas

2.1.1. Pasto ovillo

El pasto ovillo es una planta perenne ampliamente adaptada a todos los continentes. Los tallos son aglomerados glabros y delgados, forma matas densas muy amacolladas, con una altura de 30 a 150 cm. Las vainas foliares son comprimidas en su base, glabras, aquilladas. Presenta hojas de color grisáceo-azulado, con láminas alargadas, planas o involutas de 2 a 8 mm de ancho, con nervio central muy marcado y con lígula membranosa de 2 a 5 mm de largo, no manifiestan aurículas. La inflorescencia es una panícula de 10 a 25 cm de longitud, con espiguillas aglomeradas en ramas, de ahí su nombre (Muslera y Ratera, 1991).

El pasto ovillo se adapta a clima templado y frío, pero no resiste altas temperaturas. La temperatura óptima para este pasto se encuentra en el rango de 18 a 25 °C. Crece en una gran variedad de suelos, pero prefiere suelos fértiles, franco-arenosos y bien drenados. No se adapta a suelos alcalinos y es muy susceptible a las inundaciones (Santen y Sleper, 1996). En cuanto a las densidades de siembra, la más usada es de 15 a 20 kg ha⁻¹ en monocultivo y en asociación se recomienda de 8 a 12 kg ha⁻¹ (Hannaway *et al.*, 1999)

El pasto ovillo es una gramínea importante, tanto para corte en verde, heno, ensilaje y para pastoreo debido a su buena calidad nutritiva, alto rendimiento y buena tolerancia a la sombra (Metcalfé y Elkins, 1987). Así mismo, Hannaway *et al.*, (1999) recomienda pastoreos con poca intensidad, siempre arriba de los 5 cm. En cuanto

a la altura, se considera la más adecuada aquella que se inicia con 20 a 25 cm. Es poco tolerante al sobrepastoreo, por lo que suele ser poco persistente en situaciones de manejo deficiente, pero con buen manejo tiene una persistencia larga comparada con otros pastos de clima templado. Por lo general, se siembra en mezclas con alfalfa o trébol. Los rendimientos de forraje varían de acuerdo a la calidad de suelo, pero se han reportado de 3 a 15 t MS ha⁻¹.

2.1.2. Pasto ballico perenne

El pasto ballico perenne (*Lolium perenne* L.) es originario de Europa y norte de África es una planta amacollada (Muslera y Ratera, 1991), con culmos erectos y lisos de 30 a 60 cm de alto, ramificados en la base; las 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, 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 semierecta, por lo regular 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, lemas de 5 a 6 mm de largo, herbáceas, obtusas, a veces agudas o con aristas cortas, glabras, con 5 a 7 nervios evidentes hacia el ápice, márgenes y ápice escariosos; pálea de color verde, ligeramente más corta que la lema, obtusa o aguda con el ápice más o menos

bífido, cariósida de aproximadamente 4 mm de largo y 1.4 mm de ancho (Villalpando, 1994).

De acuerdo a Brock y Tilbrook (2000) la temperatura óptima de crecimiento para el ballico perenne es de 18 a 21 °C. 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 la temperatura 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

De acuerdo a Frame (2003) el trébol blanco es una leguminosa nativa de Europa, África del Norte y Asia occidental y se ha utilizado como especie forrajera en Europa y las Islas Británicas durante siglos. Se cultiva como forraje en muchas partes del mundo, incluyendo zonas frías, templadas y en algunos lugares subtropicales de América del Norte, América del Sur, África del Sur, Australia, China y Japón.

La inflorescencia es una umbela globosa, densa, de 1 a 2 cm de diámetro, con pedúnculos más largos que las hojas; pedicelos de 1 a 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 a 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 a lanceoladas, de 8 a 15 mm de largo, glabras con el pecíolo de 5 a 25 cm de largo, folíolos casi sésiles, anchamente elíptico-ovados, de 1 a 3 cm de largo, con una marca blanca (por ello el nombre de trébol blanco), de ápice redondeado y base cuneada. Los frutos son una vaina oblonga-lineal de 4 a 5 mm de largo y con 3 a 4 semillas en 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).

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 suelos de textura 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⁻¹ (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 con 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. Persistencia de praderas

La persistencia de las plantas forrajeras es un problema importante que enfrentan actualmente los productores. La escasa persistencia de las especies sembradas y la entrada de especies indeseables es una preocupación creciente para la producción animal a base de especies forrajeras.

Se entiende por persistencia, el mantenimiento de una especie deseada a través del tiempo. Smith (1989) define la persistencia como la supervivencia de las plantas al estrés causado por el clima, el suelo, el manejo de la pradera y todos los factores que incidan sobre la planta y su interacción entre ellos. Así mismo, Wiersma *et al.* (1998) mencionan que la persistencia es la adaptación de un cultivo a los factores bióticos y abióticos que causan estrés y muerte de las plantas.

La persistencia pobre se presenta cuando las especies deseables son substituidas por especies indeseables. Esto puede ocurrir a través de una disminución de la población de una especie sembrada (Parsons *et al.*, 2010). Por lo regular se mide como el porcentaje de plantas sobrevivientes después de tres o más años (Choo, 1984).

La importancia de la persistencia aumentará a medida que se incrementen los problemas relacionados con la sostenibilidad y el medio ambiente; estos problemas harán más hincapié en la persistencia de los pastos y en particular de las leguminosas, especialmente en sistemas de pastoreo por los beneficios que estas aportan (Beuselinck *et al.*, 1994).

La importancia de la persistencia radica en varias razones que continuación se mencionan:

Económica. La persistencia a largo plazo es importante para la rentabilidad económica del sistema porque permite que los costos de siembra se amorticen en un período más largo (Riday y Brummer, 2006). Al respecto, Hernández *et al.* (2003) señalan que en el norte de México, la mayor parte de los cultivos de alfalfa se ve muy afectada a partir del tercer año y no es costeable por los bajos rendimientos ocasionados por la reducción de la densidad de plantas.

Nutricional. El deterioro de las especies sembradas a medida que aumenta la edad de las praderas ocasiona un desequilibrio en composición botánica de la pradera y por lo tanto, la composición nutricional del forraje también varía. Esto se debe a la invasión de malezas, lo que traerá problemas de manejo en la alimentación eficiente del ganado si se tiene como base de la dieta a la pradera.

Ecológica: al cultivar menos el terreno se evita la erosión del suelo; así mismo, se conserva la fertilidad porque no se mueren los microorganismos benéficos de la tierra. Además se usa menos el tractor evitando el uso de combustibles fósiles e impidiendo la formación de piso de arado.

2.2.1 Factores que afectan el rendimiento de las praderas

Algunos autores (Clark, 2011; Smith y Kretschmer, 1989) han abordado los factores que interactúan para determinar la persistencia de los forrajes, incluyendo el ambiente (clima y suelo), manejo del pastoreo, las características de las plantas, las

plagas y las enfermedades. Para Riday y Brummer (2006), la persistencia es un rasgo complejo que se ve afectada por una serie de factores, incluyendo el genotipo, factores abióticos, los factores ambientales bióticos y sus interacciones.

2.2.1.1 Clima y suelo

Marten (1985) afirma que la temperatura y precipitación son los dos principales factores climáticos que afectan la distribución y persistencia de las especies forrajeras. Las especies de pastos mejorados son productivas y de buena calidad; sin embargo, su persistencia es a menudo pobre, debido a la falta de tolerancia al estrés. Cuando las temperaturas de crecimiento están fuera del rango óptimo, el estrés afecta el crecimiento de los forrajes. La gravedad de la tensión depende de la magnitud y duración de la desviación de la temperatura óptima y la madurez y estado fisiológico de las plantas. Casi todos los procesos biológicos se ven afectados por el estrés de la temperatura. La temperatura afecta directamente la velocidad de la respiración y la tasa de división celular. Las temperaturas inferiores a 15 °C restringen severamente la nodulación de las leguminosas (McKenzie *et al.*, 1988).

De acuerdo con Beuselinck *et al.*, (1994) el vigor de la planta y la persistencia de las leguminosas se ve afectado por factores edáficos, por ejemplo pH, características de drenaje y minerales tóxicos, tales como Al, en combinación con la defoliación, la fertilidad, y las condiciones ambientales variables.

Smith *et al.*, (1998) señalan que la persistencia de los pastos puede verse afectada por la disponibilidad de nutrientes y menciona que el ballico perenne tiene el

requisito de alta fertilidad del suelo, por lo que cuando los nutrientes son limitantes, las malezas tienen una ventaja competitiva. Con el tiempo, esto conduce a un predominio de las malezas, y esto puede ser un indicador de la mala persistencia de los pastos. Otras especies de pastos, como el ovillo, son más tolerantes a una menor fertilidad del suelo y ser capaces de competir mejor con las malezas, lo que da como resultado una mejor persistencia. Sin embargo, el rendimiento del pasto ovillo sigue respondiendo al aumento de la fertilidad del suelo.

En el caso de praderas asociadas de leguminosa-gramínea, las plantas compiten por los factores ambientales como la luz, nutrientes y agua. El buen manejo del agua es necesario para la máxima producción y también afecta la persistencia, porque el riego reducido y las causas de riego excesivo conducen a la pérdida de plantas. Incluso cuando las plantas no se mueren directamente por el exceso de humedad, quedan estresadas, lo que ocasiona que se disminuya la capacidad para tolerar ataques estacionales de insectos, o competir con las malezas (Beuselinck *et al.*, 1994). Por otro lado, el trébol blanco es una leguminosa con sistema radical poco profundo, esto hace que sea muy susceptible a la sequía lo que ocasiona que sea poco productiva durante la temporada de seca (Woodfield y Caradus 1996)

En el caso del ballico perenne a medida que aumenta un período de estrés hídrico, el crecimiento se hace lento, la densidad de tallos disminuye, el crecimiento se detiene y las plantas mueren. Es por ello, que autores como Montpetit y Coulman (1991) han sugerido que la selección de plantas con un sistema radical más fibroso debería dar lugar a un aumento de la persistencia.

2.2.1.2 Manejo del pastoreo

La persistencia de las plantas cosechadas mecánicamente a menudo difiere de la persistencia bajo pastoreo, pero hay muchas variables que la afectan (Hoveland, 1989). La carga animal afecta fuertemente la persistencia de las leguminosas bajo pastoreo. Cuando la carga es baja los animales empiezan a seleccionar y cuando la carga es alta se presenta menos selectividad y la cosecha es a menudo más cerca del suelo que con la cosecha mecánica. Para ambos sistemas de cosecha, la compactación del suelo y los daños a la corona y la raíz son mayores cuando el forraje está mojado y el contenido de agua del suelo es alto. Además, después de varios años de pastoreo, los niveles de nutrientes del suelo pueden ser mayores en comparación con la cosecha mecánica debido al reciclado de los nutrientes. También, los niveles de nutrientes por lo general varían especialmente después del pastoreo, siendo mayor en las zonas donde se congregan los animales (bebederos, sombreaderos) y menor en las zonas donde pastan (Beuselinck *et al.*, 1994).

La persistencia de los forrajes en lo que se refiere al manejo del pastoreo, dependerá del conocimiento que se tenga sobre cómo un mal manejo afecta la supervivencia de las plantas y por ende el rendimiento de forraje. El entendimiento de las etapas de crecimiento de las plantas permite mejorar la persistencia de las praderas (Widdup, 2011). En general, el aumento de la carga animal puede cambiar las propiedades físicas del suelo, como pueden ser el aumento de la densidad aparente, la disminución de la macroporosidad, el cambio de la fauna del suelo, la disminución de la fijación de N, cambios en el rendimiento de materia seca y

posterior invasión de malezas. De igual modo, al aumentar la carga animal también aumenta la cantidad de heces y orina depositado en la pradera (Clark, 2011). Sin embargo también existe evidencia de que el pastoreo puede aumentar la ramificación de los estolones y por lo tanto, mejorar la persistencia en el caso del trébol (Caradus *et al.*, 1997).

Forde *et al.* (1989) mencionan que la persistencia se ve afectada por la frecuencia y la intensidad de pastoreo ya que estas dos variables interactúan con el hábito de crecimiento de las plantas. Cuando los cortes son frecuentes, se favorece a las plantas que tienen ciclos de crecimiento más cortos y cuando los cortes son muy espaciados en el tiempo, se favorece a las especies que tiene un crecimiento lento. El agotamiento de las reservas por efecto de corte frecuente o pastoreo continuo puede reducir la persistencia de las leguminosas. Por el contrario, la persistencia de las leguminosas de crecimiento postrado como es el caso del trébol blanco, que es la leguminosa forrajera templada más persistente se debe a que tiene meristemas apicales en o por debajo de la superficie del suelo, hojas sobre la superficie del suelo, por lo cual la fotosíntesis continúa suministrando carbohidratos necesarios para el crecimiento después de la cosecha (Caradus y Williams, 1989).

2.2.1.3 Malezas

Las malezas son las plantas que crecen en lugares no deseados dentro de un cierto contexto que por lo general son ambientes controlados por humanos. Su manejo en la agricultura moderna es crucial para evitar pérdidas de rendimiento y garantizar la seguridad alimentaria. La palabra maleza no tiene ningún significado en

clasificación botánica, ya que una planta que es maleza en un contexto, en otro puede que no lo sea. En los cultivos y praderas todas las plantas que no son sembradas o plantadas por el hombre son malezas (Chauhan y Gill, 2014).

