

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

EVALUACIÓN INVERNO-PRIMAVERAL DE LAS CURVAS DE CRECIMIENTO
DE DIFERENTES MEZCLAS FORRAJERAS PERENNES

por

Robinson Mario MIERES GARCÍA
Juan Martín MOREIRA EGUREN

TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo.

MONTEVIDEO
URUGUAY
2018

Tesis aprobada por:

Director: -----
Ing. Agr. MSc. Ramiro Zanoniani

Ing. Agr. PhD. Pablo Boggiano

Ing. Agr. Felipe Casalás

Fecha: 12 de julio de 2018

Autores: -----
Robinson Mario Mieres García

Juan Martín Moreira Eguren

AGRADECIMIENTOS

Especialmente agradecemos a nuestras familias y amigos, por el apoyo brindado a lo largo de nuestra carrera.

A nuestro tutor de tesis Ing. Agr. MSc. Ramiro Zanoniani, por la guía brindada y por la disposición permanente a lo largo de la elaboración de este trabajo.

A la Facultad de Agronomía por la oportunidad de realizar la carrera.

A Sully Toledo por su guía en los aspectos formales del trabajo.

A todos los que hicieron posible la elaboración de este trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES COMPONENTES DE LAS MEZCLAS.....	3
2.1.1. <u>Dactylis glomerata</u>	3
2.1.2. <u>Lotus corniculatus</u>	5
2.1.3. <u>Festuca arundinacea</u>	6
2.1.4. <u>Medicago sativa</u>	8
2.1.5. <u>Trifolium repens</u>	10
2.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS CULTIVARES COMPONENTES DE LAS MEZCLAS.....	12
2.2.1. <u>Dactylis glomerata</u>	12
2.2.2. <u>Festuca arundinacea</u>	13
2.2.3. <u>Lotus corniculatus</u>	14
2.2.4. <u>Medicago sativa</u>	15
2.2.5. <u>Trifolium repens</u>	16
2.3. DINÁMICA DEL CRECIMIENTO.....	17
2.3.1. <u>Gramíneas</u>	18
2.3.2. <u>Leguminosas</u>	22
2.3.2.1. Tasas de crecimiento diario.....	23
2.3.2.2. Producción de forraje anual y estacional.....	25
2.3.2.3. Tasas de crecimiento y producciones máximas y mínimas.....	25
2.4. UTILIZACIÓN DE LA RADIACIÓN EN PRESENCIA DE FACTORES LIMITANTES.....	26
2.5. MEZCLAS FORRAJERAS.....	26
2.5.1. <u>Tipos de mezclas</u>	27
2.5.2. <u>Persistencia de las mezclas</u>	30
2.5.3. <u>Factores que inciden en la persistencia de las pasturas</u>	30
2.5.3.1. Factores abióticos.....	30

2.5.3.2. Factores bióticos.....	31
2.6. EFECTOS DEL PASTOREO.....	33
2.6.1. <u>Parámetros que definen el pastoreo</u>	34
2.6.1.1. Intensidad.....	34
2.6.1.2. Frecuencia.....	35
2.6.2. <u>Efecto del pastoreo sobre las especies que componen la mezcla y su producción</u>	36
2.6.2.1. Efecto sobre la fisiología de las plantas.....	37
2.6.2.2. Efecto sobre el rebrote.....	37
2.6.2.3. Efecto sobre las raíces.....	39
2.6.2.4. Efecto sobre la utilización del forraje.....	39
2.6.2.5. Efecto sobre la calidad.....	40
2.6.2.6. Efecto sobre la composición botánica.....	41
2.6.2.7. Efecto sobre la persistencia.....	42
2.6.3. <u>Efecto del pastoreo sobre el desempeño animal</u>	43
2.7. DATOS DE PRODUCCIÓN DE FORRAJE EN TRABAJOS ANTERIORES.....	44
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	46
3.1. <u>CONDICIONES EXPERIMENTALES</u>	46
3.1.1. <u>Lugar y período experimental</u>	46
3.1.2. <u>Descripción del sitio experimental</u>	46
3.1.3. <u>Antecedentes del área experimental</u>	46
3.1.4. <u>Tratamientos</u>	47
3.1.5. <u>Diseño experimental</u>	47
3.2. <u>METODOLOGÍA EXPERIMENTAL</u>	48
3.2.1. <u>VARIABLES ANALIZADAS</u>	48
3.2.1.1. Datos meteorológicos.....	49
3.2.1.2. Composición botánica gravimétrica.....	49
3.2.1.3. Relación lámina/vaina.....	50
3.2.1.4. Enmalezamiento como porcentaje de la materia verde.....	50
3.2.1.5. Restos secos como el porcentaje del total.....	50
3.2.1.6. Forraje total disponible.....	50
3.2.1.7. Forraje total remanente.....	50
3.2.1.8. Altura de forraje.....	50
3.2.1.9. Tasa de crecimiento.....	50
3.2.1.10. Producción de materia seca por estación.....	52
3.2.1.11. Relación de altura con disponibilidad de materia seca.....	52

3.3. HIPÓTESIS.....	52
3.3.1. <u>Hipótesis biológica</u>	52
3.3.2. <u>Hipótesis estadística</u>	52
3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	52
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	54
4.1. DATOS METEOROLÓGICOS.....	54
4.2. EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA.....	57
4.2.1. <u>Tasa de crecimiento</u>	57
4.2.2. <u>Tasa de crecimiento diaria a partir de forraje disponible</u>	57
4.2.3. <u>Tasa de crecimiento total de invierno</u>	64
4.2.4. <u>Curvas de crecimiento</u>	65
4.2.5. <u>Producción de materia seca total por estación</u>	69
4.3. DISPONIBILIDAD DE MATERIA SECA.....	70
4.3.1. <u>Forraje disponible total</u>	70
4.3.2. <u>Altura</u>	74
4.3.3. <u>Relación de altura con disponibilidad de materia seca</u> ...	75
4.4. COMPOSICIÓN BOTÁNICA GRAVIMÉTRICA.....	81
4.4.1. <u>Gramínea</u>	81
4.4.1.1. Subcomponentes.....	82
4.4.1.2. Relación lámina/vaina.....	85
4.4.2. <u>Leguminosa</u>	86
4.4.2.1. Subcomponentes.....	90
4.4.3. <u>Restos secos</u>	95
4.4.4. <u>Maleza</u>	96
4.4.5. <u>Comparaciones</u>	98
4.5. CONSIDERACIONES FINALES.....	101
5. <u>CONCLUSIONES</u>	102
6. <u>RESUMEN</u>	103
7. <u>SUMMARY</u>	105
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	106
9. <u>ANEXOS</u>	117

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Tasas de crecimiento estacional y promedio.....	63
2. Producción de forraje por estación y total.....	69
3. Forraje disponible promedio (invierno-primavera) según mezcla.....	71
4. Forraje disponible promedio de las mezclas según fecha de muestreo.....	73
5. Altura según mezcla.....	75
6. Medias del subcomponente lámina según fecha de muestreo..	84
7. Relación lámina/vaina según fecha.....	86
8. Porcentaje de la materia verde.....	98
9. Comparación entre mezclas y entre estaciones.....	99
Figura No.	
1. Disposición de los bloques y tratamientos del diseño experimental.....	48
2. Comparación mensual de precipitaciones entre el año 2016 y la serie histórica 2002-2014.....	55
3. Comparación mensual del promedio de temperaturas para el año 2016 y la serie histórica 2002-2014.....	56
4. Tasa de crecimiento diaria promedio (invierno-primavera) según mezcla.....	59
5. Interacción estación*mezcla.....	60
6. Tasa de crecimiento total de invierno según mezcla.....	64

7. Mezcla compuesta por festuca cultivar Brava, trébol blanco y lotus.....	65
8. Mezcla compuesta por alfalfa y dactilis.....	66
9. Mezcla compuesta por festuca cultivar Tacuabé, trébol blanco y lotus.....	67
10. Mezcla compuesta por festuca cultivar Tuscany, trébol blanco y lotus.....	68
11. Disponibilidad de forraje según estación como promedio de todas las mezclas.....	72
12. Altura promedio de todas las mezclas según estación.....	74
13. Relación altura disponibilidad de materia seca durante la estación de invierno para festuca Brava y Tacuabé.....	77
14. Relación altura disponibilidad de materia seca durante la estación de invierno para las mezclas de festuca Tuscany y dactilis-alfalfa.....	78
15. Relación altura disponibilidad de materia seca durante la estación de primavera para festuca Brava y Tacuabé.....	79
16. Relación altura disponibilidad de materia seca durante la estación de primavera para las mezclas de festuca Tuscany y dactilis-alfalfa.....	80
17. Disponibilidad del componente gramínea según estación como promedio de todas las mezclas.....	81
18. Disponibilidad de lámina como promedio de todas las mezclas según estación.....	83
19. Relación lámina/vaina según estación como promedio de todos los muestreos.....	85
20. Disponibilidad del componente leguminosa según mezcla como promedio de todos los muestreos.....	87

21. Interacción mezcla*estación del componente leguminosa.....	89
22. Disponibilidad del subcomponente folíolo según mezcla.....	91
23. Interacción estación*mezcla del subcomponente folíolo.....	92
24. Disponibilidad del subcomponente pecíolo según mezcla.....	93
25. Interacción estación*mezcla del subcomponente pecíolo.....	94
26. Disponibilidad de restos secos según mezcla como promedio de los dos períodos de muestreos.....	95
27. Disponibilidad de malezas según mezcla como promedio de los dos períodos de muestreos	97

1. INTRODUCCIÓN

El sector agropecuario en el Uruguay ocupa el segundo lugar en importancia después del sector agroindustrial desde el punto de vista económico, representando en promedio 7,2% del PBI total entre 2009 y 2016. Dentro del mismo, al subsector pecuario le corresponde el 45% y al subsector agrícola 49,5% del PBI agropecuario total. Por otro lado, la superficie ocupada de praderas para el año 2016 sumando el rubro ganadero, agrícola-ganadero y lechero fue de 1.141.400 ha (MGAP. DIEA, 2017).

Desde el siglo XX a la actualidad el sector agropecuario uruguayo ha transcurrido por muchas etapas. Antes del siglo XXI la producción agropecuaria se caracterizaba por la predominancia del rubro ganadero y este desarrollado principalmente sobre la base pastoril de campo natural. Posteriormente tomaron importancia otros rubros como la agricultura y forestación lo que generó competencia por el uso de la tierra, desplazando a la ganadería hacia campos más marginales. Bajo este escenario los productores ganaderos se vieron obligados a ser más intensivos en su producción, tratando de aumentar su resultado físico para así mejorar su resultado económico.

El medio para lograr estos resultados es aumentando la oferta de alimento a nivel de cantidad y calidad, siendo el uso de pasturas sembradas una de las opciones más rentables para alcanzar este fin. Según Carámbula (2002a) hay un abanico de variantes a manejar dentro del uso de pasturas sembradas como son, utilizarlas puras, gramíneas o leguminosas o pasturas mixtas, la duración de la mezcla según las especies elegidas, estación de producción de la o las especies. Bajo estas variantes anteriores es muy común en nuestros sistemas pastoriles el uso de mezclas forrajeras, las cuales pueden ser ultrasimples, simples o complejas en donde siempre se buscan los objetivos de lograr una buena producción, aprovechamiento de la misma y duración de la pastura.

Cabe destacar que si bien las especies utilizadas se adaptan muy bien a las condiciones ecológicas de la región, presentan diversas características que limitan su buen comportamiento, como problemas de implantación, enmalezamiento, persistencia y estabilidad, entre otras. Para superar estas limitantes es importante, a partir del conocimiento de las características de la mezcla, llevar a cabo un adecuado manejo y control en todo el ciclo productivo. La producción de forraje mediante pasturas mixtas, tiene como objetivo obtener los máximos rendimientos de materia seca por hectárea, explotando a su vez en forma eficiente los beneficios que presentan las gramíneas y las leguminosas para la producción animal. Las gramíneas y leguminosas sembradas por sí solas no proveen una buena pastura, por lo que las mezclas

de ambas se complementan de manera más productiva y rentable. Las gramíneas entre otras características aportan productividad sostenida por muchos años, estabilidad en la pastura, baja sensibilidad al pastoreo, baja susceptibilidad a enfermedades y plagas y baja vulnerabilidad a la invasión de malezas. Por otro lado las leguminosas, aportan: nitrógeno a las gramíneas, poseen alto valor nutritivo para completar la dieta animal, y son promotoras de fertilidad en suelos naturalmente pobres, así como degradados por un mal manejo (Carámbula, 2002a).

El objetivo de este trabajo es evaluar la producción invierno-primaveral de cuatro mezclas forrajeras, la composición botánica gravimétrica de las mismas, la tasa de crecimiento promedio, y la tasa de crecimiento acumulada, en su tercer año de vida. Las mezclas están compuestas por:

- *Dactylis glomerata* cv. INIA Perseo y *Medicago sativa* cv. Chaná.
- *Festuca arundinacea* cv. Tacuabé, *Trifolium repens* cv. Zapicán y *Lotus corniculatus* cv. San Gabriel.
- *Festuca arundinacea* cv. Tuscany II, *Trifolium repens* cv. Zapicán y *Lotus corniculatus* cv. San Gabriel.
- *Festuca arundinacea* cv. Brava, *Trifolium repens* cv. Zapicán y *Lotus corniculatus* cv. San Gabriel.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES COMPONENTES DE LAS MEZCLAS

2.1.1. Dactylis glomerata

Es una gramínea de hábito de vida perenne, ciclo productivo invernal, hábito de crecimiento cespitoso, con macollos achatados intravaginales, lígula blanca, sin aurículas, con hojas y vainas glabras, y lámina navicular (García, 1995a). Caracterizada por formar matas individuales, no produce rizomas ni estolones, otorgándole un bajo poder agresivo (Carámbula, 2002a). Las hojas son de color verde azulado, presentan una nervadura central (Langer, 1981).

Según Langer (1981), el “pasto azul” es una valiosa gramínea forrajera, que se adapta bien a suelos con bajo contenido de humedad y con fertilidad moderada.

Presenta un buen establecimiento en suelos ácidos, un buen crecimiento en suelos livianos de fertilidad mediana, pero se desarrolla mejor en suelos francos de buena fertilidad. Tiene una mayor implantación que la festuca (Carámbula, 2002a). Langer (1981) destaca la capacidad de tolerar condiciones de sequía durante la germinación y en la etapa de plántula.

Se destaca por su tolerancia a la sombra, lo cual le permite desarrollarse bien en siembras asociadas con cereales (Carámbula, 2002a).

García (2003) menciona, además, que presenta un buen crecimiento estival debido a su capacidad de tolerar la sequía. Gracias a este comportamiento durante el verano, las praderas con dactilis presentan un menor engramillamiento.

Esta especie a diferencia de *Festuca arundinacea* y *Lolium perenne* (raigrás) tiene mayor producción de forraje en el período de primavera-verano. A su vez, presenta como característica diferencial su hábito de crecimiento más erecto, que hace que tenga mejor comportamiento en mezclas con otras especies de tipo erecto, por ejemplo con alfalfa o trébol rojo. En esas situaciones resulta una opción muy interesante desde el punto de vista del manejo del pastoreo, por su buen aporte de fibra, reducción del meteorismo y la mejora del piso.¹

¹ Zanoniani, R. 2010. Com. personal.

Es una de las gramíneas perennes más resistente a las altas temperaturas y al estrés hídrico, por lo que en primavera deja de producir mucho más tarde, y empieza a producir mucho más temprano en el otoño. Eso implica que en las condiciones que se dan al norte del río Negro, las mezclas que tienen dactilis como componente perenne, cuando son bien manejadas, terminan siendo más productivas y en definitiva van a ser más longevas porque tienen mucho mejor comportamiento de competencia frente a las malezas.²

Una de las características más importante que la diferencia del resto es su buena resistencia a la sequía. En lo que respecta a las gramíneas perennes invernales, el dactilis es de las que mejor utiliza el agua durante el verano. Esta gramínea posee un sistema radicular muy superficial, pero tolera períodos cortos de sequía. Antes y durante el verano deberá manejarse de tal forma que se promueva una buena producción de raíces y el mantenimiento de áreas foliares adecuadas. Tiene buena capacidad para sembrarse (García, 1995a), aunque en condiciones de campo es muy difícil lograr resiembra o encontrar plantas sembradas.³

Las sustancias de reserva de esta especie se encuentran en las bases de las macollas y en las vainas de las hojas, a diferencia de falaris (*Phalaris aquatica*) y festuca. Por lo que esta forrajera acepta pastoreos más frecuentes pero no tan intensos, ya que de serlo, se consumirían directamente las sustancias de reserva, pudiendo resultar fatal para la persistencia (Carámbula, 2002a). Ayala et al. (2010), proponen que durante el otoño se debe permitir un crecimiento que asegure una buena acumulación de reservas. En primavera, durante la encañazón, se deben evitar los manejos aliviados, ya que se forman matas endurecidas. García (1995a), comenta que debido a su hábito de crecimiento cespitoso es necesario realizar dicho manejo rotativo con el fin de lograr su máximo potencial productivo.

Incluida en una pastura mezcla el manejo durante todo el año, debe presentar una frecuencia de 18 cm e intensidad 7 cm. Este manejo registra los mayores rendimientos anuales de la pastura (Brougham, citado por Langer, 1981). Según Formoso (1993) se obtienen producciones óptimas de forraje con una frecuencia de 20-25 cm de altura y una intensidad entre 3-6 cm.

Generalmente, se utiliza ésta gramínea en mezclas con leguminosas, asociándose de buena manera con trébol rojo. A su vez, debido a su porte más erecto, a su floración tardía y al buen crecimiento que presenta en verano, se

² Silbermann, A. 2010. Com. personal.

³ Zanoniani, R. 2010. Com. personal.

destaca como la gramínea perenne que mejor se asocia con alfalfa, tanto para pastoreo como para forraje conservado (García, 1995a).

2.1.2. Lotus corniculatus

El *Lotus corniculatus* es una especie perenne, de ciclo de producción estival, adaptándose a una amplia gama de suelos, desde arenosos hasta arcillosos. Es una especie que posee bajo vigor inicial y lento establecimiento (Pereira, 2007). Presenta un hábito de crecimiento erecto a partir de corona (Zanoniani y Ducamp, 2004).

Por presentar resistencia a la sequía, alto valor nutritivo y persistencia, la hacen una especie muy recomendable para ser incluida en mezclas forrajeras. Se recomienda en suelos donde la alfalfa (*Medicago sativa*) no prospera (Formoso, 1993). Se desarrolla tanto en suelos arenosos como arcillosos, secos como húmedos, ácidos como alcalinos y hasta con poco fósforo. Sin embargo responde al agregado de fertilizantes fosfatados, aunque en menor grado que *Trifolium repens* o *Medicago sativa* (Langer, 1981). La densidad de siembra recomendada es de 4-10kg/ha en mezclas (Carámbula, 2002c).

Cabe destacar, que a diferencia de otras leguminosas, puede ser utilizada en cultivo puro, ya que no produce meteorismo. Sin embargo, generalmente es utilizada en pasturas de larga vida, en mezclas con gramíneas (Carámbula, 2002a). Según Ayala et al. (2010), todos los cultivares poseen taninos condensados, compuestos que evitan la ocurrencia de meteorismo, por lo que facilita el pastoreo y lo convierte en una forrajera ampliamente utilizada.

Según estudios realizados por Formoso (1993), la mayor tasa de crecimiento media ocurre en la estación de primavera, disminuyendo las mismas en verano. Puede suceder que durante el primer verano se den tasas de crecimiento mayores que en la primavera. En otoño-invierno las tasas de crecimiento son notoriamente inferiores a las registradas en primavera-verano.

Formoso (1993), menciona que a medida que aumenta la edad del cultivo, la distribución de oferta de forraje por estación característica y la producción de forraje disminuyen. Esto se debe a las grandes pérdidas de plantas que se pueden registrar, que pueden deberse a las lesiones a nivel de tejidos de raíz y corona, ocasionadas por diversos organismos, hongos, nematodos, entre otros (Henson, Miller et al., Seaney y Henson, Thompson y Willis, Beuselinck et al., citados por Formoso, 1993). Altier (1988), sugiere que el lotus presenta una incidencia importante de hongos que producen

enfermedades de raíz y corona, tales como *Fusarium oxysporum* y *Fusarium solani*.

Según Pereira (2007) presenta una mayor persistencia en suelos con buen drenaje versus drenaje imperfecto por ser susceptible a enfermedades causada por hongos en el sistema radicular y la corona.

Zanoniani y Ducamp (2004) afirman que es una especie muy sensible a las prácticas de manejo, ya que destacan que el área foliar remanente luego del pastoreo es nula o de muy baja calidad, debido a que durante la defoliación se retiran folíolos (hojas más nuevas), meristemos apicales y axilares, los cuales se encuentran por encima de la altura de corte. De esta manera, el rebrote de la planta depende casi exclusivamente de las reservas que tenga acumuladas. El manejo rotativo permite una mayor acumulación de reservas antes de que la planta sea pastoreada nuevamente, por lo que se lograrían mayores producciones de forraje (Formoso, 1993).

Tomando en cuenta lo dicho anteriormente, los mismos autores afirman que es una especie que se beneficia con pastoreos aliviados, con alturas de 20-25 cm antes de ser defoliado, y con remanentes no menores de 7,5 cm. A su vez los cultivares erectos deben quedar con más rastrojo que los postrados, debiendo ser los pastoreos rotativos y racionales con frecuencia de 20-25 e intensidad de 3 a 6 cm. La reinstalación de nuevas plantas y rebrotes desde la corona se ve favorecida por un manejo intenso en el otoño, haciendo que la luz alcance horizontes más profundos. Esto es fundamental para aprovechar la buena producción de semilla y la resiembra natural de la especie Zanoniani y Ducamp (2004).

2.1.3. *Festuca arundinacea*

Es una gramínea perenne de ciclo invernal; el hábito de crecimiento es cespitoso, siendo estos últimos muy cortos. Es una especie que produce mucho forraje a fines de otoño y principios de invierno, dada su precocidad otoñal, una rápida capacidad de rebrote a fines de invierno y una floración temprana en primavera (setiembre-octubre). Dentro de las gramíneas más adaptadas a las condiciones del Uruguay, festuca ocupa el primer lugar, creciendo en todo tipo de suelos, excepto en suelos arenosos con probables riesgos de déficit hídrico (Carámbula 1977, Langer 1981).

Estudios realizados por Langer (1981) muestran que la producción durante el primer año es baja, debido a que la festuca se establece con lentitud y es vulnerable a la competencia con otras especies, pero si es manejada de forma adecuada la misma puede persistir muchos años. Carámbula (2002a)

sugiere que el lento establecimiento se debería a una baja movilización de las reservas de la semilla, y en consecuencia el crecimiento lento de la raíz. Según Carámbula (2002a) las densidades óptimas de siembra recomendadas en mezcla son de 9 a 12 kg/ha, sembrado en línea a una profundidad no mayor de 2 cm.

En lo que refiere a la demanda de nutrientes, requiere un importante suministro de nitrógeno mediante fertilizante nitrogenado o por la siembra de forma consociada con leguminosas. Los niveles recomendados son de 8 a 10 ppm de P₂O₅ y 10 ppm de NO₃ en el suelo. La falta de nitrógeno provoca que las hojas se tornen amarillas, que el rebrote sea lento y que baje la apetecibilidad por los animales (Carámbula, 2002a).

La festuca admite defoliaciones intensas y con relativa frecuencia, debido a que las sustancias de reserva se encuentran en raíces y rizomas, y a su vez, el área remanente es alta luego del pastoreo (McKee et al., 1967). Un pastoreo óptimo sería con una frecuencia de 15-20 cm y una intensidad de 5-10 centímetros (Matches, citado por Slepner y Buckner, 1995). En cambio, Langer (1981), menciona que para lograr un manejo exitoso, es necesario pastorearla con una altura de 10 centímetros. Según Matches (1966), períodos prolongados de pastoreo intensivo pueden llegar a ser desfavorables para el crecimiento de la festuca. Burns, citado por Carámbula (2002a) demostró que con una fertilidad adecuada esta especie acepta defoliaciones más o menos severas siempre que previo al corte se permita crecer la pastura aproximadamente un 50% más alta que la altura del rastrojo que se piensa dejar.

Debido a la falta de latencia estival y a que no es capaz de acumular grandes volúmenes de reserva, en caso de ser manejada de con una alta intensidad de pastoreo, tanto su productividad como su persistencia pueden verse comprometidas. Por estos motivos, ciertos períodos de descanso favorecen su buen comportamiento (López et al., 1967). La persistencia de la festuca depende fundamentalmente del desarrollo de un buen sistema radicular desde fines de invierno y primavera, lo que le permite explotar volúmenes importantes de suelo en las épocas de sequía. Por otra parte se debe tener en cuenta que un manejo de pastoreo intensivo y abusivo en verano puede afectar desfavorablemente los rebrotes de otoño, atributo muy valioso de esta especie considerada gramínea perenne precoz.

Carámbula (2002a) define a la festuca como una planta esencialmente de pastoreo, que exige un manejo estricto, el cual consiste en un pastoreo intenso temprano en la primavera para inhibir la dominancia apical durante el desarrollo reproductivo y de esta manera impedir que el forraje se “endurezca”, pierda digestibilidad y apetecibilidad. Burns, citado por Carámbula (1977) determinó que el 65% del forraje se encontraba en los primeros 5 centímetros

desde el suelo, aunque este estrato es de menor digestibilidad (30%) que el estrato superior.

2.1.4. Medicago sativa

Es una leguminosa de hábito de vida perenne, de ciclo de producción estival y uno de los cultivos forrajeros más antiguos. Se destaca como “reina de las forrajeras” debido a sus numerosas bondades. Presenta altos rendimientos en cuanto a cantidad y calidad de forraje, es destacable su capacidad para producir reservas de muy buena calidad y mejora la fertilidad de los suelos (Carámbula, 1977).

En lo que respecta al pH del suelo *Medicago sativa* requiere suelos neutros, óptimo entre 6,0 y 6,5 y críticos 5,5 y 7,5. Por otro lado tiene altos requerimientos de fósforo, siendo su nivel crítico 20 a 25 ppm (método bray), y a su vez, responde entre 50 y 70 kg de MS/kg de P₂O₅ dependiendo de la cantidad utilizada, el nivel de nutriente en el suelo y el estado y edad de la pastura (Morón, 2000).

Posee una raíz pivotante que se orienta perpendicularmente, pudiendo alcanzar los 8 a 10 metros de profundidad, llegando al agua de capas más profundas. Aunque el 60-70% de la masa total de las raíces se encuentra en los primeros 15 cm de suelo (Heichel, citado por Barnes y Sheaffer, 1995). En la corona se asientan las yemas que dan origen a los tallos (Carámbula, 1977). Esta especie requiere un suelo bien drenado para presentar un buen crecimiento radicular. De sembrarse en un suelo ácido o con un subsuelo arcilloso, el sistema radicular tendería a crecer a los costados y no penetrar profundamente, afectando el vigor y la producción, dando lugar al ingreso de malezas (Langer, 1981).

El hábito de crecimiento es erecto a partir de corona (Rebuffo, 2000). Posee hojas trifoliadas, con el pecíolo central más desarrollado. La inflorescencia es en racimos axilares de hasta 15 flores de color púrpura, violáceas o amarillas y de fecundación cruzada o entomófila o también puede darse autofecundación (si hay sequedad ambiental o altas temperaturas). El fruto es una vaina espiralada cuyo tamaño y número de semillas dependen del tipo de fecundación que se dé (Carámbula, 1977).

La alfalfa concentra la mayor parte de su producción en el período primavera-estival (65 a 75%); el crecimiento estival es del entorno del 30% del total anual (Rebuffo, 2000). Estudios realizados por Carámbula (2002a), muestran que su comportamiento durante el verano es variable, donde las condiciones climáticas y la profundidad del suelo, y por ende las reservas de agua, cumplen un rol fundamental para el desempeño de esta especie.

También agrega que la producción otoñal es relativamente baja y debe ser manejada de forma cautelosa, para favorecer su supervivencia y productividad.

Presenta una capacidad de producción de forraje y persistencia superior a las restantes leguminosas. Para lograr una buena persistencia (5 o más años) y que exprese totalmente el potencial productivo, es imprescindible respetar las pautas de manejo de pastoreo que requiere y tener especial cuidado con variaciones en el mismo, ya que es muy sensible a estas (Rebuffo, 2000). La alfalfa al ser defoliada pierde los puntos de crecimiento de los tallos altos, por lo que la disponibilidad de yemas para el crecimiento de nuevos tallos es de gran importancia. El crecimiento activo de nuevos tallos comienza en la base de la planta, cuando el cultivo previo de tallos ha alcanzado un cierto estado de madurez, que coincide con la aparición de las primeras hojas jóvenes (Langer, 1981). Diversos estudios (Leach, Langer y Keoghan, citados por Langer, 1981), demostraron que las yemas situadas próximas o en la corona, son los centros de regeneración más importantes, luego de un pastoreo. Si este se produce en una etapa inmadura de crecimiento, pueden surgir nuevos tallos a partir de las axilas de las hojas que quedan. Nelson y Smith, citados por Carámbula (1977) mencionan que el rebrote a partir de las yemas de la corona sólo se podrá efectuar si mediante un manejo adecuado del cultivo, se ha permitido a la plantas que completen la formación de nuevas yemas en la misma corona. Esto sucede cuando las plantas completan su ciclo natural y llegan a florecer o cuando han acumulado un nivel alto de reservas (Carámbula, 1977).

Esta especie se adapta al pastoreo rotativo, con el cual se favorece una acumulación eficiente de reservas. La duración del período de pastoreo es más flexible que el período de descanso; con períodos de 14 días no se observan daños severos, aunque cuanto menor sea este período, más alta será la producción estacional. Pastoreos de alta intensidad temprano en la primavera reducen la producción posterior, favoreciéndose la expansión rápida de malezas (Carámbula, 2002a).

Al igual que todas las demás leguminosas, cubre la mayor parte de sus necesidades de nitrógeno mediante la fijación biológica, a través de una relación simbiótica con bacterias del género *Rhizobium*. Para asegurar una correcta nodulación, es necesaria la inoculación de la semilla con cepas específicas de mayor eficiencia fijadora. De no obtenerse una correcta nodulación, se obtienen plantas débiles, más propensas a contraer enfermedades y con una menor capacidad de competencia frente a malezas. A su vez puede ocasionar una reducción del rendimiento durante su primer año de vida (Rebuffo, 2000).

2.1.5. *Trifolium repens*

El trébol blanco es una leguminosa perenne, presenta ciclo de producción invernal y hábito de crecimiento estolonífero. Se adapta a suelos medianamente profundos, fértiles y húmedos, no tolera déficits hídricos severos. Tiene buena producción de semillas y presenta muy alta digestibilidad y apetecibilidad, superior a cualquier otra leguminosa (Pristch, 1976).

Esta especie es glabra, desarrolla muchos tallos extendiéndose por la superficie del suelo, produciendo raíces adventicias en cada nudo (Langer, 1981). En los estolones se desarrollan hojas con estípulas membranosas; los folíolos son de forma ovalada, con una mancha blanca en la mayoría de los casos. Las inflorescencias (globulares o capítulos) contienen un elevado número (50-200) de flores blancas o rosadas. Presenta de 3 a 4 semillas por fruto de forma acorazonada (Carámbula, 1977). El sistema radicular primario se pierde luego de que la planta se establece o de la primer estación de crecimiento (Westbrooks y Tesar, citados por Olmos, 2004). Tanto la disponibilidad de agua en el suelo y el manejo, interacciona con el sistema radicular, pudiendo afectar la performance. La sobrevivencia de la planta depende del enraizamiento en los nudos, y esto de la disponibilidad de agua para el desarrollo y la penetración radicular (Bennet y Doss, citados por Olmos, 2004).

Carámbula (2002a) sugiere que es la leguminosa más utilizada en zonas con temperaturas estivales moderadas y donde la humedad del suelo no es una limitante. Sufre enormemente la falta de agua, afectando la sobrevivencia de plantas, por lo que la persistencia dependería de una buena resiembra anual.

El trébol blanco se adapta a un amplio rango de suelos, produciendo buenos rendimientos siempre y cuando se tenga suficiente humedad y cantidades adecuadas de fósforo (responde a niveles crecientes de éste nutriente). Su crecimiento se ve disminuido en suelos pobres, muy ácidos o arenosos (en estos es necesario elevar el nivel de fertilidad previo a su implantación), pero prospera de muy buena manera en suelos fértiles y arcillosos (Carámbula, 2002a).