Con el paso del tiempo las praderas se degradan, las especies deseadas se van perdiendo y por consiguiente viene la invasión de malezas ya que estas son oportunistas y aprovechan los espacios vacíos dejados por las plantas deseadas. Una disminución en la calidad de los pastizales con la edad y la subsiguiente entrada de malezas ha sido identificada como razón clave por muchos agricultores (Busey, 2003). En las praderas se considera una maleza aquella planta que sea perjudicial por sí misma o su calidad nutritiva sea baja y que por su hábito de crecimiento tienda a eliminar plantas de mayor calidad; las malezas alteran la composición botánica de las praderas. Se consideran como la limitación biológica más importantes en los sistemas de producción agrícola, compiten con los forrajes establecidos por nutrientes, luz, agua y el espacio. Por lo tanto, hay una reducción en el rendimiento y la calidad del forraje. Según Chauhan y Gill (2014), la competencia se produce cuando una planta reduce el crecimiento de otra mediante la adquisición de una parte desproporcionada de uno o varios recursos potencialmente disponibles para ambos.

La composición botánica es un indicador de la calidad de las praderas, pero se ve afectada por la presencia de malezas que por lo general representan una reducción en la calidad de la misma. Ha tenido que pasar algún tiempo para comprender la relatividad del concepto maleza en las praderas por el simple hecho de que prácticamente todas las plantas son comidas por los animales, aunque en algunos

casos la preferencia del ganado por algunas especies deseables ocasiona el deterioro; por ejemplo en el caso del trébol es más apetecible que ciertas malezas, el ganado consume el trébol favoreciendo a las malezas mediante la reducción de la competencia (Busey, 2003).

Hay ocho razones por las cuales una planta puede ser considerada como una maleza en la pradera: pueden causar daño físico, falta de aceptabilidad, ser venenosa, producir semillas que contaminan los cultivos, reducen el rendimiento del forraje, mueren y dejan una pradera abierta en el caso de malezas anuales, compiten con el establecimiento de especies, son plantas particularmente agresivas capaces de colonizar una gran área (Chauhan y Gill, 2014).

El manejo de malezas emplea una combinación de estrategias para prevenir las malas hierbas que infestan la pradera y cuando se aplica un enfoque integrado se utilizan todas las técnicas disponibles para minimizar el impacto negativo de ellas. El control de malezas, es parte del buen manejo de una pradera, un descuido contribuirá en la rápida degradación de la misma. La incidencia de malezas en un potrero será menor si se hizo un buen establecimiento de las especies (Busey, 2003).

Muchos factores de manejo y ambientales también influyen en el control de malezas: acidez, fertilidad del suelo, preparación, profundidad, el tiempo de la siembra, la humedad y el drenaje del suelo, las enfermedades y el control de insectos. Por lo tanto, más que una causa de degradación de las pasturas, las

plantas invasoras deben verse como una consecuencia de este proceso (Busey, 2003).

2.2.1.4 Plagas y enfermedades

La presencia de plagas y enfermedades es un factor que reduce el vigor y la resistencia de las plantas, por lo tanto, pueden morir por presencia de otros factores como sequía, heladas, inundaciones, entre otros. Los insectos se alimentan de las hojas y tallos de las plantas, afectan el crecimiento, interactúan con otros factores bióticos del ecosistema de la pradera para crear estrés en la planta. Las plagas de insectos y las enfermedades pueden reducir la densidad de poblacional de las leguminosas y gramíneas forrajeras perennes (Beuselinck *et al.*, 1994).

Las lesiones que dejan algunos insectos llegan a causar la muerte de las plantas, ya sea durante el rebrote, después del corte o pastoreo o bien durante el establecimiento de la pradera. Leath (1989) señala que en ocasiones los patógenos pueden causar directamente la muerte de una planta, en ausencia de cualquier estrés, a esto se la ha llamado enfermedad aguda. Algunos ejemplos son *Phytophthora*, pudrición de la raíz y *Sclerotinia*, pudrición de la corona del tallo de la alfalfa. La mayoría de las enfermedades de leguminosas forrajeras individualmente, no dan lugar a la muerte de la planta (Tooker y Frank, 2012).

Otras enfermedades incluyen podredumbre de la corona de leguminosas forrajeras, que es una enfermedad letal, aunque actualmente se cree que es el resultado de la acción combinada de varios agentes patógenos que crecen en la corona de la planta, tales como *Fusarium spp.*, *Rhizoctonia solani*, *Colletotrichum spp.*, *Phoma*

spp., *Pythium spp.*, y otros hongos, así como pseudomonas y otras bacterias (Tooker y Frank, 2012).

Las plagas y enfermedades causan daño a la semilla, a las hojas del forraje, a los tallos, a la raíz y por ende se va muriendo la planta, y esto lleva a la disminución de la capacidad de renovación natural de los pastos (Beuselinck *et al.*, 1994). Otro de los problemas en el manejo de potreros es la presencia de hormigas, las cuales pueden causar daños muy graves en las plantas. Las hormigas cortadoras de hojas, constituyen una plaga que afecta la mayoría de los cultivos y entre estos las pasturas (Tooker y Frank, 2012).

2.3. Asociaciones de gramíneas y leguminosas forrajeras

Para tener mayores rendimientos en 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 esperan 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 podrían 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 mantenga 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 *Rhizobium*. 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 Carllassare, 2002).

2.4. Composición botánica

La composición botánica de la vegetación expresa el porcentaje de las diferentes especies presentes en la pradera en un momento dado, su conocimiento es importante ya que tiene un marcado efecto sobre el valor nutritivo de la pradera, la selectividad, el consumo y la distribución estacional de la producción del forraje. En

praderas asociadas de gramínea y leguminosa, la composición botánica cambia a través del tiempo, por lo cual es necesario determinar el comportamiento de las especies que constituyen la mezcla, con el fin de entender la evolución de la pradera a través del tiempo (Moreno, 2007).

La frecuencia de las especies, en términos de contribución a la biomasa total, es uno de los principales factores que explican la variación de la cantidad y calidad de la producción de biomasa (Chataigner et al., 2010).

2.5. MÉTODOS PARA ESTIMAR EL RENDIMIENTO DE FORRAJE

Las técnicas de muestreo para estimar masa de forraje (MF) en praderas se dividen en dos grupos principales: técnicas directas e indirectas.

2.5.1. Técnicas directas o destructivas

Las técnicas directas o destructivas son los métodos más precisos, se basan en el corte y remoción de forraje de un área de la muestra o la superficie total que se está evaluando. Debido a la característica de este método, es destructivo porque impide nuevas evaluaciones de muestra en el mismo lugar (Mannetje y Jones, 2000).

Estas técnicas requieren un elevado empleo de mano de obra y/o equipo. Puede ser costoso en términos de tiempo y trabajo; puede dar lugar a que el número de muestras sea insuficiente, resultando una baja precisión. También impide la medición de cambios de la pradera en la zona de muestreo. En las pequeñas parcelas pastoreadas el material removido por el corte puede ser una parte importante de la alimentación (Mannetje y Jones, 2000; Fernández, 2004).

El método de corte, permite comparar la cantidad de materia seca real con algún otro método indirecto (Mannetje y Jones, 2000). Por lo que se usa para propósitos de investigación.

2.5.2 Técnicas indirectas o no destructivas

Se han desarrollado métodos alternativos a los destructivos, estas técnicas permiten estimar la productividad de forma indirecta (Brummer *et al.*, 1994). En estos métodos se utiliza la técnica de doble muestreo que consiste en tomar como referencia una cierta cantidad de cortes y mediciones de algunas muestras, para obtener una relación de regresión del rendimiento para ajustar los resultados, con estas técnicas aumenta el número de muestras, lo que permite ampliar la precisión y reducir el error, siendo una clara ventaja con respecto a los métodos destructivos (Mannetje y Jones, 2000; Sanderson *et al.*, 2001).

Los métodos indirectos se pueden agrupar en tres categorías: estimación visual, medidas de altura y densidad, y la medición de otros atributos que aunque no son vegetales pueden estar relacionados con el rendimiento de forraje. Estos métodos, toman menos tiempo por la observación y menos esfuerzo físico. Por lo tanto, si se compara con las técnicas destructivas, los rendimientos de forraje se puede estimar con mayor precisión, aunque la exactitud, en el resultado de la medición, que representa la masa de forraje en cada unidad de muestreo sea menor (Mannetje y Jones, 2000).

2.5.2.1 Estimación visual

Este método consiste en la simple determinación visual de la masa de forraje en un área determinada (Teuber *et al.*, 2007). Se requiere cortes de calibración; sin embargo, tiene valor limitado para investigación, se usa más para praderas de monocultivos o mezclas simples (Mannetje y Jones, 2000). Requiere personal entrenado, la ventaja de la estimación visual es que las mediciones son hechas rápidamente sin ningún equipamiento especial. Aunque en cierta medida hay que caminar el área y observarla.

2.5.2.2 Capacitancia

Mannetje y Jones (2000) mencionan que el principio de la capacitancia se basa en una señal producida por un oscilador en un circuito eléctrico. La masa de forraje tiene una capacitancia alta, mientras que la del aire y la madera es muy baja. La diferencia entre la lectura en el aire y la lectura en el forraje es la lectura de medición corregida, de esta forma cuando la cantidad de forraje es mayor, la capacitancia se incrementa. A su vez, el bastón posee un microprocesador que convierte en forma automática a forraje estimado en kg de MS usando una ecuación de calibración previamente seleccionada. Este es un método no destructivo que cuantifica en forma indirecta la disponibilidad de materia seca de la pradera y es particularmente ventajoso cuando el dispositivo ya incluye ecuaciones de calibración (Sanderson *et al.*, 2001).

2.5.3. Medidas de altura

La altura de la pradera puede ser medida de tres maneras distintas:

1. Colocando una regla verticalmente sobre el nivel del suelo, mirando horizontalmente a través de la pradera y luego evaluando su altura promedio.
2. Midiendo la altura del macollo más largo dentro del cuadro.
3. Usando un disco medidor de forraje, que mide la altura, en cierta forma comprimida del forraje.

Las tres maneras de medir la altura, son una herramienta útil y práctica para estimar la masa de forraje en diferentes praderas (Castillo *et al.*, 2009).

2.5.3.1 Altura comprimida

Algunos autores (Mannetje y Jones, 2000; Gebauer, 2004) señalan que existe una alta correlación entre la altura del forraje y masa de forraje. Así mismo, esta correlación se mejora cuando la altura del forraje se determina presionándolo por medio de un disco con cierto peso. Esta técnica se refiere al disco medidor de forraje (DMF). Algunos discos medidores de forraje ya sea cuadrado o círculo, están elaborados de lámina de metal, aluminio, y plástico, materiales de bajo costo y estables en peso por unidad de superficie cuando es expuesto a humedad, al aire y al forraje, pero que se ajusten al área necesitada, ambos con una varilla de medición grabada en centímetros, la cual se desliza sobre la superficie, esto puede ser desde arriba hacia la pradera o desde abajo hacia arriba empujado por la masa del forraje (Fernández, 2004).

Las dimensiones del DMF, diámetro, espesor y peso por metro cuadrado, son muy variables y dependen de factores tales como: tipo de pradera, facilidad de traslado

y precisión requerida en la estimación, además los investigadores han modificado el diseño para establecer el efecto del peso y el tamaño del área. Gebauer (2004) y Teuber *et al.* (2007) concluyen que la altura comprimida por medio del DMF, está correlacionada significativamente con la disponibilidad de materia seca y presenta más ventajas que el método de capacitancia electrónica para estimar la disponibilidad de forraje. En otro estudio Ganguli *et al.* (2000), reporta que el disco medidor de forraje fue mejor que la toma de datos con regla, ya que presentó mayor r^2 (0.83 vs 0.60, respectivamente).

2.5.4 Factores que afectan las mediciones indirectas

Algunas razones por las cuales se produce una baja relación entre las estimaciones mediante métodos directos e indirectos influyendo en las pendientes de regresión, se explica por la presencia de sectores con vegetación heterogénea (variaciones de altura de la pradera), efecto de pisoteo por los animales, acumulación de vegetación rechazada y diferencias en la composición botánica de las praderas, material senescente, estación del año. Además, existe variación entre operadores, por lo que se debe cuidar que siempre la misma persona realice las mediciones en el campo (Teuber *et al.*, 2007).

2.5.5 Número mínimo de muestras

El valor del número mínimo de muestras (n) depende de la homogeneidad que presente en cuanto a variabilidad en altura. Así, a menor variabilidad en altura menor será el número de muestras para estimar la media con una precisión y exactitud dada (Castillo *et al.*, 2009). Moyer y Higgind (2005) indican que el número

de muestras para un nivel determinado de precisión depende de la variabilidad de las mediciones en el potrero. Aumentando el número de mediciones también se aumenta la eficiencia de la recolección e incrementa la precisión en las estimaciones (Sanderson *et al.*, 2001).

Al seleccionar el lugar para realizar la medición (puntos de muestreo) debe ser de forma aleatoria. No se deben de preferir las áreas más productivas ni las menos productivas, nada en particular, es importante tener un gran número de muestras, de forma que las pocas malas muestras no afecten tanto (Moyer y Higgind, 2005).

2.6. Conclusiones de literatura

La persistencia de las plantas forrajeras es un problema importante que enfrentan actualmente las praderas. Esta persistencia es afectada por varias causas entre ellas, el clima, manejo de la pradera, plagas y enfermedades, malezas presentes en la pradera, entre otras y la interacción entre ellas.

El beneficio de las praderas asociadas es múltiple, hay un mayor rendimiento de forraje, la calidad del forraje es mayor, menos estacionalidad. Por otro lado, se cuida más el ambiente, ya que la leguminosa fija nitrógeno, por lo cual no se necesita fertilizar las praderas asociadas con productos nitrogenados.

La composición botánica de la pradera es importante ya que tiene un marcado efecto sobre el valor nutritivo de la misma, la selectividad, consumo y la distribución estacional de la producción del forraje. En praderas asociadas de gramínea y leguminosa, la composición botánica cambia a través del tiempo, por lo cual es

necesario determinar el comportamiento de las especies que constituyen la mezcla, con el fin de entender evolución de la pradera a través del tiempo.