Una de las ventajas que presenta esta especie, es que puede permanecer tanto de forma vegetativa como semilla dura, lo que le permite ocupar nichos vacíos en la pastura (Carámbula, 2002a).

En cuanto al establecimiento de la especie, este es lento en una pastura mixta, sobre todo si en la mezcla está incluida una gramínea de alto vigor inicial. Se puede ver deprimido el crecimiento y producirse una pérdida de

plantas causadas por la competencia por luz (Langer, 1981). Al ser de hábito estolonífero, el crecimiento vertical de la planta (lo aprovechable por el animal), está dado por hojas y pedúnculos florales, por lo que las defoliaciones no afectan los puntos de crecimiento, y la calidad del forraje presenta un valor nutritivo muy alto durante el ciclo de producción. Los nuevos rebrotes se producen a partir de la yema terminal de los estolones y de las yemas ubicadas en las axilas de las hojas, dando origen a nuevos estolones (Carámbula, 1977).

Carámbula (2002a) menciona que los altos rendimientos de materia seca y la gran adaptación al pastoreo intenso se deben, entre otras cosas, a su porte rastrero (meristemas contra el suelo), a un índice de área foliar bajo y a que las hojas jóvenes se ubican en el estrato inferior. Sin embargo agrega, que puede verse afectado por manejos severos y exagerados, por lo que aconseja aplicar manejos que permitan mantener un buen vigor de planta, con mayor longitud y diámetro de estolones, mayor peso individual de hojas, y mayor proporción de hojas cosechables. Un manejo correcto sería con un pastoreo rotativo o de menor frecuencia de corte, lo cual mejora la performance (Olmos, 2004). Zanoniani et al. (2006), recomiendan un manejo diferencial según la estación del año, con una frecuencia de 12 a 15 centímetros en el invierno y 18 a 20 centímetros para la primavera. La intensidad en ambos casos sería de 3 a 5 centímetros.

El trébol blanco posee un valor nutritivo elevado a lo largo de toda la estación de crecimiento, por lo que lo convierte en una de las principales especies a utilizar en las pasturas. A su vez posee una importante habilidad para fijar nitrógeno en cantidades muy apreciables, producto de la fijación simbiótica. Sin embargo durante la época de crecimiento primaveral, los riesgos por meteorismo son elevados. Éste es uno de los motivos por los cuáles no se siembra de manera pura (Carámbula, 2002a).

Según Carámbula (2002a), el trébol blanco, a partir de lo mencionado anteriormente, debería ser sembrado siempre en mezclas ultrasimples con una gramínea.

La vida productiva de esta especie en una pastura, está condicionada a un proceso eficiente de formación y enraizamiento de estolones hijos y a la aparición de plantas nuevas como consecuencia de la resiembra natural, siendo la importancia relativa de cada una de dichas alternativas, dependiente de las condiciones ambientales y de manejo (Westbrooks y Tesar, 1955).

2.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS CULTIVARES COMPONENTES DE LAS MEZCLAS

2.2.1. Dactylis glomerata

El cultivar INIA Perseo fue obtenido en La Estanzuela, luego de tres ciclos de selección, con el fin de obtener una variedad de mayor rendimiento y sanidad. Se destaca por su floración temprana (próximo al 7 de octubre) y la encañazón se produce diez y seis días antes que el cultivar INIA Oberón (Ayala et al., 2010). Es de crecimiento semi-erecto, y se destaca frente a INIA Oberón por presentar mayores producciones estacionales en verano y otoño, sobre todo en su segundo año de vida. Es importante mencionar que se lo compara con INIA Oberón ya que fue la primer variedad de dactilis mejorada en el país (Ayala et al., 2010).

Se adapta a un amplio rango de suelos desde arenosos a pesado aunque su mejor performance se obtiene en suelos de texturas medias y permeables. Es poco tolerante a excesos hídricos por lo que no debe utilizarse en suelos húmedos mal drenados. Tiene buena resistencia a la sequía y en veranos secos se destaca netamente de las otras gramíneas perennes. Es menos exigente en fertilidad y humedad que festuca y raigrás perenne (Ayala et al., 2010).

La densidad de siembra es de 6-10 kg/ha en mezclas con leguminosas y requiere siembra superficial (0.5-1 cm). Se asocia muy bien con alfalfa, trébol rojo, trébol blanco y lotus. Tolera muy bien la sombra y admite siembras asociadas con cereales y otras gramíneas (Ayala et al., 2010).

Su mayor rendimiento se obtiene con pastoreo rotativo no muy intenso dejando rastros de 5 cm. Pastoreos continuos e intensos especialmente en verano reducen su persistencia (Ayala et al., 2010). Es más susceptible que festuca al daño por pisoteo (Ayala et al., 2010).

Es un cultivar indicado para mezclas de praderas de larga duración especialmente en aquellos suelos de menor potencial y fertilidad relativa. Su forraje de buena calidad, alto tenor proteico y palatable es muy apto para la producción de leche e invernada. Por su resistencia a la sequía y capacidad de crecer en verano es una opción muy apropiada para situaciones donde la competencia de especies estivales (gramilla, etc.) puede ser un problema. En esos casos, los estudios de La Estanzuela indican que las praderas de dactilis se engramillan menos (Ayala et al., 2010).

Esta variedad produce en su tercer año de vida, en promedio, 6241kg/ha de MS, con un total en los tres años de 22942 kg/ha de MS. Este promedio se corresponde a las siembras de 2004 y 2006 (INIA, 2010).

2.2.2. Festuca arundinacea

Los cultivares comerciales de festuca se agrupan en dos tipos, continentales y mediterráneas. Los primeros tienen capacidad de crecer en todas las estaciones del año y generalmente son de hojas anchas. Mientras que los mediterráneos tienen muy buen potencial de crecimiento invernal, pero presentan latencia estival y son de hoja más fina (Ayala et al., 2010).

Estanzuela Tacuabé fue obtenida en La Estanzuela por selección de materiales destacados por producción otoño-invernal, persistencia y compatibilidad con trébol blanco. Reúne en su pedigree genotipos recolectados de viejas praderas del país, de ahí la excelente adaptación demostrada en estos años. Fue el primer cultivar de festuca mejorado en el Uruguay. Su liberación comercial a mediados de los 70 representó un salto cualitativo por su marcada superioridad sobre Kentucky 31, el material más sembrado en esa época. Tiene como ventajas una mayor producción de forraje estacional, una mayor persistencia y competencia con trébol blanco (Carámbula, 2002a). Estudios realizados por Ayala et al. (2010), muestran que es una variedad del tipo continental, de floración temprana (mediados de setiembre), con buena producción de forraje a lo largo del año y con muy buena adaptación a los suelos de la región. Es rústica y versátil, se asocia de buena manera con leguminosas

Estudios realizados por García et al., citados por Formoso (2010), determinaron que Tacuabé tuvo supremacía productiva frente a los cultivares El palenque y Kentucky 31, en la mayoría de los ambientes estudiados. Tacuabé superó a ambas variedades en 10 y 28% de rendimiento de forraje anual, y 21 y 46% en producción invernal, respectivamente.

En datos aportados por la evaluación de cultivares de INIA e INASE en el período 2016, la producción de forraje para ese año, cuya emergencia fue en 2014, fue de 10697 Kg MS/ha (INASE, 2016).

El cultivar Brava INTA deriva de la variedad Palenque Plus INTA, conserva su adaptación general y su tolerancia a enfermedades de hoja. Es del tipo continental. Presenta porte semi-erecto, de menor altura y más precoz que su antecesor. Con trébol blanco tiene un excelente potencial productivo, superando las 15 toneladas de materia seca por hectárea. Se destaca también la tolerancia a sequías temporarias (Rimieri, 2009). Este cultivar fue evaluado

por INIA e INASE para los años 2008, 2009 y 2010, arrojando como resultado promedio una producción de forraje de 5953 kg/ha de MS para su primer año, 12399 kg/ha de MS para el segundo, una producción en el tercer año de 10219 kg/ha de MS y en el total de los tres años de 28478 kg/ha de MS (INASE, 2008)

En cuanto al cultivar Tuscany II, la información presente es escasa, dado que es un cultivar de origen americano de reciente inserción en el país. Según la caracterización realizada por Procampo Uruguay (empresa dedicada a la comercialización de semillas), Tuscany II se destaca por su rusticidad, por su producción y por su excelente sanidad. Según la evaluación de INIA e INASE del año 2012, éste cultivar produce en su primer año de vida 3389 kg/ha de MS, mientras que en el total de los tres años, produce 19059 kg/ha de MS (INASE, 2012).

2.2.3. Lotus corniculatus

Existen en Uruguay dos tipos de cultivares, del tipo europeo y del tipo empire, siendo estos diferentes en la producción invernal. Los del tipo europeo son más utilizados en nuestro país, son cultivares sin latencia o dormancia invernal (crecen cuando no se presentan fríos extremos). El cultivar San Gabriel es de este tipo. Los del tipo empire presentan reposo invernal, que en Uruguay se prolonga desde abril hasta setiembre. Algunos de este grupo no tienen una dormancia tan extrema, pero producen menos forraje en otoño, invierno y primavera (Ayala et al., 2010). La variedad San Gabriel fue introducida desde Brasil (São Gabriel, Río Grande do Sul) y se reprodujo en La Estanzuela desde los años 70. Presenta una floración temprana (noviembre) y muy prolongada. Tiene excelente capacidad para producir en suelos marginales, en comparación con otras especies y cultivares (Ayala et al., 2010).

El cultivar San Gabriel se caracteriza por presentar una capacidad continua de producción de forraje durante todo el año. La depresión de la producción invernal se explica por una menor fotosíntesis neta (por temperaturas menores a las óptimas), no por la presencia de mecanismos de latencia (Formoso, 1993). Posee niveles de digestibilidad altos en primavera temprana (75%), que luego decrece hacia el verano. Se destaca por no presentar problemas de enfermedades o plagas específicas, aunque es susceptible a podredumbre de raíz y corona, que reducen su persistencia (Ayala et al., 2010).

De acuerdo a la evaluación de cultivares que realiza INIA e INASE, este cultivar produjo, para el período 2016, 5345 Kg/ha de MS anual para el cultivar sembrado en 2016. Para el cultivar sembrado en el año 2014, el primer año

produjo 6380 kg/ha de MS; el segundo año (2015) 13782 kg/ha de MS y el tercer año (2016) 3844 kg/ha de MS (INASE, 2016).

2.2.4. *Medicago sativa*

Al momento de determinar los distintos grupos de cultivares de alfalfa, se debe tener en cuenta, el grado de reposo o latencia invernal, la producción de forraje total y estacional y el comportamiento sanitario de los distintos tipos y procedencias de alfalfa disponibles (Rebuffo, 2000). No existe un cultivar superior para todas las condiciones, y dentro de un mismo sistema de producción, es posible explotar la utilización de variedades con características complementarias (Labandera, 2000). Los cultivares se clasifican de acuerdo al grado de latencia invernal, característica genética que le permite mantenerse sin crecer durante períodos de bajas temperaturas y heladas que se dan en el invierno, previa acumulación de reservas en la raíz y corona, que facilitarán el posterior rebrote en la primavera siguiente. Las diferentes variedades inician y finalizan el reposo con distintos umbrales de temperatura y longitud de día durante el otoño/invierno. Estas características determinan la estacionalidad de la producción de forraje y en particular, el potencial de crecimiento con bajas temperaturas (Ayala et al., 2010).

La mayoría de las alfalfas disponibles han sido seleccionadas para pastoreos muy controlados, en las cuales el mecanismo de rebrote se da en las yemas ubicadas en la corona después de la floración (Carámbula, 2002a).

En Uruguay ingresan al mercado solamente grupos con tres grados de latencia. Las mayores diferencias entre los mismos se observan en la estacionalidad de la producción de forraje, la arquitectura de la planta y la persistencia. Los grupos son: sin latencia, con latencia intermedia y con latencia (Ayala et al., 2010).

El cultivar Estanzuela Chaná es del tipo intermedio de latencia, seleccionada por persistencia sobre alfalfares de origen italiano. Se caracteriza por plantas de porte erecto, coronas de gran tamaño y tallos largos, con un reposo invernal corto y con floración poco abundante, que se extiende de noviembre a marzo (Ayala et al., 2010). Posee muy buena productividad durante todo su ciclo de crecimiento, pudiendo llegar a producir hasta el 50% de su producción en el verano. Presenta una muy buena recuperación, permitiendo realizarse varios pastoreos (hasta 6 al año). Puede alcanzar el cuarto año de edad, si es sembrada en suelos adecuados y se realiza un buen manejo de la defoliación, respetando el ciclo de reservas de la planta. Pastoreos frecuentes reducen su persistencia (Ayala et al., 2010). Tolera de buena manera enfermedades foliares, lo que le permite retener por más tiempo las hojas,

manteniendo una alta calidad de forraje (Ayala et al., 2010). Es un cultivar de alta producción en siembra pura. Se debe realizar el pastoreo cuando se observa el inicio del rebrote basal (2 centímetros) o cuando alcanza el estado del 10% de floración. Si bien pastoreos frecuentes reducen la persistencia, se adapta bien a pastoreos controlados rotativos (Ayala et al., 2010).

Según la evaluación nacional de cultivares realizada por el INIA e INASE en conjunto, la producción de forraje anual en 2016 del cultivar sembrado en 2014 fue de 8282 kg/ha de MS (INASE, 2016).

2.2.5. *Trifolium repens*

Según García (1995b), el principal carácter de diferenciación de cultivares ha sido el tamaño de hoja. A su vez, en estudios realizados en Nueva Zelanda, se agrega como criterio de clasificación el contenido de cianogénesis en planta. Esto implica la presencia de glucósidos que por hidrólisis enzimática libera ácido cianhídrico (Caradus, citado por García, 1995b).

Los grupos de cultivares quedarían definidos, según Carámbula (2002a), como:

- cultivares de hoja pequeña: incluye los tipos salvajes, son muy prostrados, de estolones largos y tanto hojas como flores son pequeñas. Son de ciclo corto y bajo rendimiento, y su virtud principal es la persistencia, aunque depende de factores tales como el manejo, la fertilización y enfermedades (cvs. Kent, Wild y S 184).

- cultivares de hoja de tamaño intermedio: poseen caracteres intermedios entre los grupos extremos y son usados principalmente en pasturas de media a corta vida. Son ejemplo de éstos los cultivares Estanduela Zapicán, El Lucero, Bage, Huia, entre otros.

- cultivares de hoja grande: la mayoría son del tipo ladino, de porte más alto, con estolones gruesos y hojas y flores grandes. Buenas producciones con condiciones de humedad adecuadas, pero siempre que el manejo sea aliviado.

El cultivar Estanduela Zapicán se encuentra dentro del grupo de cultivares de tamaño intermedio, aunque Ayala et al. (2010), colocan al cultivar dentro del grupo de tamaño de hoja grande. Fue obtenido por el INIA en la estación experimental La Estanduela, a partir de introducciones realizadas desde Argentina. Es de floración temprana y abundante. Presenta probada adaptación en la región, y supera en performance a la mayoría de los cultivares foráneos que fueron introducidos. Entre sus características se destacan una excelente producción invernal. Además genera un banco de semillas adecuado,

que asegura una buena resiembra (Ayala et al., 2010). Con respecto a su estación de crecimiento, ésta va desde marzo a diciembre con un pico de producción en octubre, y viéndose deprimido su crecimiento en verano. En muchos casos, a partir del tercer año se reduce su persistencia por estolones, por lo que es necesario realizar un adecuado manejo que asegure una buena resiembra (García et al., 1991).

La producción de forraje anual en 2016 del cultivar sembrado en 2014 fue de 9147 (INASE, 2016). Esta información se corresponde a los datos de la evaluación de cultivares realizado por INIA e INASE, para el año 2016.

2.3. DINÁMICA DEL CRECIMIENTO

El objetivo principal en el manejo de las praderas es maximizar la producción de forraje, permitir la renovación de reservas de las plantas, para mantener su vigor y su máxima productividad en el mediano y largo plazo. Para esto, el conocimiento de los principios del crecimiento de las plantas en las praderas es fundamental para realizar un manejo apropiado. El crecimiento inicial se puede dividir en tres fases: en la primera, las plantas tienen pocas hojas y realizan menos fotosíntesis, haciendo que el crecimiento sea lento y se utilicen reservas; en la siguiente fase, las plantas aumentan el número de hojas, aumentando la velocidad de crecimiento, realizando mayor fotosíntesis y generando una mayor reserva de carbohidratos; en la última fase, disminuye la fotosíntesis debido al sombreado de las hojas superiores, y la energía capturada es utilizada en la floración y formación de semillas. La calidad del forraje disminuye a medida que se desarrollan, tienen más tallos, y aumenta la concentración de fibra, disminuyendo la de proteína cruda (Núñez et al., 2000).

La morfogénesis se define como la dinámica de generación y expansión de las estructuras que contiene la planta (Chapman y Lemaire, 1993). Estos atributos son los que determinan el porte o la arquitectura de las plantas forrajeras y afectan la accesibilidad de los animales al forraje. Las interacciones que se generan por las distintas morfologías de cada planta afectan la estructura y el funcionamiento de las poblaciones y comunidades y determinan la competencia que se genera entre e intra especies. Estas relaciones de competencia se ven alteradas con el pastoreo, ya que luego de una defoliación, se modifica la expresión de los mecanismos de rebrote, favoreciendo algunas y perjudicando otras. También, se producen cambios a nivel de la composición botánica, pudiendo afectar cantidad, calidad y estacionalidad de la producción de forraje y por ende la producción animal (Briske, 1991).

La unidad morfológica básica en las plantas es el meristemo, vulgarmente llamado yema o punto de crecimiento (Hodgson, 1990). Tanto el

número de órganos producidos, como el tipo, y en cierto grado, su tamaño final, son originados en el punto de crecimiento. Este está formado por el domo o cúpula y por una serie de primordios foliares u hojas en formación (protuberancia). El punto de crecimiento provee la fuente de células para formación de nuevos tejidos, y además, proporciona hormonas que regulan el desarrollo de las plantas (Carámbula, 2002a).

El conocimiento de la ubicación y el estado de los puntos de crecimiento de una planta forrajera durante el desarrollo es fundamental, ya que los procesos de alargamiento del entrenudo y de iniciación floral, afectan su comportamiento y por lo tanto las acciones que se deberán aplicar para el buen manejo de una pastura (Carámbula, 2002c).

2.3.1. Gramíneas

El proceso de macollaje tiene gran importancia y cumple tres funciones: a) ayuda al establecimiento de las plántulas produciendo área foliar suficiente para interceptar luz y competir con malezas, b) es esencial en la regeneración de la pastura, compensando la mortalidad de otras plantas, y c) es esencial para la perennidad dada la habilidad para presentar elevada longevidad (Jewiss, citado por Carámbula, 2002a).

El proceso de formación de hojas, puede ser descrito en base a tres parámetros morfo-genéticos básicos: tasa de aparición foliar (TAF), tasa de elongación foliar (TEF), y vida media foliar (VMF, Chapman y Lemaire, citados por Nabinger, s.f.). Estas características son determinadas genéticamente, pero son influenciadas por variables ambientales como temperatura, disponibilidad hídrica y de nutrientes. Estas variables morfogenéticas básicas determinan las principales características estructurales de las pasturas.

Tamaño foliar, que está determinada por la relación entre el TEF y el TAF, una vez que la duración del período de expansión de una hoja es una fracción constante del intervalo de aparición o filocrón (Robson, Dale, citados por Nabinger, s.f.); densidad de macollos, que está parcialmente relacionada con la TAF, la que determina el número potencial de sitios para el surgimiento de macollos (Davies, 1974). De esta manera, genotipos con alta TAF presentan alto potencial de macollaje, determinando una pastura con una densidad de macollos más elevada que aquellos con baja TAF; número de hojas vivas por macollo, que es producto de la TEF por la duración de vida de las hojas. Asumiendo que, para un genotipo dado, a una relación constante entre área foliar y longitud de hoja, el producto de las tres características estructurales de las pasturas determina su IAF (Nabinger, s.f.).

La TAF desempeña un papel central en la morfogénesis, y como consecuencia, en el IAF, porque influye directamente en cada uno de los tres componentes de la estructura de la pastura. La TAF está directamente influenciada por la temperatura y poco influenciada por la deficiencia de nitrógeno en gramíneas templadas (Lemaire, citado por Nabinger, s.f.), y está relativamente afectada por la disponibilidad hídrica en leguminosas templadas (Morales et al., 1997). Pero la variación interespecífica de la TAF determina grandes diferencias en la estructura de la pastura por su efecto sobre el tamaño y la densidad de macollos. La defoliación puede provocar una leve tendencia a disminuir la TAF del rebrote después de una defoliación severa, lo que puede ser consecuencia del aumento en la longitud de la vaina de las hojas sucesivas, lo que determina una mayor demora en el surgimiento de nuevas hojas, según Skinner y Nelson (1994a, 1994b). De esta manera, la TAF de las pasturas mantenidas con bajo IAF por defoliación frecuente aparenta ser mayor que la observada en pastoreo rotativo (Nabinger, s.f.).

La TEF responde a cualquier cambio de temperatura percibida por el meristema apical (Peacock, 1975a). La curva de respuesta de la TEF a la temperatura cambia rápidamente durante la transición de estado vegetativo a reproductivo como lo demostraron Peacock (1975b), Parsons y Robson (1980) para gramíneas templadas, resultando en mayor potencial a una temperatura dada para el estado reproductivo que para el estado vegetativo (Gastal et al., 1992). En la mayoría de las gramíneas templadas la TEF responde a la temperatura media diaria de forma exponencial cuando estas se encuentran entre los 0 a 12 C y de forma lineal por encima de estos valores, por lo menos hasta los valores óptimos, entre 20-25 C, según la especie, se alcancen. Debido a esta respuesta lineal de la TEF a la temperatura, el tamaño de las hojas aumenta con aumentos de la temperatura ambiente, y en temperaturas similares las hojas son mayores en fase reproductiva que en fase vegetativa (Nabinger, s.f.).

La disponibilidad de nitrógeno tiene gran efecto en la TEF, pudiendo resultar en valores tres a cuatro veces menores en un alto nivel de deficiencia en comparación a un nivel no limitante (Gastal et al., 1992). El efecto del nitrógeno sobre la tasa de elongación foliar se deriva del mayor acumulo de este nutriente en la zona de elongación de la hoja, más específicamente en la zona de división celular, de acuerdo a estudios realizados por Gastal y Nelson (1994).

La disponibilidad hídrica también afecta este componente conforme se puede verificar a partir de los estudios de Morales et al. (1997), donde una reducción del 50% en la disponibilidad hídrica resulta en una disminución del 60% aproximadamente de la TEF del vástago principal, aunque es difícil

disociar el efecto directo de la limitación hídrica sobre las características de crecimiento, los efectos de la consecuente menor disponibilidad de nitrógeno que inevitablemente se verifica en estas condiciones.

La TEF no es prácticamente afectada por una deficiencia que remueva apenas dos a tres hojas por macollo, pero es disminuido en cerca de 15 a 20% cuando todas las hojas de un macollo son removidas (Davies, 1974), lo que demuestra una intensa fuerza de demanda de los meristemas foliares por asimilados después de una defoliación. Almeida et al. (1997) no verifican efecto del nivel de oferta de forraje.

La duración de la vida de las hojas y, por consecuencia, la senescencia foliar, son influenciadas por la temperatura de la misma forma que la TAF. De esta forma, cuando un macollo alcanza su número máximo de hojas vivas, pasa a haber un equilibrio entre una tasa de aparición de hojas y la senescencia de las hojas que han depositado en su período de duración de vida. El número máximo de hojas vivas por vástago es una constante genotípica (Davies, citado por Nabinger, s.f.) y puede ser calculado como la duración de vida de las hojas expresado en número de intervalos de apareamiento de hojas, o sea en número de filocronos.

El conocimiento de la duración de la vida foliar es fundamental para el manejo de pasturas porque, de un lado indica el techo potencial de rendimiento de la especie y, por otro lado, es un indicador fundamental para la determinación de la intensidad de pastoreo continuo o de la frecuencia de pastoreo en un pastoreo rotativo (Nabinger, s.f.).

La deficiencia de nitrógeno reduce apenas ligeramente la duración de la vida foliar (Gastal y Lemaire, 1988), pero a pesar de esto, la tasa de senescencia aumenta debido al pronunciado efecto del nitrógeno sobre la TEF y el tamaño de la hoja (Mazzanti y Lemaire, citados por Nabinger, s.f.). Así un aumento en la dosis de nitrógeno aplicado, sin un adecuado ajuste en el manejo del pastoreo puede llevar a un aumento en la senescencia y al acúmulo de material muerto en la pastura (Nabinger, s.f.).

La producción de biomasa por hectárea depende de la densidad de macollos en la pastura. Es resultante del equilibrio entre la tasa de aparición de macollos y de la tasa de mortandad de los mismos. En una población de plantas, que representa la pastura, la tasa de aparición de macollos solo puede ser restringida cuando el IAF es bajo. Con el desarrollo del IAF la tasa de aparición de macollos decrece hasta ser nula, con el IAF por encima de 3 a 4 (Simon y Lemaire, 1987).

El macollo de una gramínea representa una unidad morfo-fisiológica. Está formado por la repetición de fitómeros, que se diferencian a partir del mismo meristemo apical. El fitómero consiste de una hoja, nudo, entrenudo, meristema axilar y meristema intercalar. El número y longitud de los fitómeros determina variaciones en macollos individuales, y el arreglo espacial de los macollos determina su estructura: macollos intravaginales y extravaginales (Briske, citado por Colabelli et al., 1998). Cangiano (1997), afirma que las plantas con macollos intravaginales tienen hábito de crecimiento cespitoso, mientras que las extravaginales dan origen a la formación de estolones, haciendo que el hábito de crecimiento sea rastrero o decumbente. A su vez, menciona que la generación de los fitómeros se produce desde el ápice hacia la base de la planta, de esta manera, los fitómeros más viejos se ubican de forma más próxima al suelo, y constituyen el verdadero tallo de la planta.

Una vez diferenciado el meristemo apical, se comienzan a desarrollar los primordios foliares, que serán los encargados de generar las hojas. Originalmente, estos son meristemáticos, pero luego dicha actividad meristemática queda restringida a la base de la lámina, en un meristema llamado intercalar. Esto hace que si una hoja es consumida, la misma pueda seguir creciendo, siempre y cuando no sea consumido el meristemo intercalar. Cuando en la base de la lámina se diferencia la lígula, la hoja cesa su crecimiento, y a su vez el crecimiento de la vaina cesa su crecimiento hasta la aparición de la lígula (Cangiano, 1997). *“En un macollo, la diferenciación de células del meristema apical origina primordios de hoja y yemas axilares capaces de originar un nuevo macollo”* (Colabelli et al., 1998). Cangiano (1997), afirma que los macollos de una misma planta se mantienen conectados vascularmente, y a medida que los viejos mueren y se descomponen, los macollos se fragmentan, volviéndose los mismos independientes.

Las variables morfogenéticas se encuentran bajo la influencia de factores ambientales controlables (agua y nutrientes) y los no controlables (temperatura), a su vez estos determinan conjuntamente una incidencia indirecta sobre la estructura de la pastura, influyendo sobre la expansión foliar (Colabelli et al., 1998). Normalmente, el macollaje se ve reducido cuando actúan factores limitantes tales como carencia de nutrientes, en especial nitrógeno (Cooper, O'brien, Elizondo y Carámbula, citados por Carámbula, 1977); balance negativo entre fotosíntesis y respiración por baja intensidad de luz y temperaturas nocturnas altas, y baja disponibilidad de aguas o sequías (Langer, 1963).

Las diferencias entre especies forrajeras, con respecto a la velocidad del macollaje, dependen del número de hojas que necesita desarrollar la planta antes de comenzar dicho proceso. También depende de la velocidad de

aparición de hojas y del lapso entre la formación del punto de crecimiento axilar y la expansión del mismo (Carámbula, 1977).

2.3.2. Leguminosas

La morfología de las leguminosas varía según su hábito de crecimiento: estoloníferas (trébol blanco) o con tallos erectos (alfalfa y lotus).

Las leguminosas estoloníferas, al igual que las gramíneas, en la axila de cada hoja poseen una yema, en donde pueden desarrollarse estolones. Estos tienen un meristemo apical el cual da origen a entrenudos y hojas. Los entrenudos se alargan considerablemente, pero siempre de forma rastrera, y en los nudos se generan raíces adventicias (Cangiano, 1997). De las yemas axilares del estolón primario, se originan estolones secundarios y de estos, terciarios. Este es un proceso de “colonización” de la pastura (Hidalgo, citado por Carámbula, 2002a). Carámbula (2002a), menciona que una vez que los nudos han enraizado, estos se pueden independizar y multiplicarse de manera similar. Si los nudos dan origen a inflorescencias, generalmente no poseen raíces, lo que afecta de manera negativa la resistencia de las plantas a la sequía.

Las hojas durante el desarrollo vegetativo son emergidas del tallo que presenta un meristema que da origen a las mismas en forma alternada con y cada una de ellas presenta yemas axilares (Beguet y Bavera, 2001). Las hojas crecen de forma alterna, una por nudo, y se van reemplazando continuamente. El crecimiento es indeterminado, forma estolones y hojas de forma continua, inclusive cuando se desarrollan las inflorescencias, pero en menor medida. Las hojas superiores son las más viejas, y somborean a las más jóvenes, y al producirse la defoliación durante el pastoreo, la luz llega a las hojas inferiores, y se desarrollan rápidamente (Hidalgo, citado por Carámbula, 2002a).

El desarrollo vegetativo de las leguminosas de porte erecto, consiste en el crecimiento alternado de hojas en el tallo inicial, el cual permanece corto contra el suelo. En las axilas de dichas hojas aparecen posteriormente tallos secundarios nacidos de los meristemas que allí se encuentran, por lo que al repetirse este proceso da origen a un órgano común a todos los tallos, denominado corona. Es un órgano complejo que constituye el asiento de los meristemas axilares desde los cuales se desarrollan nuevos tallos (Carámbula, 2002a).

Las leguminosas de porte erecto, como alfalfa y lotus, presentan los meristemas nodales de los tallos activos desde las etapas iniciales del crecimiento, razón por la cual alargan continuamente sus entrenudos

(Formoso, 1996). Dadas las características morfológicas estas especies de porte erecto como el lotus son sensibles al pastoreo ya que presenta tallos erectos lo cual determina que el pastoreo retire foliolos, meristemas axilares y apicales ya que se encuentran por encima de la altura de corte, a su vez también son removidas las hojas nuevas determinando que el área foliar remanente tenga baja capacidad fotosintética, por lo que el rebrote va a depender en gran medida de las reservas acumuladas previamente (Zanoniani y Ducamp, 2004). En invierno las plantas disminuyen su crecimiento, y vuelve a crecer en primavera a partir de la activación de las yemas de la corona. Cuando los tallos completan su desarrollo se activan otra vez las yemas de la corona, pero también puede darse en caso de que ocurra una defoliación (Cangiano, 1997). Beinhart, citado por Carámbula (1977) menciona que se da una disminución en la formación de nuevos tallos si se produce una reducción de la intensidad de luz, Butler et al., citados por Carámbula (1977) agregan que se produce una pérdida importante de raíces y nódulos.

En lo que respecta al desarrollo reproductivo de las leguminosas, éste es similar a las gramíneas, ya que en un momento determinado, producto de la interacción genotipo ambiente, se produce el alargamiento de los entrenudos y la iniciación floral, por lo cual los puntos del crecimiento en estado vegetativo pasan a través de una etapa de transición, al estado reproductivo. El primer síntoma de iniciación floral es la aparición de un abultamiento en la axila de la última hoja en formación. En especies que presentan inflorescencia terminal, éste abultamiento comienza a anular el domo del meristemo apical (Carámbula, 2002a).

2.3.2.1. Tasas de crecimiento diario

En las distintas leguminosas existe un claro efecto de la edad de la pastura sobre las tasas de crecimiento, siendo estas diferencias especialmente marcadas en trébol blanco, trébol rojo y alfalfa y menos notorias en Lotus (Díaz et al., 1996).

Según Díaz et al. (1996) en trébol blanco la producción de forraje de primer año es mínima en otoño-invierno concentrándose entre octubre y diciembre. Las tasas de crecimiento de segundo año superan a las de primer año de marzo a octubre, pero las mayores diferencias se aprecian de agosto en adelante. La máxima tasa de crecimiento de segundo año es similar a la de primer año (primer año: 43, segundo año es de 46 kg MS/ha/día) y se presentó en octubre, es decir un mes antes.