Los métodos para estimar masa de forraje se dividen en dos grupos: directos e indirectos. Los directos o destructivos, se basan en el corte, impide nuevas evaluaciones en el mismo lugar, requieren un elevado empleo de mano de obra y/o equipo. Puede ser costoso en términos de tiempo y trabajo; puede dar lugar a que el número de muestras sea insuficiente, resultando una baja precisión. Los métodos indirectos son más rápidos y económicos, se utiliza la técnica de doble muestreo para calibrar, con estos métodos se aumenta el número de muestras, lo que permite ampliar la precisión y reducir el error, siendo una clara ventaja con respecto a los métodos destructivos.

2.7. LITERATURA CONSULTADA

- Améndola, M.R. 2008. Uso de la suplementación en pastoreo intensivo de ovinos sobre praderas templadas. Serie: Forrajes y Pastizales. Fortalecimiento del Sistema Producto Ovinos. En Tecnologías para Ovinocultores sistema producto ovinos. disponible en:<http://www.uno.org.mx/sistema/pdf/forrajesypastizales/usodelasuplementacionenpastoreo.pdf>
- Améndola, M.R., E. Castillo, y P.A. Martínez. 2005. Country Pasture/Forage Resource Profiles. México. [En línea]. Disponible en <http://www.fao.org/waicent/faoinfo/agricult/agp/agpc/doc/Counprof/mexico/Mexico.htm>
- Beuselinck, P.R., J.H. Bouton, W.O. Lamp, A.G. Matches, M. H. McCaslin, C.J. Nelson, L.H. Rhodes, C. C. Sheaffer, and J. J. Volenec. 1994. Improving Legume Persistence in Forage Crop Systems. *Journal of Production Agriculture* 7: 311–322.
- Brock, J. L. and C. J. Tilbrook. 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.
- Brummer, J.E., Nichols J.T., Engel R.K. 1994. Efficiency of different quadrant sizes and shapes for sampling standing crop, *Journal of Range Management*. 47 84-89.
- Busey, P. 2003. Cultural management of weeds in turfgrass: A review. *Crop Science* 43, 1899–1911.

- Burdon, J.J. 1983. *Trifolium repens* L. the Journal of Ecology 24: 307-330.
- Caradus, J.R., Clifford, P.T.P., Chapman, D.F., Cousins, G.R., Williams, W.M., Miller, J.E. 1997. Breeding and description of 'Grasslands Sustain', a medium-large leaved white clover (*Trifolium repens* L.) cultivar. New Zealand Journal of Agricultural Research 40: 1-7
- Caradus, J.R., and W.M. Williams. 1989. Breeding for legume persistence in New Zealand. 523– 537. Marten, G.C. Persistence of forage legumes. ASA, CSSA, and SSSA Madison, WI.
- Carlier, L. 2010. Grassland for ruminants. Role of grassland in Belgian agriculture. Romanian Journal of Grassland and Forage Crops. 1: 7-16.
- Castillo, G.E., Valle, M.B. and Jarillo, R.J. 2009. Relación entre materia seca presente y altura en gramas nativas del trópico mexicano. Técnica Pecuaria en México 47: 1: 79-92.
- Chataigner, F., Surault F., Huyghe C., Julier B. 2010. Determination of Botanical Composition in Multispecies Forage Mixtures by Near Infrared Reflectance Spectroscopy. In: Huyghe C. (eds) Sustainable use of Genetic Diversity in Forage and Turf Breeding. Springer, Dordrecht.
- Chauhan, B.S., Gill G.S. 2014. Ecologically based weed management strategies. Pages 1–11 in Chauhan BS, Mahajan G, eds. Recent Advances in Weed Management. New York: Springer
- Clark, D.A. 2011. Changes in pastoral farming practices and pasture persistence – a review. In: Pasture persistence. Grassland Research and Practice Series 15: 7-13

- Fernández, H.H. 2004. Estimación de la disponibilidad de pasto. INTA, Estación Experimental Balcarce, Área de producción animal, Balcarce, Buenos Aires, Argentina. 23 p. Consultado en: http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/41-disponibilidad.pdf. Diciembre 2016
- Forde, M.G., M.J.M. Hay, and J.L. Brock. 1989. Development and growth characteristics of temperate perennial legumes. 91– 109. Marten, G.C. Persistence of forage legumes. ASA, CSSA, and SSSA Madison, WI.
- Frame, J. 2003. *Trifolium repens* L. FAO. www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/Gbase/data/pf000350.htm). mayo 2016
- Frame, J., Charlton J.F.L., Laidlaw A.S. 1998. Temperate forage legumes. Wallingford: CAB International, 336p
- Ganguli, A.C., Vermeire, L.T., Mitchell, R.B. and Wallace, M.C. 2000. Comparison of four non-destructive techniques for estimating standing crop in shortgrass plains. En: *Agronomy Journal* 92: 1211-1215.
- Gebauer, O. 2004. Evaluación de los métodos de altura comprimida y capacitancia electrónica para estimar la disponibilidad de forraje en praderas de pastoreo. Tesis Ing. Agr. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias 99 p. Consultado en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2004/fag293e/pdf/fag293-3pdf> e. consultado 11/11/2016
- Hannaway, D.B., Fransen, S., Cropper, J., Teel, M., Chaney, M., Griggs, T., Halse, R., Hart, J., Cheeke, P., Hansen, D., Klinger, R., Lane, W., 1999.

Orchardgrass (*Dactylis glomerata*). Pacific NorthWest Extension Publications. Oregon State University, USA

- Hernández, H.V., Valdés P.M. T., Sánchez R.F.J., Domínguez U.R. 2003. Dinámica de enfermedades de la parte aérea de la alfalfa en la Comarca Lagunera. Disponible en:
www.uaaan.mx/DirInv/Rdos2003/protvegetal/arrense02.pdf (julio de 2016)
- Hoveland, C.S. 1989. Legume persistence under grazing in stressful environments of the United States. In: G. C. Marten, A. G. Matches, R. F. Barnes, R.W. Brougham, R.J. Clements, G.W. Sheath (eds). Persistence of Forage Legumes. ASA, CSSA, SSSA. Madison, WI. pp. 375-386.
- Lüscher, A., Mueller-Harvey, I., Soussana, J.F., Rees, R.M., Peyraud, J.L. Potential of legume-based grassland-livestock systems in Europe: A review. *Grass Forage Sci.* 2014;69:206–228
- Mancilla, L., & Valbuena, N. 2002. Agricultura forrajera sustentable con el manejo de bovinos a pastoreo. XI Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal, 1-10. Trujillo, Venezuela: Programa de Ingeniería de Producción Animal, UNELLEZ.
- Mannelje, L. and Jones R. M. 2000 .Measuring biomass of grassland vegetation. In: Field and Laboratory Methods for Grassland and Animal Production Research. Wallingford: CABI Publishing.
- Marten, G.C. 1985. Environmental and management limitation of legume-based forage system in the northern United States. 116– 128. Barnes, R.F

Proc. Trilateral Worksh, Palmerston North, N.Z. 30 Apr.-4 May 1984. USDA-ARS Washington DC.

- McKenzie, J.S., R. Paquin, S.H. Duke 1988. Cold and Heat Tolerance. In: A. A. Hanson, D. K. Barnes, R. R. Hill, editors, Alfalfa and Alfalfa Improvement, Agron. Monogr. 29. ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI. p. 259-302. doi:10.2134/agronmonogr29.c8
- Metcalfe, D.S.; Elkins, D.M. 1987. Producción de cosechas. Fundamentos y prácticas. [1ª ed. en español de la 4ª inglesa]. Limusa. México
- Montpetit, J. M. and Coulman, B. E. 1991. Relationship between spring vigour and the presence of adventitious roots in established stands of red clover (*Trifolium pratense* L.). Canadian Journal of Plant Science, 71(3): 749-754, 10.4141/cjps91-108
- Moreno, G.B. 2007. Comportamiento productivo de praderas mixtas de alfalfa (*Medicago sativa* L.) y zacate ovilla (*Dactylis glomerata* L.) de diferentes edades. Tesis de Licenciatura. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 33 p.
- Moyer, J. L., and J. J. Higgins. 2005. Calculation of sample number to accurately measure available pasture forage. Online. Forage and Grazinglands doi:10.1094/FG-2005-1123-01-BR.
- Muslera, P.E.; Ratera, C.G. 1991. Praderas y Forrajes, Producción y Aprovechamiento. 2ª Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España p. 674

- Parsons, A.J.; Edwards, G.R.; Newton, P.C.D.; Chapman, D.F.; Caradus, J.R.; Rasmussen, S.; Rowarth, J.S. 2010. Past lessons and future prospects: plant breeding for cool temperate pastures. pp. 272- 291. In: Proceedings of the 4th Australasian Dairy Science Symposium, Christchurch, New Zealand.
- Rattray, P.V. 2005. Clover management, research, development and extension in the New Zealand pastoral industries. Report. Sustainable Farming Fund. Commissioned by Sustainable Farming Fund (SFF). New Zealand.
- Riday, H., and E.C. Brummer. 2006. Persistence and yield stability of intersubspecific alfalfa hybrids. *Crop Sci.* 46:1058–1063.
- Rochon, J.J., C.J. Doyle, J.M. Greef, A. Hopkins, G. Molle, M. Sitzia, D. Scholefield, and C.J. Smith. 2004. Grazing legumes in Europe: A review of their status, management, benefits, research needs and future prospects. *Grass Forage Sci.*59:197–214. doi:10.1111/j.1365-2494.2004.00423.x
- Sanderson, C.A. Rotz, S.W. Fultz. 2001. Estimating forage mass with a commercial capacitance meter and pasture ruler, *Agronomy Journal* 93 1281 1286.
- Santen, E. van; D. Sleper, 1996. Orchardgrass. In: L.E. Moser et al. (Eds.), *Cool-Season Forage Grasses*, pp. 503–534. *AgronMonogr* 34, ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI
- Smith, R.R., and A.E. Kretschmer. 1989. Breeding and genetics of legume persistence. 541– 552. Marten, G.C. *Persistence of forage legumes*. ASA, CSSA, and SSSA Madison, WI.

- Spehn, E.M., M. Scherer-Lorenzen, B. Schmid, A. Hector, M.C. Caldeira, P.G. Dimitrakopoulos, J.A. Finn, A. Jumpponen, G. O'Donovan, J.S. Pereira, E.-D. Schulze, A.Y. Troumbis, and C. Körner. 2002. The role of legumes as a component of biodiversity in a cross-European study of grassland biomass nitrogen. *Oikos*. 98:205–218.
- Teuber, N., Balocchi, O. y Parga, J. 2007. Manejo del Pastoreo. Proyecto FIA. Osorno, Chile. 129 p.
- Tooker, J.F. and Frank, S.D. 2012. Genotypically diverse cultivar mixtures for insect pest management and increased crop yields. *Journal of Applied Ecology*, 49, 974-985.
- Villalpando, P.J.L. 1994. Contribución al conocimiento de las gramíneas del bosque La Primavera. Tesis. Facultad de agronomía. Universidad de Guadalajara. 201 p.
- Volenec, J.J., Cunningham S.M., Haagenson D.M., Berg W.K., Joern B.C., Wiersma D.W. 2002. Physiological genetics of alfalfa improvement: past failures, future prospects. *Field and Crop Research* 75, 97–110.
- Widdup, K.H., Barrett B.A. 2011. Achieving persistence and productivity in white clover. In 'Pasture persistence symposium. Grassland research and practice series no. 15.' (Ed. CF Mercer) pp. 173–180. (New Zealand Grassland Association: Dunedin, New Zealand)
- Wiersma, D.W., Smith R.R., Mlynarek M.J., Rand R.E., Sharpee D.K., Undersander D.J. 1998. Harvest management effects on red clover forage yield, quality, and persistence. *Journal of Production Agriculture*, 11:309–313

- Woodfield D.R. and Caradus, J.R. 1996. Factors affecting white clover persistence in New Zealand pastures. Proceedings of the New Zealand Grassland Association 58: 229-235.
- Zaragoza, E.J., Hernández, GA., 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.

CAPITULO 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 junio de 2015 a julio 2016 en el Colegio de Postgraduados, México. La siembra se efectuó en febrero de 2010. Tomando como base las densidades en monocultivo de 20, 30 y 5 kg ha⁻¹ para ovillo, ballico perenne 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 y 40-40-20 % de ovillo (O), ballico perenne (BP) y trébol blanco (TB), respectivamente. Los ocho tratamientos se distribuyeron aleatoriamente en 24 parcelas experimentales de 9 por 8 m de acuerdo con un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. En promedio la asociación que presentó un rendimiento anual mayor fue 50-00-50 con 8442 kg MS ha⁻¹; el aporte de pasto ovillo y trébol blanco en esta asociación fue de 1888 y 1,351 kg MS ha⁻¹, el resto fue de otros pastos y malezas. El monocultivo tuvo un rendimiento de 6438 kg MS ha⁻¹. El menor rendimiento lo presentó la asociación 00-50-50 de O-BP-TB con 5,346 kg MS ha⁻¹. La distribución estacional del rendimiento en promedio fue 50, 24, 15 y 11 % para primavera, verano, otoño e invierno. En conclusión la mejor asociación en cuanto a rendimiento en su sexto año de producción fue la 50-00-50 de O-BP-TB.

Palabra clave: *Dactylis glomerata* L., *Lolium perenne* L., *Trifolium repens* L., rendimiento de forraje, Composición botánica.

3.2. SUMMARY

The objective of this research was to evaluate the productive capacity of the orchard grass alone and associated with perennial ryegrass and white clover, seeded to different proportions. The study was carried out from June 2015 to July 2016 at the College of Postgraduates, Mexico. Swards were sowing on February 2010, based on monoculture densities of 20, 30 and 5 kg ha⁻¹ for 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% orchard grass (O), perennial ryegrass (PR) and white clover (WC), respectively. Treatments were randomly distributed in 24 experimental plots of 9 by 8 m according to a random block design with three replicates. The association 50-00-50 of OG-PR-WC had the greatest annual herbage yield with 8442 kg DM ha⁻¹, the contribution of orchard grass and white clover to the annual herbage yield in this association was 1888 and 1351 kg DM ha⁻¹, respectively. The orchard grass pure sward yielded 6438 kg DM ha⁻¹. The lowest herbage yield (5346 kg DM ha⁻¹) was obtained by the mixture 00-50-50 of OG-PR-WC. The seasonal herbage yield distribution, on average, was 50, 24, 15 and 11% for spring, summer, autumn and winter. It is concluded that the best mixture in terms of herbage yield in its sixth year of production was 50-00-50 of OG-PR-WC.

Index words: *Dactylis glomerata* L., *Lolium perenne* L., *Trifolium repens* L., herbage yield, botanical composition.

3.3. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la FAO (2014), uno de los desafíos que tiene la agricultura en los tiempos actuales es incrementar la producción de alimentos, pero con un reto muy especial, contaminar menos el medio ambiente. Se habla de una agricultura sostenible, producir alimentos en mayor cantidad, seguros, saludables y de alta calidad, que las explotaciones generen ingresos suficientes para su continuidad, protegiendo la biodiversidad y haciendo un énfasis muy especial en el bienestar de los animales, todo esto para mejorar la calidad de vida de las personas.

Los sistemas basados en el pastoreo han demostrado ser una opción de producción a bajo costo Améndola (2008), además se tiene otras ventajas como: más amigable con el medio ambiente, aumentan el grado de biodiversidad, son un componente importante de los paisajes agrícolas, se mejoran algunas características del suelo al igual que la calidad del agua, además, los pastos desempeñan un papel significativo en el secuestro de carbono. Así que el pastoreo se perfila como una opción de producir alimentos baratos y con bajo impacto ambiental (FAO, 2014),

En vista de la necesidad de una intensificación sostenible de la producción agrícola y de la importancia de la nutrición de los cultivos para asegurar buenos rendimientos sin aumentar el nivel de fertilizante químico, las praderas asociadas se convierte en una opción para los sistemas pastoriles, ya que las especies establecidas leguminosas y gramíneas se complementan dentro de la pradera. La leguminosa fija nitrógeno atmosférico que es aprovechado por la gramínea y en combinación

produce un forraje de alta calidad, ya que N es un factor limitante importante para el crecimiento de las plantas (Carlsson y Huss-Danell 2003 ; Nyfeler et al . 2011)

En praderas asociadas de gramíneas y leguminosas es muy variable la proporción de cada especie, por ello es importante determinar la mejor asociación, desde el punto de vista de rendimiento anual, distribución estacional, composición botánica y morfológica de la pradera. Por tal motivo, el objetivo de esta investigación fue determinar la mejor asociación de pasto ovido (*Dactylis glomerata* L.), ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens*), a diferentes proporciones, desde el punto de vista de rendimiento estacional y anual.

3.4. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en una pradera asociada de trébol blanco, pasto ovilla y ballico perenne, ubicada en el Campo Experimental del Colegio de Posgraduados, en Montecillo, Texcoco, Estado de México. El suelo es franco arenoso, ligeramente alcalino (pH 7.8), con 2.4 % de materia orgánica y se clasifica como Typic ustipsamments (Ortiz, 1997). El clima es templado subhúmedo con lluvias en verano, precipitación media anual de 645 mm y temperatura media anual de 15 °C; la menor temperatura promedio mensual es de 11.6 °C y ocurre en enero y la mayor en mayo con 18.4 °C (García, 1988).

Establecimiento de praderas

La pradera fue establecida en febrero de 2010 y la toma de datos fue de junio de 2015 a julio de 2016. Las gramíneas se sembraron en hileras separadas a 15 cm, mientras que la leguminosa se sembró en forma perpendicular a las gramíneas con una distancia entre hileras de 30 cm. La densidad de siembra empleada por especie fue de 20 kg ha⁻¹ de pasto ovilla, 30 kg ha⁻¹ de ballico perenne y 5 kg ha⁻¹ de trébol blanco, respectivamente. Las asociaciones se distribuyeron aleatoriamente en 24 parcelas experimentales de 9 por 8 m (72 m²), conforme a un diseño experimental en bloques completamente al azar con tres repeticiones. Las praderas no fueron fertilizadas y en la época seca fueron regadas hasta capacidad de campo cada dos semanas.

Antes de iniciar el estudio, las praderas fueron defoliadas por ovinos, a una altura aproximada de 5 cm sobre el nivel del suelo. Posteriormente, la frecuencia de

defoliación varió con la estación del año; cada cuatro semanas durante primavera-verano, cinco en otoño y seis semanas en invierno, de acuerdo con las recomendaciones de Velasco *et al.* (2001; 2005), para pasto ovido y ballico perenne en praderas puras. Para un mejor manejo de los ovinos, las praderas fueron delimitadas con cerco eléctrico.

Variables medidas

3.4.1 Rendimiento de forraje

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

3.4.2 Composición botánica y morfológica

Se determinó la composición botánica del forraje cosechado a mediados de cada estación. Se tomó una submuestra de aproximadamente 20 % del total del forraje cosechado para separar las especies deseables (pasto ovido, ballico perenne y trébol blanco), material muerto, otros pastos y maleza. La submuestra se separó en los siguientes componentes morfológicos (hojas y tallos) de plantas de pasto ovido, ballico perenne y trébol blanco. Cada componente botánico y morfológico fue colocado en bolsas de papel identificadas con el nombre del componente, fecha de

corte y tratamiento experimental, las cuales se pusieron en una estufa con circulación forzada de aire hasta peso constante, y se pesaron.

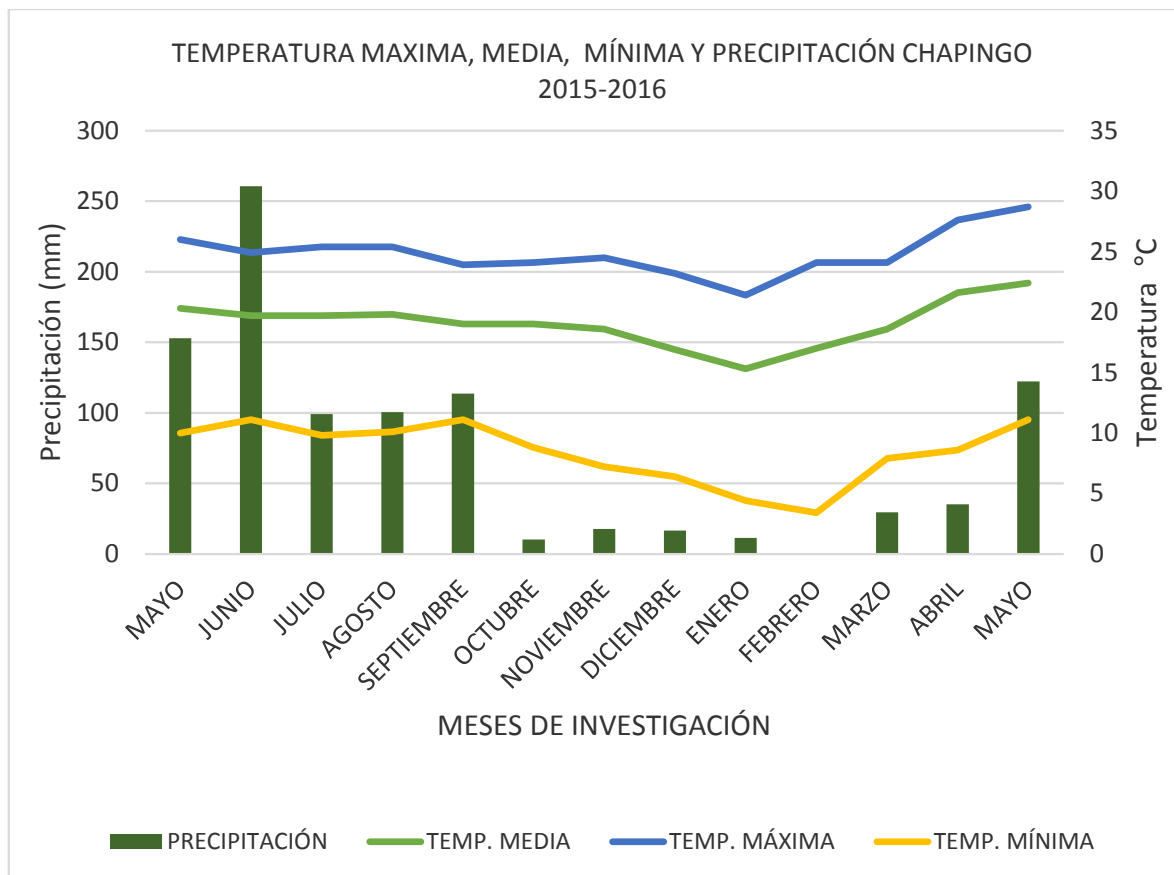
3.4.3 Análisis estadístico

Para estimar el efecto de los tratamientos (asociaciones) sobre las variables respuesta (rendimiento de forraje, tasa de crecimiento del cultivo, composición botánica y morfológica), considerando periodos estacionales se utilizó el análisis de varianza para diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones, el cual fue implementado con el PROC GLM del SAS (2009), para comparar las medias de tratamientos se utilizó el procedimiento de Tukey.

3.4.4. Datos climáticos

Los datos climáticos se obtuvieron en la estación meteorológica de la Universidad Autónoma Chapingo, que se encuentra a 4.8 km de distancia del sitio experimental. En la figura 1 se presenta el promedio de temperaturas máximas, medias y mínimas mensuales, así como la precipitación acumulada por mes. La temperatura máxima osciló entre 21.4°C que se presentó en el mes de enero y 28.7 °C en el mes de mayo. La mínima osciló entre 3.4 °C para el mes de febrero y 11.1 °C para mayo. La precipitación máxima se presentó en el mes de junio con 260.5 mm y la acumulada total durante el año que duró el experimento fue 816.4 mm.

Figura 1.- Temperaturas máximas, medias mínimas y precipitación acumulada durante el periodo de estudio (mayo 2015- mayo 2016).



3.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.5.1. Rendimiento de forraje

En el Cuadro 1 se muestran los datos de rendimiento total y estacional del pasto ovillo solo y asociado con ballico perenne y trébol blanco en su sexto y séptimo año de producción. El rendimiento anual promedio de todas las asociaciones fue 6822 kg MS ha⁻¹, muy inferior de lo reportado por Rojas *et al.* (2016) en su tercer y cuarto año de producción.

La asociación 50-00-50 de O- BP –TB fue la que presentó mejor rendimiento anual con 8,442 kg MS ha⁻¹ (P<0.05). En general, el rendimiento anual mostró el siguiente orden descendente: 50-00-50, 40-40-20, 20-40-40, 20-70-10, 70-20-10, 40-20-40, 100-00-00, 00-50-50 de Ovillo, Ballico perenne y Trébol blanco, respectivamente, con una diferencia de 47 % entre la asociación que presentó el mayor y el menor rendimiento de forraje (P<0.05). En primavera-verano se obtuvo 74 % del rendimiento anual, mientras en otoño-invierno 26 %, quedando invierno con el menor rendimiento (738 kg MS ha⁻¹) que representó 11% del total y primavera como la estación con mayor aporte estacional (3410 kg MS ha⁻¹) contribuyendo con 50 %. La asociación 50-00-50 de Ovillo, Ballico perenne y Trébol blanco, fue la que registró el mayor rendimiento durante las cuatro estaciones. La única asociación que no superó al pasto ovillo en monocultivo fue 00-50-50 de O-BP-TB (P<0.05).

Algunos autores trabajando con las mismas asociaciones reportaron valores más altos para el rendimiento anual. 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⁻¹. 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⁻¹ durante el primer año, después de haber sido establecidas. Así mismo, Rojas *et al.* (2016) trabajó con las mismas praderas en su tercer y cuarto año de producción, encontraron que las mejores asociaciones fueron la 40-20-40 y 20-40-40 de pasto ovillo, ballico perenne y trébol blanco con 20182 y

19146 kg MS ha⁻¹. Otros estudios (Camacho y García, 2003) obtuvieron resultados superiores con promedio anual de 23,454 kg MS ha⁻¹, en asociaciones de trébol blanco, ballico perenne, festuca alta y pasto ovilla, aunque en este caso se sobreestimó el rendimiento porque se trata de la sumatoria de lo obtenido en cortes a ras de suelo realizados en diferentes puntos de las praderas.

Independientemente de las asociaciones, se observaron diferencias estadísticas ($P < 0.05$) entre estaciones, con el siguiente orden descendente: primavera > verano > otoño > invierno con un promedio de 3,410, 1,647, 1,028, 738 kg MS ha⁻¹, respectivamente. Una distribución estacional parecida a la observada en el presente estudio fue reportada por Villareal *et al.* (2014) y Hernández *et al.* (2015) en praderas puras de pasto ovilla, Castro *et al.* (2012), Rojas *et al.* (2014), Moreno *et al.* (2015) y Flores *et al.* (2015) en praderas asociadas de pasto ovilla, ballico perenne y trébol blanco, en el Valle de México.

Los mayores rendimientos 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 especies manifestar su potencial productivo máximo (Figura 1). En tanto, los rendimientos menores en otoño e invierno se pueden atribuir al efecto negativo de las temperaturas bajas registradas durante ese periodo (Figura 1), como lo señalaron Hernández-Garay *et al.* (1997). Las bajas temperaturas ocasionan la 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 ovido, mientras que para el trébol blanco de 24 °C (Brock y Tilbrook, 2000).