La escasa producción de forraje de tercer año en trébol blanco, así como la ausencia de crecimiento en el tercer año de trébol rojo y los bajos rendimientos de cuarto año en lotus y alfalfa, ejemplifican los problemas de persistencia que afectan a las leguminosas forrajeras en el Uruguay (Díaz et al., 1996).

Estudios realizados en INIA por Díaz et al. (1996) muestran que, si bien en lotus el segundo año es el que presenta las mayores tasas de crecimiento, las diferencias entre edades son menos evidentes que en las otras especies. Las distintas curvas presentan tasas máximas similares, correspondiendo el menor valor (31 kg MS/ha/día) al primer año y el mayor (42 kg MS/ha/día) al segundo año. Comparando entre estaciones se aprecia que la ventaja en favor del segundo año es particularmente importante en otoño.

El efecto de la edad de la pastura sobre la producción de forraje es particularmente marcado en alfalfa. El primer año, muy influido por el período de implantación, presenta las menores tasas de crecimiento. Los mayores valores en todos los meses corresponden al segundo año, donde se alcanzó un máximo en diciembre. Una posición intermedia ocupa el tercer y el cuarto año. El período de implantación y las bajas temperaturas del invierno determinan que la producción de forraje en el otoño-invierno del primer año fuera siempre reducida. Las tasas de crecimiento aumentan progresivamente recién a partir de fines de agosto, alcanzándose los valores máximos en noviembre (trébol blanco, trébol rojo y lotus) y diciembre (alfalfa). Luego de alcanzado el máximo, los tréboles reducen pronunciadamente las tasas de crecimiento diario. La alfalfa, en cambio, conserva un ritmo de crecimiento importante durante todo el verano, superando a las restantes especies en el mes de febrero (Díaz et al., 1996).

En el segundo año se expresa la estacionalidad característica de cada especie sin limitaciones por implantación (primer año) o persistencia (tercer y cuarto año), salvo en el caso de trébol rojo. La alfalfa y el lotus tienen tasas de producción de forraje mayores que los tréboles en el comienzo del otoño del segundo año, pero a medida que transcurre la estación las diferencias entre especies se hacen menores. Entre mayo y julio las cuatro leguminosas presentan tasas de crecimiento diario similares y bajas, alrededor de 10 kg MS/ha/día. Luego de este período todas las especies aumentan el ritmo de crecimiento, destacándose especialmente el trébol blanco por comenzar el período de tasas crecientes un mes antes. Esta especie supera ampliamente a las restantes leguminosas en la tasa de crecimiento promedio del mes de agosto. En setiembre el trébol rojo iguala al trébol blanco superando estas dos al lotus y a la alfalfa en 14 kg MS/ha/día. Es a partir del mes de octubre que se aprecian diferencias importantes en favor de la alfalfa, la que continúa

umentando su tasa de crecimiento diario hasta diciembre. El trébol blanco y el lotus presentan los máximos valores en octubre. Si bien, luego de estos picos de producción y con la llegada del verano, todas las especies reducen sus ritmos de crecimiento, la alfalfa se destaca claramente de las otras leguminosas, alcanzando en el mes de diciembre las tasas más altas para el segundo año. El trébol rojo y el lotus ocupan la segunda posición superando al trébol blanco (Díaz et al., 1996).

2.3.2.2. Producción de forraje anual y estacional

A partir de los estudios realizados por Díaz et al. (1996) se demostró que el trébol blanco, lotus y alfalfa tuvieron producciones acumuladas de primer año muy similares. No obstante, en el segundo año las cuatro especies alcanzaron los máximos rendimientos. La especie más productiva fue la alfalfa, seguida por el trébol rojo, cuyo rendimiento fue similar al de primer año. Trébol blanco y lotus presentaron rendimientos similares inferiores a los de alfalfa y trébol rojo. En el tercer año el trébol rojo desaparece desde el punto de vista productivo y el trébol blanco reduce sustancialmente sus rendimientos. Lotus y alfalfa también reducen sus rendimientos, pero se mantienen en producción. Como consecuencia de las diferencias en persistencia, la distribución estacional del forraje de las distintas especies está condicionada por la edad de la pastura que se considere.

Lotus y trébol rojo produjeron una mitad del forraje en primavera y la otra se repartió en partes iguales entre otoño-invierno y verano. El trébol blanco también produjo la mitad del forraje en primavera, pero su producción de otoño-invierno superó ampliamente a la de verano. El tercer tipo de distribución y el único que puede considerarse realmente estival, es el de alfalfa. Esta especie produjo solo una sexta parte del forraje total en otoño-invierno y casi la mitad en verano. En otras palabras, trébol blanco, lotus y trébol rojo tienen una única estación netamente productiva: la primavera. La contribución de esta estación al forraje total producido varía entre 42 y 59 % con un promedio general de 51 %. En alfalfa, en cambio, existen dos estaciones de alta producción: primavera y verano (Díaz et al., 1996).

2.3.2.3. Tasas de crecimiento y producciones máximas y mínimas

Según Díaz et al. (1996) los máximos valores para las tres especies podrían separarse en dos grupos: trébol blanco y lotus con valores menores (73 y 64 kg MS/ha/día) y alfalfa con valores mayores (en el entorno de 105 kg MS/ha/día).

Díaz et al. (1996) muestran que en las producciones máximas, se observa el muy buen potencial de las cuatro especies cuando hay condiciones favorables para el crecimiento: 20 toneladas de MS/ha para la alfalfa y 14 para trébol blanco y lotus.

2.4. UTILIZACIÓN DE LA RADIACIÓN EN PRESENCIA DE FACTORES LIMITANTES

Para maximizar la utilización de los factores del medio la planta establece una jerarquía para la repartición de carbono fijado entre los diferentes compartimentos que componen la biomasa vegetal. En la ausencia de limitaciones de los recursos temperatura, agua, nitrógeno y luz la prioridad de colocación de los asimilados sigue el sentido indicado por la línea de prioridades, surgiendo una conexión en serie de tales compartimentos. En la ocurrencia de limitación de algunos de los factores que determinan la disminución en la oferta de carbono la intensidad de la demanda de cada uno de los compartimentos es alterada, priorizándose los compartimentos más bajos en la línea de prioridades (raíces y reservas, Nabinger, s.f.).

Así en una condición de alta disponibilidad de radiación y temperaturas adecuadas la planta prioriza la formación de área foliar, de modo de captar lo máximo posible la radiación incidente. No obstante, estando las temperaturas por ejemplo debajo del óptimo, como ocurre sobre todo en las regiones templadas, la planta reduce la asignación para la formación de vástagos, sin alterar el ritmo de producción de hojas y el carbono que sería destinado a la elongación de los entrenudos pasa a ser trasladado a las raíces y a la formación de reservas. Es lo que se observa con alfalfa y tréboles en general, que asumen un formato de roseta en esta época del año. De la misma manera, una deficiencia de agua o de nitrógeno disminuye la elongación foliar, y como consecuencia la emisión de macollos, determina un mayor crecimiento inicial de las raíces como forma de aumentar el tamaño del mecanismo de captura de estos recursos (Nabinger, s.f.).

2.5. MEZCLAS FORRAJERAS

Algunos autores coinciden en que una combinación de especies forrajeras y/o cultivares debería ser más eficiente para utilizar los recursos ambientales disponibles que cada especie o cultivar sembrado individualmente (Jones et al. 1968, Rhodes 1969, Harris y Lazenby 1974). Además se busca una distribución estacional de la producción de forraje más uniforme, menor variabilidad inter anual y ventajas en cuanto a la calidad nutricional del alimento y menor riesgo de meteorismo (Schneiter, 2005). Por otra parte, los animales que pastorean en mezclas presentan un mayor consumo que cuando las

mismas se encuentran en siembras puras, observándose una mayor apetecibilidad por el forraje.

Para Santiñaque (1979), en Uruguay, las condiciones climáticas permiten el crecimiento conjunto de un amplio número de especies forrajeras, ya sean de tipo templado como subtropicales. Durante el invierno, las bajas temperaturas hacen que se detenga el crecimiento de las especies subtropicales, y en las templadas el mismo se ve enlentecido. En el verano el crecimiento también se ve afectado en las especies templadas, y la limitante por los niveles de humedad del suelo impide aprovechar totalmente el potencial de producción de las especies subtropicales.

A la hora de seleccionar las especies que compongan la mezcla, se debe tener en cuenta varios factores: la aptitud del suelo, el tipo de actividad ganadera, la presencia y tipo de maleza, y el manejo de pastoreo que se vaya a implementar, entre otros (Schneiter, 2005). Carámbula (2002a) menciona que al seleccionar las especies componentes de una mezcla, además de buscar obtener altos rendimientos de cada una de ellas, se busca disminuir los riesgos de enmalezamiento y aumentar el valor nutritivo del forraje.

La mayoría de las pasturas cultivadas presentan un desequilibrio acentuado a favor de la fase leguminosa. Este comportamiento aparece desde el momento de la implantación, ya que en general es más fácil establecer leguminosas que gramíneas (Carámbula, 1991).

2.5.1. Tipos de mezclas

De acuerdo a la especie o cultivar que componga la mezcla, y las características de crecimiento y desarrollo de las mismas, la combinación de estas mostrará el ciclo previsible que presentará la pastura. Generalmente este ciclo es alcanzado en mezclas ultrasimples (una gramínea y una leguminosa) o en aquellas constituidas por pocas especies (una gramínea y dos leguminosas o viceversa), pero difícilmente se logre en las llamadas mezclas complejas (formadas por varias gramíneas y leguminosas). Cuantas más especies contenga una mezcla, más difícil es mantener el balance deseable entre sus componentes. Diferentes condiciones de suelo, fertilidad y pastoreo, llevan indefectiblemente a la dormancia de ciertas especies en detrimento de otras, llevando a que la mezcla se reduzca a simple o cultivos puros. En estos casos el período productivo será dado por la especie que domine la pastura, desvirtuándose así el objetivo de producir forraje durante todo el año (Carámbula, 2002a).

El uso de mezclas compuestas por pocas especies, simples o ultrasimples, parece ser lógico debido a que se pueden ajustar las diferentes tasas de crecimiento. Al constituir una mezcla por especies de similares características y que se adapten de manera adecuada al ambiente, se logrará el máximo aprovechamiento de cada una de ellas. Cabe destacar que dichas mezclas realizan una explotación incompleta del medio, presentando un déficit de producción en determinada época del año, lo que implica un mayor riesgo de enmalezamiento (Carámbula, 2002a). Langer (1981) agrega que si existen especies que no persistan en la mezcla, las malezas pueden reemplazarlas disminuyendo la producción total de la mezcla. Aumentar la diversidad de especies es propuesto como medio de incrementar la productividad, estabilidad y resistencia a la sequía de las mezclas forrajeras, así como de disminuir notoriamente la invasión de malezas en comparación con las mezclas simples (Skinner et al., Sanderson, citados por Formoso, 2010). Por otro lado, Langer (1981) menciona que en la práctica es muy difícil proveer condiciones de establecimiento y manejos óptimos para todas las especies de las mezclas complejas, lo que resulta en la desaparición de algunas.

Las pasturas formadas por gramíneas puras sin ser fertilizadas con nitrógeno, presentan serias limitantes después del primer año (Bertin y Schneiter, citados por Carámbula, 2002a), pero con una leguminosa asociada se incrementa ampliamente la producción de forraje de la mezcla (Schneiter y Pagano, 1998).

Con referencia a la calidad de forraje de una mezcla compleja, su valor nutritivo depende del estado de desarrollo de las especies que la constituyen. Si estos no coinciden, es muy difícil alcanzar el estado óptimo de la pastura. Es posible afirmar que el valor nutritivo de una pastura compuesta por muchas especies con diferente estado de desarrollo, es siempre de menor valor que el producido por especies individuales, mezclas simples o ultrasimples (Carámbula, 2002a).

Contando con suelos aptos, la utilización de mezclas que estén compuestas por una gramínea perenne invernada adecuada, asociada con una variedad de alfalfa adaptada a producir y persistir en nuestro ambiente, posibilita una mayor producción de forraje tanto anual como estacional (otoño, primavera y verano). Además le otorga la capacidad de crecer en períodos de sequía, independientemente de la estación del año, y una mayor persistencia productiva en comparación con el uso de otras leguminosas (Formoso, 2000).

Bautes y Zarza, citados por Carámbula (2002a), destacan que después de envejecer las mezclas que contengan dactilis, estas tienden a descender la

producción de forraje en mayor medida que las mezclas que contengan otras gramíneas invernales, como festuca o falaris.

En estudios realizados en La Estanzuela, se comprobó que existe una relación inversa entre la producción de la gramínea invernal durante el verano y el porcentaje de engramillamiento. El dactilis al ser la gramínea que más creció durante el verano, presentó un menor grado de engramillamiento, en comparación con festuca y falaris (García, 1995a).

La consociación de alfalfa con gramíneas templadas, como el dactilis, posiblemente no contribuya a incrementar la producción total de forraje, con respecto a la alfalfa pura, pero es una alternativa para mejorar la curva de oferta de forraje invernal (Kloster et al., citados por Otondo, 2008).

La incorporación de mezclas con alfalfa para los sistemas de invernada, aporta una producción elevada y de calidad durante el verano, que permite lograr buenas ganancias de peso y una eficiente terminación de los animales a campo (Otondo, 2008). La incorporación de una gramínea perenne con cobertura estival, como el caso del dactilis, con buena capacidad de aprovechar las altas liberaciones de nitrógeno en otoño y de mejor arraigado de piso, permitirían llegar en mejores condiciones productivas a 3 o 4 años, mayor producción temprana en otoño, mejor utilización del pico primaveral y de esta forma reducir los costos de producción. Utilizar mezclas o alfalfas puras permite una mayor producción estivo-otoñal, disminuyendo el período sin pastoreo.

La mezcla compuesta por festuca-trébol blanco-lotus es de tipo simple, las cuales están formadas por una mezcla ultrasimple más una gramínea o una leguminosa. La inclusión de otra especie en la mezcla se deber realizar buscando un buen equilibrio entre las mismas, favoreciendo la fracción leguminosa en suelos pobres (para elevar la fertilidad de los mismos), y la fracción gramínea en suelos ricos (para realizar una eficiente utilización al nitrógeno del suelo). La presencia de una gramínea perenne, es de suma importancia ya que ésta tiende a ocupar los espacios a medida que la pastura envejece, lo que impide la invasión de malezas y que se generen problemas de erosión (Carámbula, 2002a). Formoso et al. (1982), agregan que la mezcla constituida por festuca-trébol blanco-lotus es de gran aceptación y difusión, debido a su gran comportamiento a largo plazo. Cabe destacar, que no siempre la inclusión de especies de ciclos complementarios, con la finalidad de incrementar rendimientos, se logra de forma efectiva, aunque generalmente se logra ampliar el período de entrega del mismo.

2.5.2. Persistencia de las mezclas

Según Carámbula (2002c) las leguminosas dominan al segundo y tercer año debido entre otras razones a una alta fertilización fosfatada, bajo suministro de nitrógeno y baja instalación de las gramíneas perennes por densidades de siembra bajas, métodos de siembra inadecuados, manejos de defoliación incorrectos, siembras sin gramíneas o con gramíneas anuales con fallas de autorresiembrar, o falta de gramíneas estivales.

Este dominio inicial de las leguminosas tiene como consecuencia una falta de estabilidad entre gramíneas y leguminosas sembradas, riesgo de meteorismo, suelo desnudo en verano y riesgo de enmalezamiento en tales nichos. A su vez los ataques progresivos de enfermedades a hongos como los del género *Fusarium*, pueden acortar la vida de las mismas. La fertilidad acumulada (nitrógeno y fósforo) que generan las leguminosas ocasionan un incremento posterior de gramíneas y malezas. Por último se genera un decremento subsiguiente de las gramíneas productivas por falta de nitrógeno y decadencia de la pastura. Estos cambios provocan variaciones en el rendimiento y calidad del forraje producido, en el comportamiento animal y sus producciones, así como también variaciones en la persistencia productiva de las pasturas (Carámbula, 2002c).

2.5.3. Factores que inciden en la persistencia de las pasturas

Los principales factores que actúan sobre las pasturas y son determinantes de su persistencia pueden ser agrupados en abióticos y bióticos (Carámbula, 2002c).

2.5.3.1. Factores abióticos

En lo que refiere a las gramíneas perennes, un estudio de Harris y Lazenby (1974) muestra claramente la existencia de diferencias entre especies de gramíneas perennes referidas a la sensibilidad de estas frente a los déficit hídricos. Ellos observaron que la competencia por agua era mayor e inmediata por parte de los raigrases perennes para continuar en forma decreciente festuca, falaris y paspalum (dominancia de raigrás perenne en otoño y de paspalum en verano), demostrando la diferente capacidad de estas especies para absorber y utilizar agua a medida que esta va decreciendo en el suelo, lo cual afecta sensiblemente su persistencia.