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

Asociación	Estaciones del Año				Rendimiento Anual	Sig	EEM
	Verano	Otoño	Invierno	Primavera			
O-BP-TB							
20-40-40	1674B	1025BC	637bC	3538abA	6874 ab	*	214
00-50-50	1546B	877C	525bD	2398bA	5346 b	*	44
40-20-40	1704B	1011C	725bC	3095abA	6535 ab	*	166
50-00-50	1762B	1236B	1231aB	4214aA	8442 a	*	256
20-70-10	1706B	1027C	579bC	3431abA	6743 ab	*	116
70-20-10	1704B	1056C	790bC	3088abA	6638 ab	*	139
100-00-00	1327B	885B	716bB	3510abA	6438 ab	*	230
40-40-20	1749B	1106C	702bC	4005aA	7562 ab	*	109
Promedio	1647B	1028 BC	738 C	3410 A	6822 ab	*	160
EEM	132	94	63	299			
Sig	NS	NS	*	*	*		

ABC= Medias con la misma literal mayúscula en una misma hilera, no son diferentes (p= 0,05); abc= Medias con la misma literal minúscula en una misma columna, no son diferentes (P= 0,05); EEM=Error estándar de la media; Sig.= Significancia; **=P= 0,05; NS= No significativo; O=Ovido; BP=Ballico perenne; TB= Trébol blanco.

En este trabajo se aprecia el potencial de los cultivos asociados en comparación con los monocultivos. Autores como Nyfeler *et al.* (2009) y Mommer *et al.*, (2010),

admiten que las asociaciones de gramíneas con leguminosas tienen un rendimiento mayor en comparación con el monocultivo, además el uso de los recursos como fertilizantes se hace más eficiente.

3.5.2 Contribución de las especies al rendimiento

La contribución de cada especie al rendimiento depende del tiempo que tienen de establecidas las praderas como lo señalan Moreno *et al.* (2015) al trabajar con 7 asociaciones de gramíneas y leguminosas. Ellos encontraron que praderas de primer año, independientemente de la asociación, el ballico perenne fue la especie con mayor rendimiento al aportar 47 %, seguida del pasto ovillo con 21 % y el trébol blanco con 13 %; el ballico perenne es la especie que domina debido a su establecimiento rápido, ya que tanto el pasto ovillo como el trébol blanco son de establecimiento lento (Lüscher *et al.*, 2014). Sin embargo, conforme avanza la edad de las praderas se presentan cambios en la dominancia de especies, siendo el trébol blanco la que domina en otoño-invierno y el pasto ovillo durante primavera-verano (Rojas *et al.*, 2016).

Al comparar la contribución de cada especie deseada al rendimiento anual (Cuadro 2), el monocultivo 100 % ovillo produjo el mayor rendimiento de ovillo con 2002 kg MS ha⁻¹; en segundo lugar con 1930 kg MS ha⁻¹ la asociación 20-40-40 de O-BP-TB. El rendimiento anual más bajo de pasto ovillo lo mostró la asociación 70-20-10 de O-BP-TB con 1489 kg MS ha⁻¹.

Producción por estación: En primavera fue donde se obtuvo la mayor producción de pasto ovillo con un promedio de 638 kg MS ha⁻¹ (P<0.05), seguido por verano, otoño e invierno con 531, 370 y 207 kg MS ha⁻¹, respectivamente. Dentro de los tratamientos, el mejor rendimiento se presentó en primavera con 887 kg MS ha⁻¹, aportándolo el monocultivo de pasto ovillo. El mayor rendimiento de ovillo entre asociaciones lo registró la asociación 40-20-40 con 780 kg MS ha⁻¹ seguido por la asociación 50-00-50 de O-BP-TB con 747 kg MS ha⁻¹. El menor rendimiento del pasto ovillo se presentó en la estación de invierno con 98 kg MS ha⁻¹ en la asociación 70-20-10 de O-BP-TB.

Trébol blanco

En lo que respecta la trébol blanco, el mayor rendimiento anual lo aportó la asociación 00-50-50, seguido por 50-00-50 de O-BP-TB con 1,408 y 1,351 kg MS ha⁻¹, respectivamente (P<0.05); estas dos asociaciones son las que inicialmente al momento de la siembra contenían más trébol (Mendoza, 2013), en tercer lugar la asociación 20-40-40 produjo 840 kg MS ha⁻¹. El menor rendimiento anual de trébol lo presentaron las asociaciones 40-20-40 y 70-20-10 de pasto ovillo, ballico perenne y trébol blanco con 466 y 761 kg MS ha⁻¹, respectivamente.

En primavera se presentó el mayor rendimiento con promedio de 546 kg MS ha⁻¹, luego fue disminuyendo en verano, otoño e invierno con 173, 149 y 97 kg MS ha⁻¹, respectivamente (P<0.05). La asociación que mayor rendimiento de trébol en primavera presentó fue 50-00-50 de O-BP-TB con 957 kg MS ha⁻¹.

Cuadro 2. Rendimiento estacional y total (kg MS ha⁻¹) por especie deseable de pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) solo y asociado con ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.).

Asociaciones O-BP-TB	Estaciones del Año				EEM	Sig.	Rendimiento Anual
	Verano	Otoño	Invierno	Primavera			
	Ovillo (kg MS ha ⁻¹)						
20-40-40	577	525	194	635	134	NS	1930a
00-50-50	-	-	-	-	-	-	-
40-20-40	566B	313C	158C	780A	45	*	1816ab
50-00-50	556	281	305	747	117	NS	1888ab
20-70-10	529	347	214	428	77	NS	1518b
70-20-10	428AB	368AB	98B	595A	85	*	1489b
100-00-00	473	365	276	887A	150	NS	2002a
40-40-20	587	389	207	396	130	NS	1579b
EEM	115	141	57	113			
Sig.	NS	NS	NS	NS			
Promedio	531A	370AB	207B	638A			
	Trébol blanco (kg MS ha ⁻¹)						
20-40-40	137Bbc	140Bb	46B	517A	48	*	840ab
00-50-50	375ABa	457Aa	113B	463A	67	*	1408a
40-20-40	59Bc	102ABb	68B	237A	33	*	466Bc
50-00-50	124bc	151b	119	957	217	NS	1351a
20-70-10	109ABbc	78Bb	149AB	492A	90	*	829ab
70-20-10	253ABab	44Cb	59BC	404A	43	*	761b
100-00-00	-	-	-	-	-	-	-
40-40-20	153Bbc	68Bb	126B	754A	75	*	1102ab
EEM	31	40	40	177			
Sig.	*	*	NS	NS			
Promedio	173AB	149AB	97B	546A			

ABC= Medias diferente literal mayúscula en una misma hilera, son diferentes (p= 0,05); abc= Medias diferente literal minúscula en una misma columna, son diferentes (p= 0,05); EEM=Error estándar de la media; Sig.= Significancia; *=P= 0,05; NS= No significativo; O=Ovillo; BP=Ballico perenne; TB= Trébol blanco.

3.5.3. Composición botánica

La composición botánica de las siete asociaciones de gramínea – leguminosa y la gramínea sola se presenta en la Figura 2. En verano el pasto ovillo en promedio de los tratamientos aportó 28 %, siendo el testigo con 36 % el que más aportó al rendimiento; en contraste el que menor aportó fue el tratamiento 70-20-10 de O:BP:TB con 25 % de ovillo. En la estación de verano el trébol blanco aportó 9 % del promedio estacional, y el tratamiento que aportó más fue 00-50-50 de O:BP:TB con 24 %, mientras que dentro de las asociaciones la que menos contribuyó fue la 20-70-10 con 6 %. Para otros pastos en promedio de la estación fue de 31 % y malezas sumaron en promedio 26 % del rendimiento. El tratamiento con más especies no deseadas fue el 00-50-50 de O:BP:TB con 69 %, mientras el material senescente representó el 6 % en promedio, variando de 4 % para el tratamiento 20-40-40 de O-BP-TB hasta 7 % para el monocultivo.

En otoño se tuvo la misma tendencia que en verano, el ovillo contribuyó con 31 %, promedio estacional; el tratamiento que mayor porcentaje aportó fue 20-40-40 de O-BP-TB con 51 %. El trébol representó el 13 % del total de especies en la estación. La asociación que aportó más trébol blanco fue 50-00-50 de O-BP-TB con 52 %. Otros pastos alcanzaron un porcentaje de 32 % en promedio, y las malezas contribuyeron con 19 %. El mayor porcentaje de otros pastos lo presentaron las asociaciones 50-00-50 y 100-00-00 de ovillo, ballico perenne y trébol blanco con 39 y 32 %, respectivamente.

En primavera se mantuvo la proporción de pasto ovillo, en promedio de los tratamientos fue de 16 %, el trébol blanco con 14 %, otros pastos y malezas su contribución fue 41 y 25 %, respectivamente y un 4 % el material senescente. El testigo fue el que mayor proporción de ovillo tuvo con 25%. En cuanto al trébol blanco la asociación 50-00-50 presentó la mayor proporción con 23 %. El tratamiento 00-50-50 de O-BP-TB produjo la mayor cantidad de otros pastos con 58%, seguido por el testigo 100-00-00 con 47%; respecto a las malezas la asociación 20-70-10 de O-BP-TB alcanzó un 34 %. El material senescente en promedio fue de 4%.

En invierno la proporción de la composición botánica siguió el siguiente orden 24 y 12 % para las especies sembradas (ovillo y trébol blanco), para otros pastos, malezas y material senescente fue 36, 20 y 7 %, respectivamente. El mayor aporte de ovillo se mantuvo igual que en otras estaciones, el testigo 100-00-00 fue el que mayor aportó con 39 %. El mayor porcentaje de otros pastos fue en la asociación 00-50-50 de O-BP-TB con 50 % y el que mostró mayor contenido de malezas fue el tratamiento 70-20-10 de O-BP-TB con 26 %, mientras que el tratamiento que mayor proporción de material senescente fue el monocultivo con 8 %.

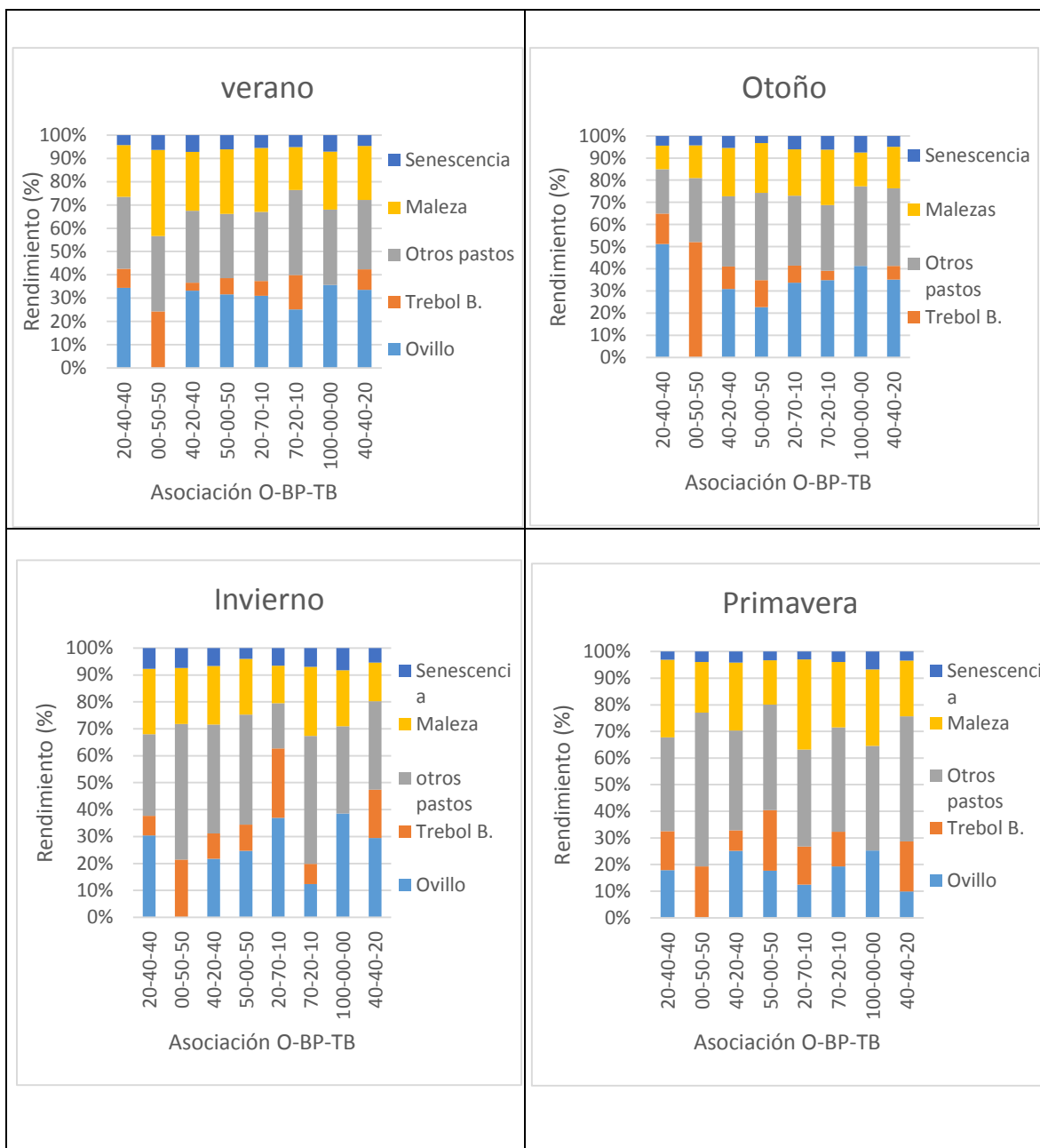


Figura 2.- Cambios estacionales en la composición botánica de pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) solo y asociado con ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.).

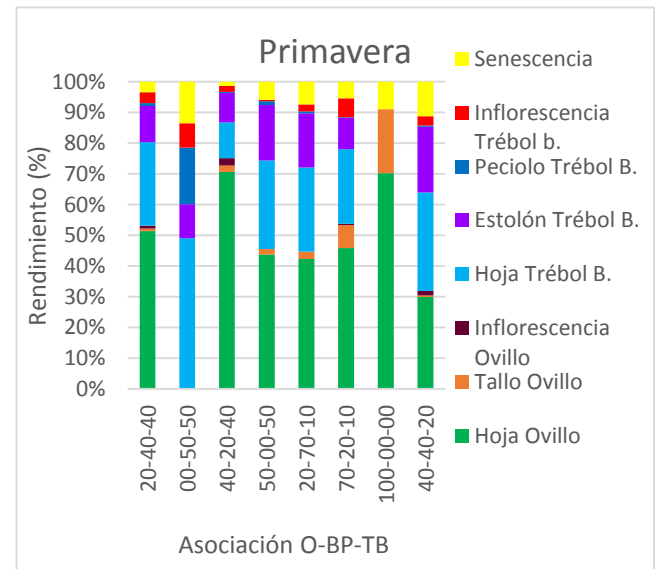
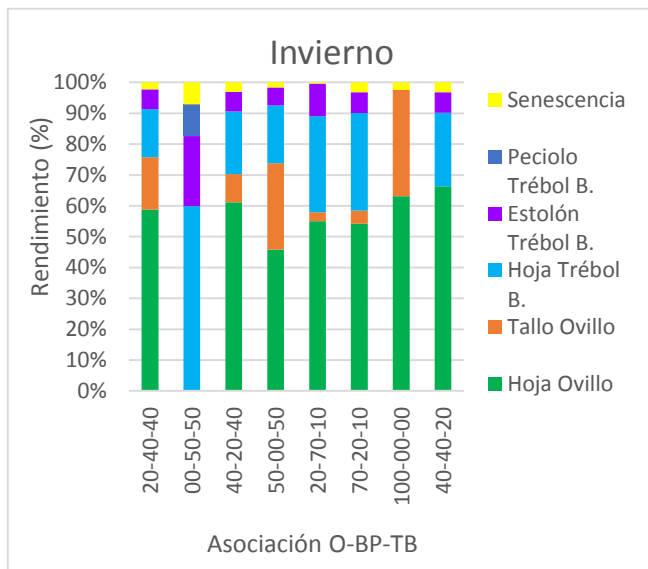
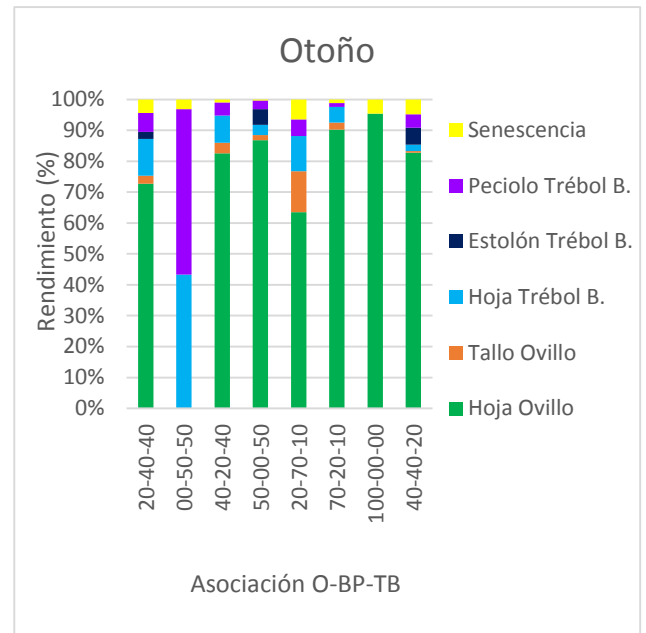
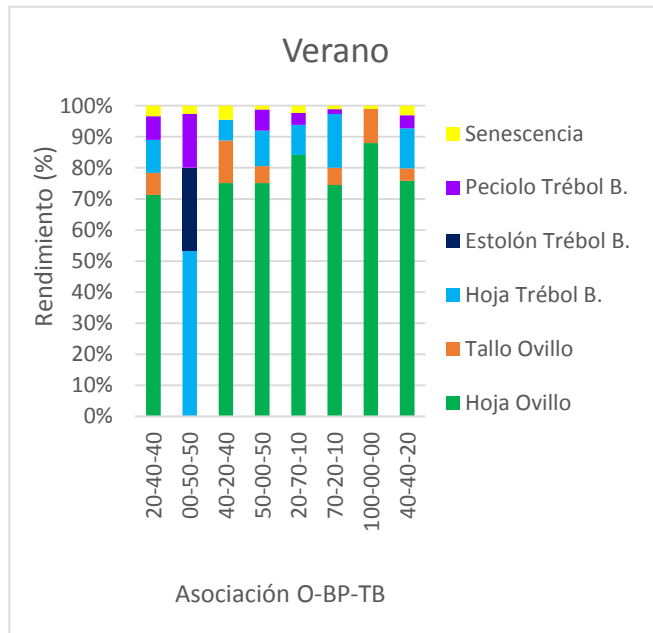


Figura 3.- Cambios estacionales en la composición morfológica de pasto ovillo (*Dactylis glomerata* L.) solo y asociado con ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.).

La composición morfológica (Figura 3) cambió a través de las estaciones, en verano en promedio de los tratamientos se obtuvo 79 % de hoja de ovillo con valores mínimo de 71.3 % para el tratamiento 20-40-40 de O-BP-TB y el mayor valor fue para el testigo (100-00-00) con 88 %. Para el tallo de ovillo el promedio de la estación de verano fue 6.7 %, el tratamiento 40-20-40 presentó el mayor porcentaje con 13.7 % y la asociación 40-40-20 mostró el porcentaje más bajo con 4 %. En el caso del trébol blanco la asociación que presentó los valores más altos para los diferentes componentes fue 00-50-50 de O-BP-TB con 53.3, 26.7 y 17.3 % de hoja, estolón y peciolo, respectivamente.

Durante otoño en promedio se obtuvo 71.8 % de hoja de pasto ovillo y 3 % de tallo. En hoja la proporción osciló entre 63.5 y 95.4 % para las asociaciones 20-70-10 y 100-00-00 de ovillo, ballico perenne y trébol blanco, respectivamente. El tallo se mantuvo en porcentajes bajos, siendo la asociación 40-40-20 de O-BP-TB con 0.5 % la que presentó el menor valor, mientras que la 20-70-10 de O-BP-TB mostró el porcentaje más alto con 13.3 %. Respecto al trébol blanco la asociación 00-50-50 tuvo un valor más alto para hoja y peciolo con 43.3 y 53.6 %, pero no presentó estolón.

Para primavera el pasto ovillo promedió 50.6 y 5.1 % de hoja y tallo, respectivamente. El tratamiento 40-20-40 presentó 70.7 % de hoja de ovillo seguido por el testigo con 70.3%. Para el tallo, el testigo fue el que mostró mayor porcentaje con 20.8 %. En el caso del trébol blanco, el promedio estacional de hoja fue de 28.7 %, peciolo 14.2 y estolón 3.2 %. El mayor porcentaje de hoja, al igual que de estolón

se alcanzó en la asociación 00-50-50 de O-BP-TB con 49.1 y 18.4 %, respectivamente. En esta estación apareció la inflorescencia en el caso del pasto ovillo; el porcentaje más alto lo presentó la asociación 40-20-40 con 2.3 %, mientras que para el trébol blanco fue el tratamiento 00-50-50 de O-BP-TB.

El promedio de hoja de ovillo en invierno fue de 58 %, mientras que el tallo alcanzó 13 %. En cuanto al trébol blanco la hoja y el peciolo fueron los valores más altos con 28.7 y 9.3 %, el estolón y el material senescente mostraron valores bajos con 1.5 y 2.6 %, respectivamente. La asociación con mayor porcentaje de hoja de pasto ovillo fue la 40-40-20 de O-BP-TB con 66.4 %. El valor más alto de tallo se encontró en el tratamiento testigo con 34.5 %. Con respecto al trébol blanco la asociación 00-50-50 de O-BP-TB fue la que mostró los porcentajes más altos de hoja, peciolo, estolón e inclusive para senescencia con valores de 59.9, 22.7, 10.3 y 7.1 %, respectivamente.

3.6. CONCLUSIONES

La mejor asociación desde el punto de vista rendimiento de forraje fue la 50-00-50 de pasto ovillo, ballico perenne y trébol blanco. El mayor rendimiento promedio estacional se registró en primavera con un 50 % del anual y el menor en invierno con un 11 %.

La mejor asociación fue 50-00-50 de O-BP-TB con un rendimiento anual de 8,442 kg MS ha⁻¹, con un aporte de pasto ovillo y trébol blanco de 1,888 y 1,351 y kg MS ha⁻¹, respectivamente. El menor rendimiento lo presentó la asociación 00-50-50 de O-BP-TB con 5346 kg MS ha⁻¹. La distribución estacional en promedio fue 50, 24, 15 y 11 % para primavera, verano, otoño e invierno.

3.7. Literatura citada

- 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.
- Carlsson, G., Huss-Danell, K. (2003) Nitrogen fixation in perennial forage legumes in the field. *Plant and Soil*, 253, 353–372.
- 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.
- FAO, (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2014. *Agricultura familiar en América Latina y el Caribe: recomendaciones de política*. Salcedo, S; Guzmán, L (eds.). Santiago, Chile.
- 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.

- 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. Agr. 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.
- Horrocks, R., Vallentine, J.F. 1999. Harvested Forages. Academic Press. Oval Road, London, United States of America p. 426.
- Lüscher, A., Mueller-Harvey, I., Soussana, J.F., Rees, R.M., Peyraud, J.L. Potential of legume-based grassland-livestock systems in Europe: A review. Grass Forage Sci. 2014;69:206–228.
- 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.
- 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., 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.

- Rojas, G.A.R., Hernández, G.A., Ayala, W; Mendoza, P.S.I, Cancino, S.J, Vaquera, H.H, Santiago O.M.A. 2016. Comportamiento productivo de praderas con distintas combinaciones de ovinillo (*Dactylis glomerata* L.), ballico perenne (*Lolium perenne* L.) y trébol blanco (*Trifolium repens* L.). *Revista de la Facultad Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 48(2), 57-68.
- 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 ovinillo (*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

CAPITULO 4. PERSISTENCIA Y TASA DE CRECIMIENTO DE OVILLO (*Dactylis glomerata* L.) SOLO Y ASOCIADO CON BALLICO PERENE (*Lolium perenne* L.) Y TRÉBOL BLANCO (*Trifolium repens* L.)

4.1. RESUMEN

Se evaluaron siete asociaciones, dos gramíneas y una leguminosa, sembradas en diferentes proporciones y un monocultivo de pasto ovillo. La investigación se realizó de junio de 2015 a julio de 2016 en el Colegio de Postgraduados, México. 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 (BP) y trébol blanco (TB), respectivamente. Se evaluó tasa de crecimiento (TC), densidad de plantas y altura de la pradera. Los 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. La asociación que presentó la mayor tasa de crecimiento promedio anual fue 50-00-50 de O-BP-TB con 22 kg MS ha⁻¹ d⁻¹, distribuidos estacionalmente de la siguiente manera: 16, 13, 12 y 45 kg MS ha⁻¹ d⁻¹ para verano, otoño, invierno y primavera, respectivamente. La mayor población de plantas de ovillo la presentó la asociación 50-00-50 de O-BP-TB con 18.8 plantas m² y para el trébol blanco fue 00-50-50 de O-BP-TB con 20.5 plantas m², y prácticamente no existieron plantas de ballico perenne. La mayor y menor altura de la pradera fue registrada en primavera e invierno, respectivamente. En conclusión la mejor asociación fue 50-00-50 de O-BP-TB.

Palabra clave: *Dactylis glomerata* L., *Lolium perenne* L., *Trifolium repens* L., tasa de crecimiento, densidad de plantas.

4.2. SUMMARY

Seven associations, two grasses and one legume, were evaluated in different proportions and one pure grass sward. The research was carried out from June 2015 to July 2016 at the College of Postgraduates, Mexico. 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 (OG), perennial ryegrass (PR) and white clover (WC), respectively. Growth rate (GR), plant density and sward height were evaluated. Treatments were randomly distributed in 24 experimental plots of 9 by 8 m, according to a completely randomized block design with three replicates. The association that presented the highest annual average growth rate was 50-00-50 with 22 kg DM ha⁻¹ d⁻¹ with a seasonally distributed as follows: 16, 13, 12 and 45 kg MS ha⁻¹ d⁻¹ for summer, autumn, winter and spring, respectively. The largest Orchard grass plant population density was recorded by the association 50-00-50 of OG-PR-WC with 18.8 plants m² and for white clover, it was recorded by the association 00-50-50 of OG-PR-WC with 20.5 plants m², and practically there were not perennial ryegrass plants. The highest and lowest sward height was recorded in spring and winter respectively. In conclusion the best association was 50-00-50 of de O-BP-TB.

Index words: *Dactylis glomerata* L., *Lolium perenne* L., *Trifolium repens* L., growth rate, plant population density.

4.3 INTRODUCCIÓN

Los forrajes son fundamentales para el buen funcionamiento de los sistemas de producción animal en pastoreo, por considerarse que son más rentables y sostenibles. Así mismo, las praderas tienen oportunidades de agregar valor a los productos obtenidos en el sistema, ya que las características sanitarias y de composición de los productos de origen animal procedentes de praderas son muy sobresalientes a los obtenidos bajo confinamiento. Además son sistemas de producción animal sostenibles, económicamente eficientes, productivos y viables (Chaudhry, 2008).

Las praderas asociadas de leguminosa-gramínea son elementos importantes en los sistemas de alimentación animal. Estas asociaciones tienen diversos beneficios en comparación con los monocultivos ya que las leguminosas pueden formar una relación simbiótica con la bacteria del género *Rhizobium* para fijar nitrógeno de la atmósfera al suelo y evitar el uso de fertilizantes nitrogenados que son costosos y contaminan el ambiente; además de que tienen un alto valor nutricional (Spehn *et al.*, 2002; Rochon *et al.*, 2003). Otras ventajas de las praderas asociadas son que mejora la calidad de la dieta de los animales, hay un mayor rendimiento de forraje y mejor distribución estacional, se controlan algunos problemas como el timpanismo, entre otros.