Tomando en cuenta el comportamiento de mezclas formadas por gramíneas y leguminosas, frente a diferentes niveles de agua, Ennik, Harris, citados por Carámbula (2002c) observaron que cuando el nivel era alto, las

especies de ambas familias presentes, en este estudio raigrás perenne y trébol blanco, crecían sin dificultades debido a un buen aporte de nitrógeno por parte de la leguminosa y a una utilización eficiente de este nutriente por parte de la gramínea. Cuando el nivel de agua era bajo, el trébol blanco era incapaz de fijar cantidades apropiadas de nitrógeno, por lo que no solo no aportaba este nutriente al suelo, sino que además competía por el con la gramínea de manera más ineficiente, y por consiguiente se registraban cambios importantes en el balance de ambas especies en la mezcla.

Dentro de las gramíneas perennes más utilizadas en la región, en orden creciente de tolerancia al estrés hídrico, se ordenan en: raigrás perenne, festuca, falaris y paspalum (Harris y Lazenby, 1974). Por otro lado y tomando en cuenta a las leguminosas, en el mismo orden se encuentran trébol blanco, lotus, trébol rojo y alfalfa (Scott et al., 1985).

Factores edáficos

Dentro de los factores que afectarían con mayor incidencia la persistencia de las pasturas se encuentran: una carencia natural bastante generalizada del nutriente fósforo que restringe el buen funcionamiento de las leguminosas, niveles de pH por debajo del rango óptimo, para el crecimiento de muchas leguminosas, y una compactación superficial que puede constituir un problema, tanto para el reclutamiento de plántulas de leguminosas provenientes de resiembra y como para el enraizamiento de estoloníferas y rizomatosas (García, 1992).

2.5.3.2. Factores bióticos

Según Díaz et al. (1996) la persistencia del trébol blanco dada por estolones derivados de las plantas originales no sería mayor a tres años, presentando además las resiembras naturales un alto componente de erraticidad. Este comportamiento demuestra que la persistencia productiva del trébol blanco puede presentar ciertas dificultades mostrándose como una especie muy sensible a las condiciones ambientales y de manejo (Carámbula et al. 1994, Carámbula y Ayala 1995, Arbeleche e Ithursarry 1996).

Se debe tener en cuenta a su vez que las plantas de trébol blanco poseen raíces pivotantes, las que le permiten presentar una mayor resistencia a los déficits hídricos durante el primer verano (Carámbula, 2002c).

Por otro lado cabe mencionar que tanto en las especies anuales como las perennes la capacidad de multiplicación por semillas depende básicamente del potencial genético inherente a cada especie, así como de las condiciones

climáticas y de manejo del pastoreo imperantes. Únicamente estas últimas pueden ser manipuladas por el productor (Carámbula, 2002c).

Incidencia del enmalezamiento

Según Carámbula (2002c) el grado de enmalezamiento de las pasturas es tanto mayor cuanto menos precoces son las especies incluidas en la mezcla, más largo es el período de reposo de las mismas, más secos son los veranos y menor es el porcentaje de gramíneas precoces en la mezcla. A su vez se debe tener en cuenta que el incremento en fertilidad en los suelos manejados en forma de pasturas, resulta ser un medio eficiente para que prosperen las malezas.

Otro aspecto a destacar en lo que refiere al enmalezamiento es que, las especies forrajeras sembradas difieren en cuanto a la susceptibilidad para ser dominadas por la competencia que les pueden ejercer las malezas, particularmente cuando aquellas se encuentran en estado de plántula. Esta susceptibilidad depende del tamaño de la semilla y de la rapidez de las plantas jóvenes para crear un follaje denso. Esto les permite utilizar mejor la luz, los nutrientes y el agua disponibles, lo que favorece la formación de ambientes sombríos que impiden la germinación de las semillas de las malezas, al provocar que estas permanezcan latentes. Un ejemplo de especies altamente susceptibles a las malezas son las especies del género *Lotus*. Sus plántulas se desarrollan muy lentamente y casi nunca llegan a formar un follaje denso que favorezca su autodefensa (Carámbula, 2002c).

Mientras al estado de plántula la competencia por luz por parte de las malezas es la más importante, al estado de planta adulta la competencia por agua y nutrientes es quien puede limitar más el crecimiento de las especies forrajeras. El momento y la intensidad con que ocurre la competencia por agua depende del tipo de suelo, del almacenaje de humedad del mismo y del régimen pluviométrico, debiéndose tener en cuenta que muchas malezas toleran mejor los déficit hídricos que muchas especies forrajeras, principalmente aquellas malezas pertenecientes al grupo C4 que poseen sistemas radiculares pivotantes profundos o que poseen órganos que son reservorios de agua (rizomas, Carámbula, 2002c).

Incidencia de enfermedades y plagas

Enfermedades

En relevamientos realizados en INIA La Estanzuela (Uruguay), se determinó que mientras en lotus solo un 15% de las plantas sobrevivieron en el

tercer año, debido principalmente a enfermedades de raíz y corona (Altier, 1994), en trébol rojo sobrevivieron al segundo año entre el 7 y 43% por las mismas razones (Altier, 1988). La mortalidad de las plantas debido a las enfermedades de raíz y corona alcanzó a 82% y entre 73 y 100%, respectivamente, para cada una de las especies citadas (Altier, 1988).

En las plantas adultas, las enfermedades de raíz, corona y estolones, son quienes llevan a la muerte de las plantas de las leguminosas al alterar: la normal absorción de agua y nutrientes, la acumulación de reservas y la fijación de nitrógeno⁴. Un ejemplo muy común es el provocado por los ataques de hongos pertenecientes al género *Fusarium* sobre la mayoría de las leguminosas perennes (Carámbula, 2002c).

Plagas

Según Alzugaray (1996) las plagas también causan problemas de diferente índole aunque los daños que producen pueden ser identificados más fácilmente, siendo detectados por lo general como consecuencia de ataques esporádicos.

Los insectos pueden dañar las pasturas directamente consumiendo follaje, raíces o savia, o indirectamente por transmisión de patógenos o favoreciendo la entrada de los mismos. Los daños que provoca puede medirse en cantidad y la calidad de forraje producido, la cantidad de nitrógeno fijado por parte de las leguminosas y la propia longitud de vida de las mismas (Alzugaray y Ribeiro, 2000).

Este último comportamiento se registra en aquellas pasturas atacadas por insectos que provocan efectos crónicos (Pottinger et al., citados por Alzugaray y Ribeiro, 2000). Según dichos autores, aunque las plantas sometidas a un ataque crónico logren sobrevivir por un lapso más o menos prolongado, finalmente mueren. Se trata de insectos como los del suelo, que presentan ciclos de vida largos, las poblaciones aumentan lentamente y tienen baja capacidad de dispersión.

2.6. EFECTOS DEL PASTOREO

Si bien los efectos del pastoreo forman parte de los factores bióticos, debido a su mayor importancia en comparación a los demás factores se prefirió estudiarlos por separado.

⁴ Altier, N. 1988. Com. personal.

Los objetivos del manejo de pasturas cultivadas son, maximizar el crecimiento y utilización de forraje de alta calidad para consumo animal y mantener las pasturas vigorosas, persistentes y estables a largo plazo. Esto depende del sistema de manejo de defoliación impuesto (Formoso, 1996).

Langer (1981) menciona que si a las pasturas mixtas se las permite crecer de forma ininterrumpida, es decir sin cortar, la producción aumenta hasta cierto punto que generalmente coincide con la floración de la gramínea. Luego de que se produce el cambio a la fase reproductiva, la producción se torna muy lenta o inclusive puede volverse negativa. Luego plantea que se podrían obtener los máximos rendimientos anuales de forraje, cosechando la pastura antes del momento en que la acumulación de la materia seca comienza a disminuir. Esto sería posible dos o tres veces por año, pero no es el sistema recomendado debido a dos serios inconvenientes: primero la digestibilidad de forraje en un avanzado estado de crecimiento no es buena por la floración, y segundo, una repetición continuada de intervalos largos entre cortes, ocasionaría una supresión severa del componente leguminosa, comprometiendo la futura producción de las gramíneas por la baja fijación de nitrógeno.

En el crecimiento interrumpido por defoliaciones, cada pastoreo o corte que se realice afectará la entrega de forraje de la pastura a través de dos factores que normalmente tienen efectos opuestos: el número de pastoreos o cortes (frecuencia), y el rendimiento de cada uno de ellos (intensidad, Carámbula, 1996).

2.6.1. Parámetros que definen el pastoreo

2.6.1.1. Intensidad

La intensidad de cosecha, se refiere a la altura del rastrojo al retirar los animales luego de un pastoreo, y no solo afecta el rendimiento de cada defoliación, sino que condiciona el rebrote y por lo tanto la producción total. Es en este sentido que una mayor intensidad tiene una incidencia positiva en la cantidad de forraje cosechado pero negativa en la producción de forraje subsiguiente (Carámbula, 1996). Chilbroste et al. (2008) agregan que pastoreos intensos aumentan la utilización del forraje total, ya que aumenta la remoción del forraje verde y las pérdidas por senescencia disminuyen.

La presión de pastoreo es controlada a través de la regulación del número y tipo de animales por hectárea (carga animal, Cangiano, 1997). El aumento de la carga mejora la utilización de forraje producido y la producción

de carne por unidad de superficie, pero disminuye la ganancia individual (Beretta y Simeone, 2008).

El forraje remanente que se deja luego de una defoliación, es importante que sea altamente eficiente, formado por hojas nuevas con porcentajes mínimos de mortandad, lo cual compensa temporariamente eventuales índices de área foliar (IAF) bajos (Carámbula, 1996). Langer (1981), agrega que cuanto más corta sea defoliada la pastura, mayor será el período transcurrido antes de que ésta alcance el IAF crítico. En dicho IAF se intercepta el 95% de la luz incidente, y la tasa de crecimiento se hace máxima.

Según Zanoniani (1999), una altura óptima de remanente de pastoreo es difícil de determinar, pero destaca que especies de alta productividad manejadas a alturas no menores a 5 cm no limitan su productividad. Menores intensidades llevan a mayores tiempos de reingreso a la pastura esto depende a su vez de la estación del año.

2.6.1.2. Frecuencia

Harris (1978) define a la frecuencia como el intervalo de tiempo entre defoliaciones sucesivas, siendo este uno de los parámetros en determinar la cuantificación del pastoreo.

Langer (1981), sostiene que las pasturas sometidas a períodos de descanso prolongados, rinden relativamente más que aquellas sometidas a intervalos más cortos, ya que se les brinda la oportunidad de crecer a una tasa máxima durante mayor tiempo.

El nivel de reservas de carbohidratos y el peso de la raíz son factores influenciados por la frecuencia utilizada durante el pastoreo. Si los pastoreos son muy frecuentes, disminuyen el nivel de reservas y el peso de la raíz, originando menor capacidad de crecimiento, o sea menor producción de forraje y rebrotes más lentos (Formoso, 2000). La frecuencia no solo tiene impacto sobre el comportamiento en la estación en que se realiza el pastoreo, sino que puede afectar en las siguientes estaciones (Formoso, 1996).

El número de hojas es un indicador de la etapa de crecimiento de la pastura, lo que permite determinar el intervalo de defoliación, siendo el momento óptimo para realizar el pastoreo, cuando la planta alcanza su número de hojas característico luego del rebrote (Fulkerson y Slack, citados por De Souza y Presno, 2013).

2.6.2. Efecto del pastoreo sobre las especies que componen la mezcla y su producción

La defoliación tiene múltiples efectos en el desarrollo morfofisiológico de los pastizales y su impacto dependerá de la severidad de la misma y la resistencia que ejerza la planta frente a esta exposición (Fortes et al., 2004).

Los objetivos del pastoreo serán, colocar a las plantas en similares condiciones de competencia y permitirles la recuperación luego del pastoreo. Mediante el pastoreo continuo tradicional no se logra cumplir con los objetivos, por lo que deberá ser utilizado el pastoreo rotativo/racional. Debido a los hábitos de crecimiento y calidades de las diferentes especies que componen la pastura, la aplicación de pastoreos rotativos, con diferentes frecuencias e intensidades de defoliación, determinarán cambios de las relaciones de competencia y por lo tanto una variación en la composición botánica (Zanoniani, 1999).

Chapman y Lemaire, citados por Cangiano (1997), señalan que algunas especies forrajeras tienen plasticidad fenotípica, ya que modifican su morfología frente a incrementos en la presión de pastoreo, manteniendo la estructura de la población y un crecimiento relativamente constante, o sea, un crecimiento homeostático. También existen especies que tienen menos desarrollado los mecanismos homeostáticos, como lo son el caso de las especies de hábito de crecimiento erecto, que pueden ser defoliadas con facilidad y casi totalmente, como la alfalfa. En este caso es imprescindible ajustar una práctica de manejo que no perjudique la planta, por lo que es necesario retirar los animales y esperar que las plantas recompongan su área foliar y reservas, respetando un adecuado período de descanso. No solo leguminosas como alfalfa y lotus entran en este grupo, sino que también se encuentran algunas gramíneas, como el caso del dactilis, ya que en esta especie defoliaciones demasiado severas, pueden afectar la mayor parte de las reservas que se localizan en la base de la vaina o pseudotallos (Cangiano, 1997).

Tanto en gramíneas como en leguminosas de porte postrado, como el trébol blanco, la producción neta de la pastura no parece ser muy afectado por la carga, salvo que se empleen cargas extremas. En las gramíneas esto está explicado debido a la relación inversa que existe entre el peso y el tamaño de los macollos, lo que le permite a las pasturas alterar su estructura, manteniendo un crecimiento homeostático. En el caso del trébol blanco, la plasticidad frente a incrementos en la defoliación, se manifiesta modificando el largo de los pecíolos y el tamaño de los folíolos. Además, si bien la tasa de crecimiento disminuye con cargas muy altas, también disminuyen las pérdidas por senescencia (Cangiano, 1997).

A igual IAF remanente, las leguminosas y las gramíneas postradas, debido a la disposición de sus hojas, interceptan más luz que las gramíneas cespitosas y se recuperan más fácilmente. A pesar que tienen rebrotes más rápidos, alcanzan antes el IAF óptimo, y en consecuencia sus rendimientos de forrajes son generalmente menores que los de las especies de tipo erecto. Como resultado, éstas últimas presentan una producción mayor con manejos aliviados. En la práctica, bajo pastoreo, se hace muy difícil llegar al IAF óptimo para cada pastura (Carámbula, 1996).

2.6.2.1. Efecto sobre la fisiología de las plantas

La defoliación de la pastura mediante el pastoreo o corte, determina una disminución instantánea de la actividad fotosintética y consecuentemente del nivel de energía disponible para la planta (Simpson y Culvenor, citados por Formoso, 1996). Las prioridades de las plantas al ser defoliadas, apuntan a maximizar la velocidad de recuperación del IAF óptimo, utilizando eficientemente la energía remanente, a los efectos de restablecer lo más rápidamente posible un balance positivo de fijación de energía (Chapín, Richards, citados por Formoso, 1996).

Brougham, citado por Carámbula (2002c), menciona con respecto a los parámetros tamaño y la calidad del IAF remanente, que el período de retraso en la producción de una forrajera, será tanto menor cuanto más alta y eficiente sea la cantidad de área foliar remanente. La acumulación de materia seca de una planta forrajera, es considerada aceptable cuando el sistema de pastoreo que se está aplicando, asegure el balance óptimo entre la disminución de forraje (por pastoreo y/o muerte y descomposición de hojas) y el aumento de forraje que se produce por un proceso de fotosíntesis activo, debido fundamentalmente a valores altos de intercepción de luz, a través de una apropiada área foliar remanente (Carámbula, 2002c).

2.6.2.2. Efecto sobre el rebrote

El crecimiento posterior a una defoliación va a depender, además de los parámetros anteriormente mencionados, de si hay o no eliminación de meristemas apicales y de la eficiencia fotosintética del área foliar remanente.

En gramíneas, en los macollos vegetativos se desarrollan hojas y vainas a partir de yemas laterales, las cuales quedan generalmente próximas al suelo, por lo que una defoliación moderada removerá las partes más viejas de las hojas. Una defoliación severa, puede remover toda la lámina y parte del pseudotallo, por lo que el rebrote va a depender del crecimiento de las hojas que no emergieron de las vainas. Cuando los macollos alargan los entrenudos,

se expone el meristema apical a la defoliación, y si éste es removido el macollo muere y el rebrote depende de que hayan quedado otros macollos con el ápice intacto, o de la producción de nuevos macollos (Escuder, 1997).

El concepto IAF remanente es de suma utilidad práctica para fijar pautas de manejo en la pastura, luego de un corte o pastoreo, el cual se mide por diversos mecanismos. Uno de ellos puede ser por medio de la altura, ya que la altura se correlaciona con la disponibilidad de forraje remanente, el método de doble muestreo, el método de muestreo sistematizado, entre otros. Si este permite generar en la pastura una situación de equilibrio entre la fotosíntesis y la respiración, en este caso el rebrote podrá iniciarse sin dificultades y sin necesidad de tener que recurrir a las sustancias de reserva. Es decir que de acuerdo a la altura y calidad del rastrojo que se deje luego del pastoreo, las plantas tendrán que utilizar o no sustancias de reserva (Jakes, citado por Carámbula, 2002c). Si por el contrario, luego de la defoliación queda muy poco tejido fotosintético como para cubrir los requerimientos de la respiración, la planta estará con un balance de carbono negativo y necesitará carbono de otras fuentes (reservas), para formar nuevas hojas, por lo cual experimentará inicialmente una pérdida de peso (Escuder, 1997).

Brougham, citado por Escuder (1997), observó que el rebrote de una pastura está relacionado con el porcentaje de luz interceptada por la pastura y, consecuentemente, con el área foliar remanente. De no quedar suficiente área foliar remanente, deben recurrir a los carbohidratos disponibles, los solubles no estructurales (Smith, citado por Escuder, 1997).

En pasturas manejadas racionalmente, el rebrote es proporcional a la masa foliar presente, y la pérdida de hojas, representa simplemente una pérdida de área foliar fácilmente recuperable (Milthorpe y Davidson, citados por Carámbula, 2002c). Por el contrario, en pasturas con manejos de manera aliviada, muchas veces el área foliar remanente está constituida por hojas viejas y/o parcialmente descompuestas por la humedad y los microorganismos, por lo que su valor como área foliar fotosintetizante es muy bajo. Esto es de suma importancia en gramíneas con macollas nuevas, donde la mayoría de las hojas jóvenes, se encuentran en el estrato superior de la pastura. En otras especies, como el trébol blanco, las hojas nuevas que se han formado bajo la sombra proporcionada por el exceso de follaje, al ser expuestas bruscamente a la luz solar, pueden sufrir una desecación, provocando una menor eficiencia fotosintética (Pearce et al., citados por Carámbula, 2002c).

2.6.2.3. Efecto sobre las raíces

El principal efecto producido por la defoliación por corte o pastoreo es la disminución de manera brusca en la provisión de carbohidratos a las raíces, y por lo tanto el crecimiento y la actividad se detienen momentáneamente hasta lograr reemplazar el área foliar (Langer, 1981). La rapidez y eficiencia con que se realiza el proceso de crecimiento del sistema radicular, disminuye cuanto más severo sea el pastoreo en invierno y principios de primavera. El sobrepastoreo en esta estación le impide la acumulación de reservas en los órganos más perecederos de las plantas (Carámbula, 2002c).

Los efectos negativos del sobrepastoreo junto con el exceso de agua (en suelos con mal drenaje), producen reducciones en el crecimiento, volumen y vigor de los sistemas radiculares, lo que condiciona un atraso importante en el rebrote de la parte aérea y la supervivencia de las plantas en el siguiente verano. De realizarse un mal manejo, por pastoreos exagerados, los sistemas radiculares se ubicaran muy superficialmente y por lo tanto limitará la capacidad de almacenar agua y la disponibilidad de nitrógeno (Carámbula, 2002c).

En plantas con poca capacidad de rebrote existe cierta susceptibilidad en enfermedades que afectan los sistemas radiculares, éstas son un factor limitante para la producción, particularmente de las leguminosas, ya que generalmente resultan en la muerte de la planta y en una reducción de la persistencia de la pastura. Su efecto negativo se aprecia ya que, alteran la normal absorción de agua y nutrientes, la fijación de nitrógeno y la acumulación de sustancia de reserva, dañando a tejidos de crecimiento y almacenamiento (Leath, citado por Altier, 1996). Se deben de evitar todas aquellas medidas que tiendan a debilitar a las plantas, y en consecuencia que promuevan enfermedades. El pastoreo es el estrés más severo a la que está sometida una pastura. Después de una defoliación los carbohidratos de las raíces disminuyen de manera abrupta, alterando la fisiología de la planta. De realizarse pastoreos o cortes frecuentes se favorece la ocurrencia de podredumbres radiculares, como consecuencia de la no reposición de reservas a nivel radicular, necesarias para el crecimiento o el rebrote (Altier, 1996).

2.6.2.4. Efecto sobre la utilización del forraje

Lograr una buena utilización probablemente sea el aspecto más difícil del manejo del pastoreo. De utilizar una dotación alta y un período de pastoreo suficientemente prolongado, se podría obtener porcentajes de utilización muy altos, aunque esto no resultaría en una elevada producción del ganado, ni en una producción máxima de la pastura en lo que queda del año (Langer, 1981).

Smethan, citado por Escuder (1997), menciona que un aumento en la presión de pastoreo conlleva a un aumento en la eficiencia de cosecha del forraje. Esto implica una disminución en el IAF, y consecuentemente una menor intercepción de luz, provocando una disminución en la eficiencia de producción.

Langer (1981), agrega que una utilización óptima es hacer el mejor uso eficiente del alimento producido, sin perjudicar, a largo plazo, la producción de la pastura. Si se quiere aprovechar enteramente la eficiencia del pastoreo controlado, siempre debe estar asociado a una alta dotación. Ésta carga más alta conduce, entre otras cosas, a una defoliación más uniforme, quedando en el rastrojo cantidades menores de forraje de baja calidad, lo que beneficiará el valor nutritivo en el próximo pastoreo (Carámbula, 2002c).

2.6.2.5. Efecto sobre la calidad

Las medidas más importantes de calidad de una pastura, según Langer (1981) son, la digestibilidad y el contenido de energía bruta de la materia seca.

Explicado por la variación en la relación hoja/tallo, producto de los cortes frecuentes, el forraje producido contiene mayores niveles de proteína, extracto etéreo, y menores niveles de fibra cruda que los cortes menos frecuentes. Con pastoreos frecuentes se logra mantener la energía bruta de la pastura en forma constante a lo largo de la estación (Langer, 1981).

La variación de la materia seca, la proteína, la energía y la digestibilidad que presenta una planta en función de su crecimiento, son aspectos de suma importancia para el manejo y la utilización de la pastura, ya que no solo depende del estado de la pastura, sino también de la edad y el tipo de animales. Tanto el contenido celular como la pared celular varían en función del desarrollo de la planta, la relación entre ambos se invierte en el período comprendido entre el estado muy joven de la planta y cuando completa el estado de madurez. El incremento en el contenido de pared celular a medida que la planta envejece, trae como consecuencia un descenso pronunciado de la digestibilidad de la pastura, por lo tanto de la calidad (Rovira, 2012).

Al avanzar el ciclo de las pasturas, la cantidad de forraje rechazado por el animal se incrementa, al acumularse restos secos y aumentar la proporción de tejidos estructurales. Por esto, se deberá aplicar las mejores técnicas de manejo del pastoreo, respetando en todos los casos las reglas generales de la morfología y la fisiología de las plantas forrajeras, para ofrecer al animal cantidades adecuadas de forraje de alta calidad nutritiva (Carámbula, 1996). La calidad del forraje está afectada, entre otros factores, por la carga animal, aunque el efecto relativo depende de cada situación en particular. En el corto

plazo, la calidad del forraje ofrecido aumenta con la intensidad de pastoreo, al disminuir la cantidad de forraje. En el largo plazo, la calidad va a depender si se produce o no un reemplazo de las especies sembradas y la calidad de las mismas (Escuder, 1997).

El componente leguminosa de la mezcla, eleva notablemente la calidad nutritiva de la misma. A través del manejo, ya sea por pastoreo o fertilización, es posible modificar la población de plantas de leguminosa y por lo tanto aumentar la calidad del forraje ofrecido. Es posible afirmar que la mejor calidad de una pastura se logrará cuando se alcancen altos porcentajes de leguminosas, contribuciones elevadas de hojas verdes y bajos aportes de material en descomposición o muerto (Carámbula, 1996). Al aumentar la calidad de forraje se puede incrementar el rendimiento por animal, ya que manteniendo una dotación constante, se podrá producir más carne, lana o leche por unidad de superficie (Carámbula, 1977). Galli (1997), menciona que los alimentos difieren en su capacidad para satisfacer las funciones de mantenimiento, crecimiento y reproducción de un animal. En un sistema de producción basado en pasturas, se podría considerar que la pastura de mayor calidad, es aquella con la que se obtiene mayor respuesta productiva.

2.6.2.6. Efecto sobre la composición botánica

La defoliación y la selectividad propia del pastoreo, así como el retorno desigual de nutrientes a la pastura, ejercen efectos importantes sobre la competencia entre especies y la composición de la pastura (Pearson e Ison, citados por Carámbula, 1996).

El efecto del método de pastoreo y la variación en frecuencia o intensidad de defoliación, pueden interactuar con el mayor o menor crecimiento estacional que tienen las especies de las pasturas, posibilitando el control de la composición botánica de la misma (Escuder, 1997). Un pastoreo intenso y frecuente, cuando la especie considerada está en activo crecimiento, resulta en una disminución de su capacidad competitiva, frente a otras especies que soportaron el pastoreo en forma latente o con menor tasa de crecimiento. Al modificarse la composición botánica, se altera consecuentemente la distribución de la producción a lo largo del año, pero la producción total anual tiene menor variación (Escuder, 1997). Los pastoreos frecuentes, favorecen la proporción de leguminosas bajas y estoloníferas, en detrimento de las erectas. Mientras que manejos aliviados favorecen a las gramíneas de porte erecto, manejos intensivos promueven a las especies postradas (Carámbula, 2002c).

2.6.2.7. Efecto sobre la persistencia

La persistencia de una especie se relaciona al comportamiento de aparición y muerte de hojas, al proceso de macollaje y a la formación de raíces. En general, una pradera es pastoreada en forma discontinua, dando lugar a la formación de zonas aliviadas y de zonas sobrepastoreadas. Ambos procesos, reducen la persistencia de la pastura al disminuir la probabilidad de formar macollas nuevas (Carámbula, 1977).

Hogdson y Sheath, citados por Carámbula (2002c), opinan que la interacción entre frecuencia e intensidad de pastoreo, ejerce una influencia muy importante sobre el porcentaje de sobrevivencia de cada una de las unidades de crecimiento, tanto de macollas y tallos como de estolones y rizomas.

Si el pastoreo se realiza de acuerdo a lo recomendado, el cual depende de muchos factores como las especies que componen la mezcla, el estado de desarrollo de la misma entre otros, no sería capaz de producir inconvenientes serios en la persistencia, pero existen algunos factores asociados que podrían provocar efectos nocivos sobre las pasturas. Éstos pueden ser, el pisoteo, el pastoreo selectivo, el traslado de fertilidad, entre otros (Hay y Hunt, citados por Carámbula, 2002c).

En el caso de especies perennes, la persistencia debe favorecerse básicamente, por un manejo de pastoreo que permita la aparición de nuevas unidades de crecimiento, mediante el mantenimiento de procesos activos de macollaje y de formación de tallos, rizomas y estolones (Carámbula, 2002c).

La población de plantas de las especies sembradas, disminuye luego del año de siembra, la producción alcanza un máximo en el segundo y tercer año en que las plantas son más vigorosas, luego comienza un proceso de desaparición de plantas. Cuanto más irracional sea el manejo que se realice, más rápida será la desaparición de las especies sembradas. La presencia de las plantas está asociada, no solo a la estabilidad de la pastura, sino también a su producción (Carámbula, 2002c).

La persistencia se considera como el mantenimiento de una población adecuada de plantas, que son capaces de cubrir las exigencias de producción de materia seca, especialmente en épocas críticas. Este es uno de los motivos por el cual en las especies anuales, se recomiendan promover los procesos de floración, fructificación y regeneración, favoreciendo su presencia productiva y obteniendo una regeneración de la especie (Sheath et al., citados por Carámbula, 2002c).

De realizarse defoliaciones inapropiadas, se reduce el vigor de las plantas, se elevan los sistemas radiculares y se favorece la invasión de malezas (Carámbula, 1996). Por ello es fundamental promover la ocupación de los espacios vacíos, que dejan las especies perennes y anuales, ayudando así a obtener una mayor persistencia de la pastura (Carámbula, 2002c).

2.6.3. Efecto del pastoreo sobre el desempeño animal

El consumo es un factor muy importante que afecta la producción de carne. Debido a la complejidad de los mecanismos que regulan el consumo voluntario de forraje, es necesario introducir simplificaciones para ver cómo influyen en condiciones de pastoreo. El término forraje disponible incluye aquellos factores que afectan la calidad potencial, como la composición química (nutrientes, pared celular, olor, etc.), las características estructurales (relaciones hoja/tallo, vivo/muerto, gramínea/leguminosa, densidad de canopeo) y forma de presentación del forraje al animal (Cangiano, 1997).

El consumo de forraje por animales en pastoreo, está determinado por factores relacionados con el animal, la pastura, el manejo y el ambiente. Con respecto al animal, se puede citar la edad, el peso, el estado fisiológico, la condición corporal, entre otros. Con respecto a la pastura, se considera la digestibilidad, la composición química, las especies, la cantidad de forraje y su madurez. Con respecto al manejo se considera la cantidad de forraje por animal y por día y el sistema de pastoreo (Cangiano, 1997).

Langer (1981) menciona que siempre que la producción animal no descienda por debajo de un nivel razonable, un aumento en la dotación produce un aumento en la producción animal por hectárea. Al superarse cierto punto, con mayores cargas, se puede observar una disminución de la producción, y luego un decrecimiento en la producción individual.

La capacidad de un animal en pastoreo para mantener niveles adecuados de consumo, depende de su capacidad para modificar su comportamiento ingestivo, en respuesta a cambios estructurales en la pastura, quedando determinado el mismo por el producto de peso de bocado, la tasa de bocado y el tiempo de pastoreo (Cangiano, 1997).

El término disponibilidad de forraje se utiliza para expresar la cantidad de forraje que se le ofrece al animal en pastoreo, y su relación con el comportamiento animal, depende de cuánto este forraje disponible es consumido, de su valor nutritivo y de la eficiencia de conversión del mismo. Por lo que la disponibilidad de forraje, afecta en forma notable el consumo animal. Al reducirse la disponibilidad, disminuye la cantidad de forraje por bocado, y

aunque se incremente el tiempo de pastoreo, este puede resultar insuficiente para mantener el consumo, y finalmente el animal deja de pastorear. Un tiempo de pastoreo muy largo evidencia una limitante de la pastura. A altas disponibilidades, los factores que afectan el consumo, normalmente son de carácter nutricional. Se debe regular la dotación para evitar disponibilidades extremas, por lo tanto se deben evitar sobrepastoreos y subpastoreos (Carámbula, 1996).

2.7. DATOS DE PRODUCCIÓN DE FORRAJE EN TRABAJOS ANTERIORES

A continuación se presentan los resultados obtenidos en producción de forraje, en distintas mezclas de distintos años, en el período invierno-primaveral. Estos datos fueron extraídos de diferentes tesis, de años anteriores.

Albano et al. (2013), estudiaron la producción de forraje para dos mezclas en su primer año de vida. La mezcla compuesta por *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*, presentó una producción de materia seca en el entorno de los 5120 kg/ha de MS. Mientras que la mezcla compuesta por *Dactylis glomerata* y *Medicago sativa*, arrojó un resultado de 2574 kg/ha de MS. Ambas mezclas presentaron un porcentaje de utilización de 50%.

Laluz et al. (2015) determinaron la producción en su primer año de vida de cuatro mezclas, una compuesta por dactilis y alfalfa, y las tres mezclas restantes consistían en festuca, trébol blanco y lotus, variando únicamente el cultivar de festuca. El pastoreo fue realizado con novillos holando de tres años de edad, rotativo con 5 centímetros de intensidad de pastoreo. Las producciones fueron de 3021 kg/ha de MS para dactilis y alfalfa, 3679 kg/ha de MS para la mezcla de festuca, trébol blanco y lotus utilizando el cultivar Tacuabé, 3345 kg/ha de MS con el cultivar Tuscany II, y 3681 con el cultivar Brava.