La desventaja que presentan las praderas asociadas es la corta duración o persistencia sobre todo de la leguminosa, ya que a través del tiempo la proporción de especies va cambiando y esto trae como consecuencia que el rendimiento de

forraje sea menor y también que la calidad de la pradera sufra modificaciones (Smith y Kretschmer, 1989). En un estudio realizado en Nueva Zelanda, Kelly *et al.* (2010) encontraron que el factor más limitante en el rendimiento de las praderas es la persistencia de los pastos. En ese sentido Brazendale *et al.* (2011) mencionan que la persistencia de las praderas establecidas es el principal motor de la rentabilidad del rancho. Así mismo, Chaudhry (2008) señala que para mantener la sostenibilidad, es crucial que estos sistemas de cultivo continúen siendo rentables y respetuosos con el ambiente mientras se producen alimentos nutritivos de alto valor económico.

La persistencia de las praderas asociadas tendrá una mayor importancia a medida que la producción agrícola se vea más afectada por los problemas relacionados con la sostenibilidad y la calidad ambiental. Esto pondrá más énfasis en la persistencia de las leguminosas, especialmente en condiciones de pastoreo. Por lo tanto, las asociaciones de forrajes deben ser utilizadas para mejorar el vigor y la persistencia de la leguminosa. Por tal motivo, el objetivo de esta investigación fue determinar la mejor asociación de pasto ovilla, ballico perenne y trébol blanco, a diferentes proporciones, desde el punto de vista de tasa de crecimiento y persistencia.

4.4. MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó de junio de 2015 a junio de 2016, 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 15 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⁻¹ 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. Los pastoreos se realizaron cada 4 semanas en primavera-verano y cada 5 y 6 semanas durante otoño e invierno, respectivamente. Después de cada fecha de muestreo las praderas fueron pastoreadas con ovinos cosechando aproximadamente a 5 cm sobre el nivel del suelo. Los ovinos únicamente fueron utilizados como defoliadores, y estos fueron manejados en las parcelas experimentales mediante un cerco eléctrico.

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 pasto ovillo (O), ballico perenne (BP) y trébol blanco (TB), 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 un día antes de cada pastoreo, como la suma del rendimiento total obtenido en cada estación, con la siguiente fórmula:

$$TC = R / T$$

Donde:

TC = Tasa de crecimiento promedio estacional (kg MS ha⁻¹ d⁻¹).

R = Rendimiento estacional (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 m² de forma aleatoria en cada unidad experimental, un día después de cada pastoreo se contó el número de plantas presentes de 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.

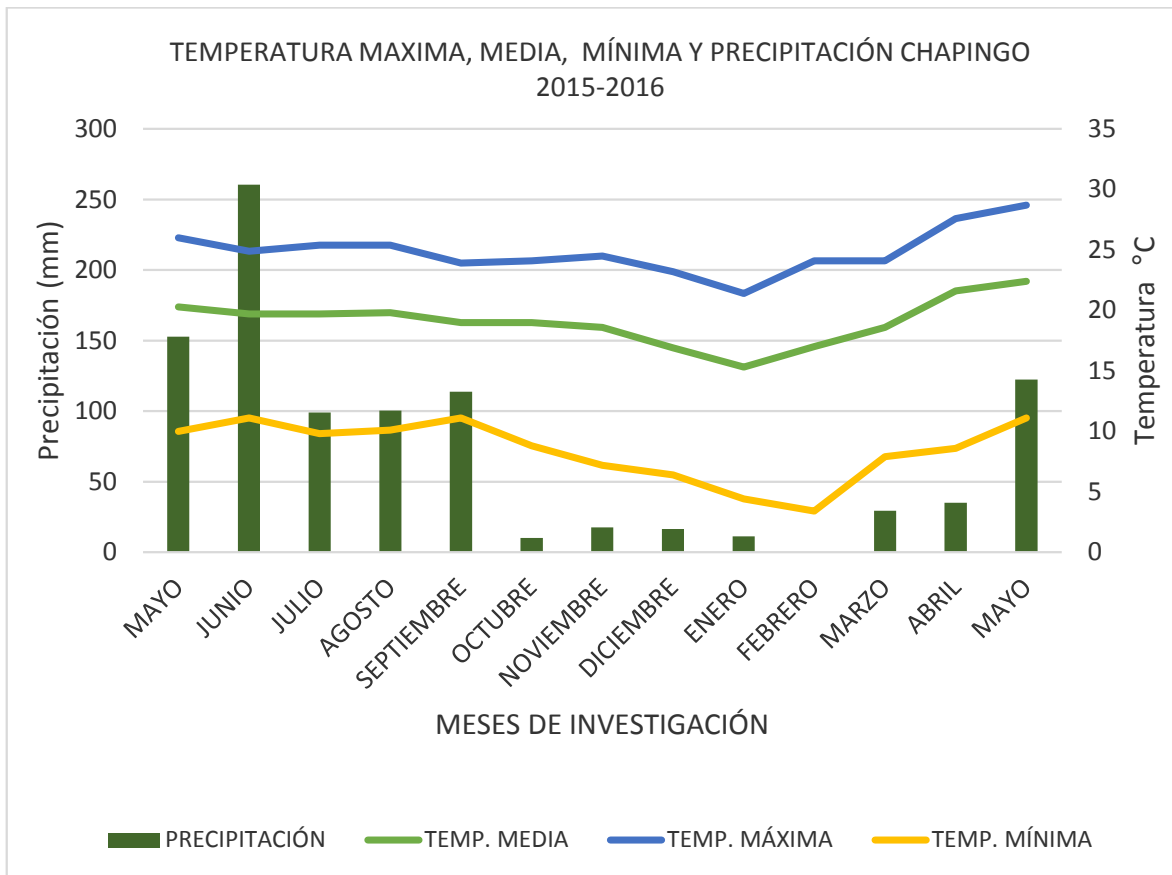
4.4.3 Altura del forraje

La altura de la planta se midió un día antes del pastoreo, con una regla graduada de 1 m de longitud y 1 mm de precisión; se tomaron 20 muestras al azar en cada unidad experimental, para lo cual se colocó la regla por arriba de la superficie cubierta por las especies presentes y se deslizó esta hasta tocar el primer componente morfológico de la asociación, registrándose la altura correspondiente. En la misma forma se tomaron 20 muestras al azar con el plato, colocándolo de manera vertical sobre el forraje, deslizándolo hasta que el plato sea contenido por la masa de forraje y se registró la altura correspondiente. La altura promedio se obtuvo al sumar las 20 mediciones y dividirla entre 20.

4.4.4. Datos climáticos

Los datos climáticos se obtuvieron en la estación meteorológica de la Universidad Autónoma Chapingo, que se encuentra a 4 km de distancia del sitio experimental. En la figura 1 se presenta el promedio de temperaturas máximas, medias y mínimas mensuales, así como la precipitación acumulada por mes. La temperatura máxima osciló entre los 21.4°C que se presentó en el mes de enero y 28.7 °C para el mes de mayo. La mínima osciló entre 3.4 °C para el mes de febrero y 11.1 °C para mayo. La precipitación máxima se presentó en el mes de junio con 260.5 mm y la acumulada total de año que duró el experimento fue de 816.4 mm.

Figura 1. Temperaturas promedio máximas, medias mínimas y precipitación acumulada durante el periodo de estudio (mayo 2015- mayo 2016).



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

4.5.1 Tasa de crecimiento

La tasa de crecimiento (TC) de la pradera varió en las diferentes estaciones del año ($P < 0.05$) como se presenta en el cuadro 1. En primavera se alcanzó la máxima TC promedio de todos los tratamientos con $41.5 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$, que representa 49 % y en invierno la menor TC ($9 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$) equivalente a 12 % del total. En verano y otoño el crecimiento fue de 21.3 y $11.3 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ respectivamente, en porcentaje corresponde 25, 14 %, respectivamente. Todos los tratamientos mostraron diferencias en TC ($P < 0.05$) entre estaciones del año. Estos resultados coinciden con algunos autores como McKenzie *et al.* (1999), Matthew *et al.* (2001), Lemaire (2001), Daly *et al.* (1996) quienes han señalado que la tasa de crecimiento de las plantas forrajeras, es más muy sensible a la temperatura ambiental, porque la temperatura actúa inmediatamente en la aparición y expansión de la lámina foliar, aparición y muerte de tallos y estolones, así como, en el crecimiento de las raíces, por ende las plantas forrajeras logran su mayor tasa de crecimiento y mayores rendimientos en primavera-verano, cuando se encuentran en sus rangos óptimos de temperatura.

En verano no hubo diferencia significativas entre los tratamientos ($P > 0.05$), aunque la mayor TC la presentó la asociación 40-40-20 de O-BP-TB con $23 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ y la menor TC se obtuvo en las asociaciones 00-50-00 y 50-00-50 de O- BP-TB $16 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$, en ambas (Cuadro 1).

En otoño la TC vario de 9 kg MS ha⁻¹ d⁻¹ para la asociación 00-50-50 a 13 kg MS ha⁻¹ d⁻¹ para las asociación 40-20-40 y 50-00-50 de O-BP-TB (P > 0.05). El monocultivo (100-00-00) presento una TC intermedia (P > 0.05) de 12 kg MS ha⁻¹ d⁻¹. En invierno no hubo deferencias (P > 0.05) entre los tratamientos; la mayor TC la mostró la asociación 50-00-50 con 12 kg MS ha⁻¹ d⁻¹, mientras que los tratamientos 00-50-50 y 20-70-10 de O-BP-TB presentaron los valores más bajos con 8 kg MS ha⁻¹ d⁻¹. Algunos autores han mencionado que las temperaturas bajas, aún en periodos cortos, disminuyen el crecimiento de los pastos, por lo que se pueden presentar tasas de acumulación de forraje muy bajas (Hernández-Garay *et al.*, 1997).

Para primavera la TC aumentó respecto a las demás estaciones (P < 0.05), esto se debe a que, en primavera-verano se registraron las condiciones ambientales favorables como temperatura elevada (Figura 1), que permitieron a las especies forrajeras manifestar su máximo potencial productivo (Walter *et al.*, 2009).

La asociación 50-00-50 de O-BP-TB al igual que en otoño e invierno se mantuvo con la mayor TC, respecto a los demás tratamientos, en primavera alcanzo 45 kg MS ha⁻¹ d⁻¹, y la asociación 00-50-50 mostro el valor más bajo para esta estación con 29 kg MS ha⁻¹ d⁻¹; este tratamiento se mantuvo durante todo el año con los valores más bajos, debido a que no incluía oville y el ballico que inicialmente se sembró ya no existía debido a la falta de persistencia.

Cuadro 1. Tasa de crecimiento del cultivo (kg MS ha⁻¹ d⁻¹) promedio estacional y anual de siete asociaciones y un monocultivo.

Asociación O-BP-TB	Estación del año				EEM	SIG.	PROM
	Verano	Otoño	Invierno	Primavera			
20-40-40	21B	10C	9C	42A	3	*	21
00-50-50	16B	9C	8C	29A	2	*	16
40-20-40	22B	13C	10C	37A	2	*	21
50-00-50	16B	13B	12B	45A	4	*	22
20-70-10	20B	10C	8C	38A	2	*	19
70-20-10	22B	11C	11C	38A	2	*	21
100-00-00	17B	12B	10B	43A	3	*	21
40-40-20	23B	11B	10B	41A	4	*	21
Sig.	NS	NS	NS	NS			NS
PROM	21.3 B	11.3 C	9.0 C	41.5 A			
%	25	14	12	49			

Diferente literal mayúscula, en la misma hilera, indican diferencias significativas entre estaciones del año para cada asociación ($P < 0.05$). Diferente literal minúscula, en la misma columna, indican diferencias significativas entre asociaciones ($P < 0.05$) TB= Trébol blanco, O= Ovillo, BP= Ballico perenne, EEM= Error estándar de la media, Sig.= Significancia, $*(P < 0.05)$, Prom.= Promedio.

4.5.2 Densidad de plantas de pasto ovillo

La densidad de plantas de pasto ovillo no mostró diferencias estadísticas durante el experimento (Cuadro 2). En general conforme avanzó el periodo experimental, la densidad de plantas fue disminuyendo. El tratamiento que mostró la mayor densidad de plantas fue 50-00-50 de O-BP-TB con 20.4 iniciales y terminó con 17.5 plantas por m² ($P > 0.05$), mayor al monocultivo de ovillo que tenía 20 al inicio del experimento y al finalizar solo había 15.3 plantas por m² ($P > 0.05$).

Cuadro 2. Densidad de plantas (plantas m²) promedio estacional y anual de siete asociaciones y un monocultivo

Asociaciones O-BP-TB	Estaciones del Año				EEM	Sig.	Promedio
	Verano	Otoño	Invierno	Primavera			
Ovillo (plantas m ²)							
20-40-40	9.5B	11.5 AB	12.8 A	11AB	0.5	*	11.2
00-50-50	--	--	--	--	--	--	--
40-20-40	14.9B	17.1AB	18.1A	15.8AB	0.7	*	16.5
50-00-50	17.5	19.13	20.4	18	2.2	SN	18.8
20-70-10	12.1	14.3	14.4	13	1.4	SN	13.5
70-20-10	16.4	19.3	19.9	10.5	2.0	SN	16.5
100-00-00	15.3	18.4	20.0	16.8	1.8	SN	17.6
40-40-20	14.6	15.5	17.2	16	1.6	NS	15.8
Trébol blanco (plantas m ²)							
20-40-40	18.6	19.9	21.1	19.16	1.5	SN	19.9
00-50-50	19.5	20.5	21.9	20	1.8	SN	20.5
40-20-40	14.4	15.7	16.4	15.1	4.1	SN	15.4
50-00-50	18.2	18.7	19.3	18.6	0.3	SN	18.7
20-70-10	14.3	15	15.5	14.8	0.7	SN	14.9
70-20-10	18.7	20.3	21.4	19.3	1.7	SN	19.9
100-00-00	--	--	--	--	--	--	--
40-40-20	12.2	13.5	14.4	13.1	1.0	SN	13.3

Diferente literal mayúscula, en la misma hilera, indican diferencias significativas entre estaciones del año para cada asociación (P<0.05). TB= Trébol blanco, O= Ovillo, BP= Ballico perenne, EEM= Error estándar de la media, Sig.= Significancia, *(P<0.05).

Esto se puede deber a que en la asociación, el trébol le apporto nitrógeno a la gramínea por lo cual su persistencia aumenta al tener menos estrés por nutrientes.

Las menores densidades de plantas de ovillo se presentaron en las asociaciones que al momento de la siembra contenían menor porcentaje de semilla de pasto ovillo (Cuadro 2). En la asociación 20-40-40 de O-BP-TB la densidad inicial de plantas en verano fue de 12.8 para terminar con 9.5 plantas por m² (P < 0.05), dando un promedio de 11.2 plantas m². La otra asociación que tuvo menos plantas de pasto ovillo fue para 20-70-10 de O-BP-TB, que en verano mostro un promedio de 14.4 y

termino en primavera con 12.1 plantas por m² ($P > 0.05$), promediando 13.5 a través del año.

En general, el trébol blanco también tendió a disminuir conforme avanzó el periodo experimental (Cuadro 2). En todos las asociaciones las plantas de trébol blanco disminuyeron ($P > 0.05$); la asociación que presentó mayor cantidad de plantas fue la 00-50-50 de O-BP-TB con 29.9 en verano 2017 para terminar en primavera 2016 con 19.5 m² ($P > 0.05$), promediando 20.5 a través del año. La otra asociación que contenía el 50 % de trébol blanco al inicio (50-00-50 de O-BP-TB) tuvo una densidad de plantas promedio a través del año de 18.7 m². Cuando se inició el experimento esta asociación (50-00-50 de O-BP-TB), en verano tenía una densidad de plantas de 19.3 pero al termino en primavera había 18.2 plantas m² ($P > 0.05$). Las asociaciones que presentaron menos plantas de trébol fueron la 40-40-20 y la 20-70-10 de O-BP-TB con 13.3 y 14.9 plantas m² en promedio a través del año. En general, la perdida de plantas a través del año que duró el estudio fue de una planta, esto demuestra su excelente tolerancia al pastoreo del trébol blanco por su hábito de crecimiento, plasticidad y capacidad de fijar nitrógeno (Tallec *et al.*, 2008) que permiten un rebrote vigoroso lo que se traduce en una buena persistencia.

Con respecto al ballico perenne ya no se encontraron plantas. Debido a su corta persistencia comparada con el ovillo y el trébol blanco. La disminución en número de plantas de ballico perenne se pudo deber al efecto de competencia inter específica entre plantas de las especies presentes en la asociación, así como, a la competencia con la maleza presente en determinada época del año por luz y

nutrimentos del suelo (McKenzie *et al.*, 1999). Así como a la poca tolerancia a las altas temperaturas registradas durante primavera-verano (Figura 1).

4.5.3 Altura del forraje

La altura del forraje medida con el plato (Cuadro 3) varió de acuerdo a la estación del año ($P < 0.05$); en primavera se presentaron los valores más altos con un promedio para todos los tratamientos de 11.4 cm, fluctuando entre 13 y 10 cm para las asociaciones 70-20-10 y 20-40-40 de O-BP-TB, respectivamente. En verano el promedio estacional de todas las asociaciones fue de 8.9 cm, para otoño 7.8 cm y en invierno 6.5 cm. En esta estación los valores de altura fluctuaron entre 6 cm para el monocultivo y las asociaciones 20-40-40, 20-70-10 y 70-20-10 de O- BP-TB y 7 cm ($P < 0.05$) para las asociaciones 50-00-50 y 40-40-20 40-20-40 de O- BP-TB ($P > 0.05$). Estas bajas alturas pueden deberse a que en invierno se tuvieron temperaturas cercanas a 0 °C (Figura 1), ya que autores como McKenzie *et al.* (1999) mencionan que de los elementos del clima las temperaturas son las más importantes en el crecimiento y desarrollo del forraje. Los únicos tratamientos que presentaron diferencias significativas de alturas entre las estaciones ($P < 0.05$) fueron el 00-50-50 de O-BP-TB; en primavera presentó la mayor altura con 12 cm, en verano 8, otoño 10 e invierno 7 cm. El monocultivo registró un promedio anual de 8 cm, pero la variación entre las estaciones se presentó de la siguiente manera: 16 cm en verano, otoño 7.8, invierno 6.5 y en primavera 11.4 cm ($P < 0.05$). Estos datos coinciden con los reportados por Castro *et al.* (2012) quienes trabajaron con

ballico perenne, ovillo y trébol blanco reportaron que independientemente de la asociación la menor altura se registró en invierno con 11 cm.

Cuadro 3. Promedios estacionales de altura del dosel vegetal con el método del plato y la regla, por estación del año de siete asaciones y un monocultivo.

Asociación	Estaciones del Año				EEM	Sig	Prom
	Verano	Otoño	Invierno	Primavera			
O-BP-TB							
			Plato (cm)				
20-40-40	9	8	6	10	1.1	NS	8
00-50-50	8ab	10ab	7b	11a	0.8	*	9
40-20-40	9	8	7	12	1.2	NS	9
50-00-50	9	9	7	12	1.6	NS	9
20-70-10	9	9	6	11	1.2	NS	9
70-20-10	10 ab	9 ab	6 b	13 a	1.3	*	9
100-00-00	8 ab	7 ab	6 b	0	0.9	*	8
40-40-20	9	9	7	12	1.6	NS	9
EEM	1.0	1.8	1.1	0.9			
Sig.	NS	NS	NS	NS			NS
Prom	8.9 AB	7.8 AB	6.5 B	11.4 A			
			Regla (cm)				
20-40-40	23a	17ab	9 b	22 a	1.7	*	18
00-50-50	19	19	11 b	21 a	1.1	*	17
40-20-40	24 a	18ab	11b	23 a	2.1	*	19
50-00-50	22a	19ab	10b	25 a	2.1	*	19
20-70-10	25 a	21ab	11b	22 ab	2.6	*	20
70-20-10	23a	19a	9b	26 a	1.9	*	19
100-00-00	22a	16ab	9b	23 a	1.9	*	17
40-40-20	24a	19ab	10b	24 a	2.3	*	19
EEM	2.4	2.3	1.6	1.7			
Sig.	NS	NS	NS	NS			NS
Prom	22.7a	18.5ab	10.1b	23.1a		*	

Diferente literal mayúscula, en la misma columna, indican diferencias significativas entre tratamientos ($P<0.05$). Diferente literal minúscula, en la misma hilera, indican diferencias significativas estaciones del año para cada asociación ($P<0.05$). O= Ovillo, BP= Ballico perenne, TB= Trébol blanco. EEM= Error estándar de la media, Sig.= Significancia, $*(P<0.05)$, Prom.= Promedio.

La altura con regla (Cuadro 3) en promedio fue mayor a la registrada con el plato.

Las asociaciones mostraron diferencias estadísticas entre estaciones del año

($P < 0.05$); se observó la misma tendencia que con el plato, alturas promedio para todas las asociaciones de 22.7, 18.5, 10.1 y 23.1 cm para verano, otoño, invierno y primavera, respectivamente. En otoño la mayor altura promedio con la regla la registro la asociación 20-70-10 de O-BP-TB con 21 cm, y la menor la presentó el monocultivo con 16 cm. En verano la mayor altura la presentó la asociación 20-70-10 con 25 cm y la menor la mostró la asociación 00-50-50 de O-BP-TB con 19 cm. En invierno la mayor altura se registró en las asociaciones 00-50-50, 40-20-40 y 20-70-10 de O-BP-TB con 11 cm y las asociaciones 20-40-40, 70-20-10 y 100-00-00 de O-BP-TB mostraron la menor con 9 cm ($P > 0.05$).

En primavera no se observaron diferencias entre las asociaciones ($P > 0.05$), aunque la altura mayor la registró la asociación 70-20-10 con 25 cm, la asociación 00-50-50 de O-BP-TB presentó la menor con 21.2 cm mientras que el monocultivo tuvo una altura de 23 cm ($P > 0.05$). Resultados similares encontraron otros investigadores Camacho y García (2003), al evaluar cuatro variedades de alfalfa, asociadas con Trébol blanco, Ballico perenne, Festuca alta y pasto Ovillo y consignaron que la estación del año afectó significativamente ($P < 0.01$) la altura de la pradera, registrándose la máxima en verano (54 cm) y la más baja en invierno (33 cm). Así mismo, Flores *et al.* (2015) concluyeron que la altura promedio de las praderas fue afectada significativamente por la estación del año, encontró y que la mayor altura de planta promedio se registró en verano (38 cm), y durante la época invernal, se presentó la menor altura promedio en todos los tratamientos. En tanto, que la mayor altura, la registró la asociación 20-70-10 en verano con 42 cm y la menor altura en todas las estaciones del año la obtuvo la asociación 70-20-10 de O-BP-TB.

4.6 CONCLUSIONES

La asociación que presentó los mejores atributos productivos como mayor tasa de crecimiento y densidad de plantas a través del año fue 50-00-50 de Ovillo, Ballico perenne y Trébol blanco.

El trébol blanco mantuvo su persistencia a través del tiempo y fue mejor conforme el porcentaje de semilla al momento de la siembra en la asociación fue mayor.

Existió una relación directa entre la altura y la tasa de crecimiento del cultivo, conforme se incrementó la altura el rendimiento de forraje en todas las asociaciones fue mayor.

4.7 LITERATURA CITADA

- Améndola, M.R. 2008. Uso de la suplementación en pastoreo intensivo de ovinos sobre praderas templadas. Serie: Forrajes Y Pastizales. Fortalecimiento Del Sistema Producto Ovinos. En Tecnologías para Ovinocultores Sistema Producto Ovinos disponible en: <http://www.uno.org.mx/sistema/pdf/forrajesypastizales/usodelasuplementacionenpastoreo.pdf>
- Brazendale, J.R., Bryant, J.R., Lambert, M.G., Holmes, C.W., Fraser, T.J. 2011. Pasture persistence: how much is it worth? NZGA Pasture Persistence Symposium. Grassland Research and Practice Series 13: 3-6
- Bryan, W., E.C. Prigge, M. Lasat, T. Pasha, D.,|. Flaherty and f. Lozier. 2000. Productivity of Kentucky Bluegrass pasture grazed at three heights and two intensities. Agron. J. 92:30-35.
- Camacho, G. J. L. y García, M. J. G. (2003). Producción y calidad del forraje de cuatro variedades de alfalfa asociadas con trébol blanco, ballico perenne, festuca alta y pasto ovilla. Veterinaria de México. 34 (2) 151-177
- 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.
- Chaudhry, A.S. (2008). Forage based animal production systems and sustainability, an invited keynote. Revista Brasileira De Zootecnia, 37: 78-84.

- Daly, M. J., Hunter, R. M., Green, G. N., Hunt, L. 1996. A comparison of multi-species pasture with ryegrass-white clover pastures under dry land conditions. Proceeding New Zealand Grassland Association. 58:53-58.
- 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 Köppen. 4ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 217 p.
- 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.
- Kelly S., Smith E. 2010. Pasture renewal in the Waikato and Bay of Plenty regions. Report prepared for DairyNZ. AgResearch, Hamilton, New Zealand. September 2010.
- Lemaire, G. 2001. Ecophysiology of grasslands Aspects of forage plant populations in grazed swards. Proc XIX International Grassland Congress. Brazilian Society of Animal Husbandry Sociedade Brasileira de Zootecnia. Sao Pedro, San Paulo. Brasil. Pag. 29-37.
- Matthew, C. G., Val Loo, E. N., Tom E. R., Dawson, L. A., y Care, D. A. 2001. Understanding shoot and root development. Proc. XIX International Grassland Congress. Sao Paulo, Brasil. pp:19-27.

- McKenzie, B. A., Kemp P. D., Moot D. J., Matthew, C. y Lucas, R. J. (1999). Environmental effects on plant growth and development. In: White J, Hodgson J editors. New Zealand Pasture Crop Sci. 29-44 p.
- Ortíz, S. C. (1997) Colección de Monolitos. Depto. Génesis de suelos. Edafología. IRENAT. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 17p
- Rochon, J.J., C.J. Doyle, J.M. Greef, A. Hopkins, G. Molle, M. Sitzia, D. Scholefield, and C.J. Smith. 2004. Grazing legumes in Europe: A review of their status, management, benefits, research needs and future prospects. Grass Forage Sci.59:197–214. doi:10.1111/j.1365-2494.2004.00423.x
- SAS, Institute. 2009. SAS/STAT® 9.2. Use´s Guide Release.Cary, NC: SAS Institute Inc. USA
- Spehn, E.M., M. Scherer-Lorenzen, B. Schmid, A. Hector, M.C. Caldeira, P.G. Dimitrakopoulos, J.A. Finn, A. Jumpponen, G. O'Donovan, J.S. Pereira, E.-D. Schulze, A.Y. Troumbis, and C. Körner. 2002. The role of legumes as a component of biodiversity in a cross-European study of grassland biomass nitrogen. Oikos. 98:205–218.
- Steel, R. G., Torrie, R. J. L. (1988). Bioestadística: Principios y procedimientos. 2ª edición. Mc Graw – Hill. México. 622 p.
- 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.

- Walter A., Silk W. K., Schurr U. 2009. Environmental Effects on Spatial and Temporal Patterns of Leaf and Root Growth. *Annual Review of Plant Biology* 60: 279–304.