A su vez, López et al. (2013), trabajaron sobre las mismas mezclas, en igual período estacional, en el segundo año de vida. Para las mezclas compuestas con festuca, se obtuvo una producción de 5454,1 kg/ha de MS (promedio) y la utilización estuvo en el entorno del 49,8%. En cambio, para las mezclas que contienen dactilis, la producción de forraje en promedio fue de 6971,9 kg/ha de MS, con una utilización de 54,7%.

Las mismas mezclas fueron estudiadas por De Souza y Presno (2013), pero en este caso se correspondía al tercer año de vida de la pastura. Se trabajó con distintas dotaciones para el caso de la festuca, y las producciones obtenidas fueron de: 7840 kg/ha de MS con dos novillos por parcela, y la

utilización fue de 27,9%; con 4 novillos por parcela, se obtuvo una producción de 5034 kg/ha de MS y una utilización del 34,1%; mientras que con 6 novillos en la parcela, la producción fue de 6216 kg/ha de MS, con una utilización de 39,6%. Para el caso de la mezcla compuesta por dactilis, se trabajó con una dotación de 4 novillos por parcela, y una superficie por parcela de 0,24 ha aproximadamente, se obtuvo una producción de 5832 kg/ha de MS, con un 43,7% de utilización.

Cairús y Regusci (2013) estudiaron la producción de una pradera compuesta por festuca, trébol blanco y lotus, en su tercer año de vida, con diferentes dotaciones (4, 7 y 10 novillos). Las producciones fueron de 7351, 6924 y 6377 kg/ha de MS respectivamente, todas con una utilización del entorno del 50%.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. CONDICIONES EXPERIMENTALES

3.1.1. Lugar y período experimental

El presente trabajo fue realizado en la estación experimental Dr. Mario A. Cassinoni (Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Paysandú, Uruguay), en el potrero No. 34 (Latitud: 32° 22' 31.00" S, Longitud 58° 03' 46,00" O), durante el período comprendido entre el 17 de agosto hasta el día 22 de setiembre y desde el día 28 de octubre al 25 de noviembre del año 2016, estos períodos corresponden al análisis de invierno y primavera respectivamente, sobre cuatro mezclas forrajeras en su tercer año de vida.

3.1.2. Descripción del sitio experimental

Según la Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay, de escala 1:1.000.000 (Altamirano et al., 1976), el área experimental se ubica sobre la Unidad San Manuel, la cual pertenece a la formación geológica Fray Bentos. Los suelos dominantes allí presentes son brunosoles éutricos típicos (háplicos), superficiales a moderadamente profundos, de textura limo-arcillosa. Como suelos asociados se encuentran brunosoles éutricos lúvicos y solonetz solodizados melánicos, de textura limosa y franca, respectivamente.

3.1.3. Antecedentes del área experimental

Las mezclas fueron evaluadas en su tercer año de vida, y fueron sembradas sobre un rastrojo de pradera mezcla de *Dactylis glomerata* (dactilis) y *Medicago sativa* (alfalfa), y *Festuca arundinacea* (festuca), *Trifolium repens* (trébol blanco), y *Lotus corniculatus* (lotus). La fecha de siembra fue el 23 de mayo de 2014. La densidad de siembra para dactilis, cv. INIA Perseo fue de 10 kg/ha, y para alfalfa cv. Chaná fue de 12 kg/ha. Para festuca se sembraron los cv. Tacuabé, Tuscany II, y Brava, a una densidad de siembra de 15 kg/ha para los tres casos, y además lotus cv. San Gabriel y trébol blanco cv. Zapicán a densidades de siembra de 8 kg/ha y 2 kg/ha respectivamente. A la siembra las pasturas fueron fertilizadas con 100 kg/ha de fertilizante binario 7-40-0. A principios del mes de agosto de 2014 fue fertilizado todo el potrero con 100 kg/ha de urea, y a mediados del mismo mes se aplicaron 400 cc/ha de preside (flumetsulam), solamente en los bloques 2 y 3.

Para el segundo año las fertilizaciones que se realizaron fueron 100 kg/ha de 7-40-0 en el mes de abril y dos dosis de 70 kg/ha de urea una correspondiente al mes de mayo y otra en el mes de agosto. Para el tercer año no se realizaron aplicaciones.

3.1.4. Tratamientos

Los tratamientos consistieron en cuatro mezclas forrajeras, combinando una especie de gramínea con una o dos leguminosas.

Estos fueron:

- *Dactylis glomerata* y *Medicago sativa* (DM).
- *Festuca arundinacea* cv. Tacuabé, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus* (FtTrLc).
- *Festuca arundinacea* cv. Tuscany II, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus* (FtyTrLc).
- *Festuca arundinacea* cv. Brava, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus* (FbTrLc).

Las mezclas fueron pastoreadas con novillos de raza hollando con un peso individual promedio de 450 kg, siendo asignados al azar con el propósito de tener 4 novillos por tratamiento. El método de pastoreo utilizado era rotativo con un ciclo de 40 días por bloque en el cual había 10 días de ocupación y 30 días de descanso.

La fecha de inicio de pastoreo en el período invernal fue el 17 de agosto en el bloque 1, hasta el día 30 del mismo mes, luego del 9 al 26 de setiembre pastorearon el bloque 2. Posteriormente en el segundo período estudiado (primavera) el pastoreo comenzó el día 31 de octubre hasta el 7 de noviembre en el bloque 2 y por último los animales pasaron este mismo día al bloque 3 hasta el día 11 de noviembre. Es importante mencionar que los muestreos en el bloque 1 comenzaron en la estación de primavera.

3.1.5. Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar, desarrollado en un área de 4,63 hectáreas, divididas en 3 bloques, correspondiendo cada uno a una repetición. A su vez estos bloques fueron divididos en cuatro parcelas, conteniendo cada una de ellas uno de los tratamientos antes mencionados. Los bloques muestreados durante este trabajo fueron bloques I, II y III.



Figura 1. Disposición de los bloques y tratamientos del diseño experimental

3.2. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Las variables estudiadas para este trabajo fueron tasa de crecimiento, producción de materia seca por estación, composición botánica gravimétrica, relación lámina/vaina, altura de forraje y relación altura/disponibilidad de materia seca.

3.2.1 Variables analizadas

A continuación se detallan las variables de interés de este trabajo y el procedimiento utilizado para la medición de las mismas.

3.2.1.1. Datos meteorológicos

Para la realización de los datos meteorológicos se obtuvo una gráfica de barras con los datos de precipitaciones de una serie histórica que abarca los años 2002 a 2014, comparándola con los datos meteorológicos del año 2016 correspondiente al período de estudio. Lo mismo se realizó con la temperatura. Es importante mencionar que se estudiaron los meses desde julio a noviembre ya que fue el período aproximado en el que se realizó el experimento.

3.2.1.2. Composición botánica gravimétrica

La composición botánica gravimétrica se obtuvo mediante muestreos semanales durante el período comprendido en cada estación (invierno y primavera), con el objetivo de evaluar la evolución de cada uno de los componentes y fracciones de los mismos que conforman el tapiz de los tratamientos.

Para esto se realizaron cinco muestras por tratamiento dentro de los bloques asignados a ser cortados, y las asignaciones siempre dependiendo del ciclo de pastoreo.

Los muestreos de invierno fueron realizados los días 17 y 26 de agosto, y 8, 15 y 22 de setiembre, siendo muestreados únicamente los bloques II y III. A partir de la estación de primavera se comenzó a realizar muestreos en el bloque I, II y III. Los días de muestreo de primavera fueron el 28 de octubre y 6, 16, 18 y 25 de noviembre.

La unidad muestral para este trabajo fue un cuadrante de 20x50 centímetros el cual se arrojaba al azar tratando en primer instancia de que fuera en una zona representativa de la parcela y luego los sucesivos cortes para ese mismo día o como para cortes correspondientes a otras semanas también tratando de respetar este patrón, luego de lanzar el cuadrante se midió altura y posteriormente se realizó el corte utilizando trincheta, este lo más al ras posible sin extraer contenido de suelo, quedando así formada cada muestra.

Luego de tomadas las muestras pertinentes a la semana, las mismas eran llevadas a laboratorio en donde se separaban las distintas fracciones las cuales eran, vaina, lámina, pecíolo, folíolo, restos secos y malezas. Luego de tener las muestras fraccionadas las mismas se llevaban a estufa durante 48 horas a una temperatura de 60 °C y por último se pesó en balanza de precisión y registraron los datos obtenidos.

3.2.1.3. Relación lámina/vaina

Para realizar la relación lámina vaina se dividieron todas las medidas de peso seco disponible de lámina sobre las medidas de peso seco disponible de vaina, durante los dos períodos de muestreo, realizándose posteriormente análisis estadístico de varianza.

3.2.1.4. Enmalezamiento como porcentaje de la materia verde

Para el cálculo del enmalezamiento como porcentaje de la materia verde se sumó el peso seco de la fracción malezas, la fracción gramínea y la fracción leguminosa.

3.2.1.5. Restos secos como el porcentaje del total

Para el cálculo de restos secos como porcentaje del total se sumaron todas las fracciones de la composición botánica gravimétrica y se obtuvo qué porcentaje ocupaba la fracción restos secos en dicho total y para cada tratamiento.

3.2.1.6. Forraje total disponible

Para calcular el forraje total disponible se sumó el peso seco de cada una de las distintas fracciones estudiadas en la composición botánica gravimétrica mencionada anteriormente (resto seco, malezas, gramíneas y leguminosas) de cada muestreo. De esta manera se obtuvo el forraje disponible para cada tratamiento.

3.2.1.7. Forraje total remanente

Se cuantificó de la misma forma que se explicó en el ítem anterior luego del cambio de los animales de parcela.

3.2.1.8. Altura de forraje

Para medir la altura de la pastura se realizaron un total de 540 registros en los tres bloques estudiados. En primera instancia previa a cada corte semanal, lo que se registró fue el punto más alto donde tocaba la hoja la regla en el centro de cada uno de los tres cuadros cortados por tratamiento.

3.2.1.9. Tasa de crecimiento

La tasa de crecimiento se estudió mediante análisis de varianza utilizando anava, así como también por análisis de la curva de regresión de la

gráfica.

Se calculó la tasa de crecimiento diaria y total en cada estación. En ambas se realizó un promedio de todos los muestreos realizados en cada fecha, obteniéndose un peso de forraje por mezcla por fecha de muestreo, y de esa manera calcular dichas tasas.

Para la tasa de crecimiento diaria se restó el disponible de la semana siguiente a la semana anterior y se lo dividió por el número de días entre muestreo, para de esa forma obtener la producción de forraje, tanto para las semanas de invierno como primavera. A su vez se separó en tasa de crecimiento de forraje sobre muestreo de remanente y sobre muestreo de disponible, ya que la misma varía dependiendo del estado de la pastura. Es importante dejar en claro que todos los muestreos se realizaron en una misma zona homogénea de la parcela con el objetivo de que las sucesivas medidas en esa zona presentaran características similares al sitio donde se realizó el muestreo anterior.

Para el cálculo de la tasa de crecimiento total de invierno se restó el disponible del último muestreo correspondiente al día 22 de setiembre 2016 menos el disponible correspondiente a la segunda fecha de muestreo, dividido sobre la cantidad de días que duró dicho período. No se tomó el primer muestreo para el cálculo de esta tasa ya que contenía forraje acumulado de la estación de otoño, la cual no estaba en los objetivos de la investigación. Para la tasa total de primavera el procedimiento fue el mismo que para invierno, restándose el disponible o remanente correspondiente a la fecha del 25 de noviembre 2016 menos el primer muestreo del 28 de octubre 2016, sobre el número de días transcurrido entre ambas fechas.

En lo que corresponde a las gráficas de curvas de producción, se realizó un promedio tanto para invierno como para primavera de los tres muestreos durante cada período de corte de forraje. Con el objetivo de que sea representativo se tomó como día cero la fecha del 26 de agosto de 2016 y luego se contabilizó los días de los sucesivos muestreos, valores correspondientes a la variable independiente, tomando como dependiente la disponibilidad de forraje. De esta manera se obtuvo la curva de producción para cada estación y para cada mezcla, donde la pendiente de la línea de tendencia es la tasa de crecimiento promedio. A su vez se calculó el coeficiente de correlación, la ecuación del gráfico y la probabilidad a través de la herramienta "análisis de datos" en Excel. Es importante mencionar que en primavera se realizaron medidas del remanente ya que en muchos casos se muestreó luego del pastoreo.

A su vez se realizó una comparación con las tasas de crecimiento calculadas por otros autores.

3.2.1.10. Producción de materia seca por estación

Para calcular la producción de materia seca por estación se multiplicó la tasa de crecimiento promedio de cada estación por los días de duración de cada período. Las tasas de crecimiento utilizadas corresponden a las obtenidas a través del análisis de varianza ya que la tasa de crecimiento a partir de las curvas de regresión no presentó diferencias estadísticamente significativas.

A su vez se comparó con la producción de otros trabajos y autores.

3.2.1.11. Relación de altura con disponibilidad de materia seca

Con el objetivo de establecer una relación entre la altura de muestreo del forraje y la disponibilidad de materia seca en cada mezcla se realizó una gráfica de regresión con los datos de muestreo tanto para invierno como para primavera, tomando como variable independiente la altura y dependiente la disponibilidad de forraje. A dicha gráfica se le realizó una línea de tendencia y se estableció la ecuación matemática, el coeficiente de correlación y la probabilidad, obteniéndose cuántos kilogramos de materia seca se corresponden con un centímetro de altura de la pastura.

3.3. HIPÓTESIS

3.3.1. Hipótesis biológica

Las mezclas forrajeras que contengan *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus* deberían tener mayores tasas de producción de materia seca que mezclas compuestas por especies de mayor crecimiento estival, como la compuesta por *Medicago sativa* y *Dactylis glomerata*. Pudiendo presentarse diferencias entre los diferentes cultivares de festuca presentes.

3.3.2. Hipótesis estadística

- Ho: $T_1=T_2=T_3=T_4$

- Ha: existe al menos un T_i diferente

3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para realizar el análisis se utilizó el software estadístico, con el cual las variables medidas fueron estudiadas por medio del análisis de varianza, a

través de la realización de anava, determinando si existen diferencias entre tratamientos. En este caso se tomó un nivel de significancia del 10%.

El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar (DBCA), el cual se presenta a continuación, con tres bloques y cuatro tratamientos por bloque.

Para poder realizar el análisis estadístico es pertinente contar con un modelo estadístico, el cual se ajuste al experimento.

$$- Y_{ij} = \mu + M_i + \beta_j + E_k + F_l + E_k * M_i + F_l * M_i + \epsilon_{ij}$$

Siendo:

- Y = Variable de interés.
- μ = Media general.
- M_i = Efecto de la i-ésima mezcla.
- β_j = Efecto del j-ésimo bloque.
- E_k = Efecto de la k-ésima estación.
- F_l = Efecto de la l-ésima fecha.
- $E_k * M_i$ = Efecto de la interacción estación*mezcla.
- $F_l * M_i$ = Efecto de la interacción fecha*mezcla.
- ϵ_{ij} = Error experimental.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DATOS METEOROLÓGICOS

A los efectos de presentar las características ambientales para el período en estudio, se consideran los datos de precipitaciones y temperatura de una serie histórica que abarca los años entre 2002 y 2014 (13 años), y por otro lado los datos meteorológicos del año 2016, en el que fue realizado el experimento.

Se realizó una comparación mediante gráficas entre los promedios de los registros de dicha serie histórica, y los promedios del año 2016, para el período de julio a noviembre; las cuales se presentan a continuación.

Según Chebataroff (1969), Del Puerto (1969) Uruguay ocupa un lugar de transición desde el punto de vista climático. Carámbula (2002a) afirma que si bien los parámetros que definen al clima registran valores promedios moderados, estos presentan una gran variabilidad como consecuencia de que la región se ve afectada por masas de aire de distinto origen. Esta situación la expone a cambios bruscos en el estado del tiempo, con registros de temperaturas y lluvias sensiblemente alejadas de dichos promedios. Como se observará en los dos gráficos siguientes, el año en estudio presentó valores alejados del promedio histórico, siendo un fiel reflejo de lo mencionado anteriormente.

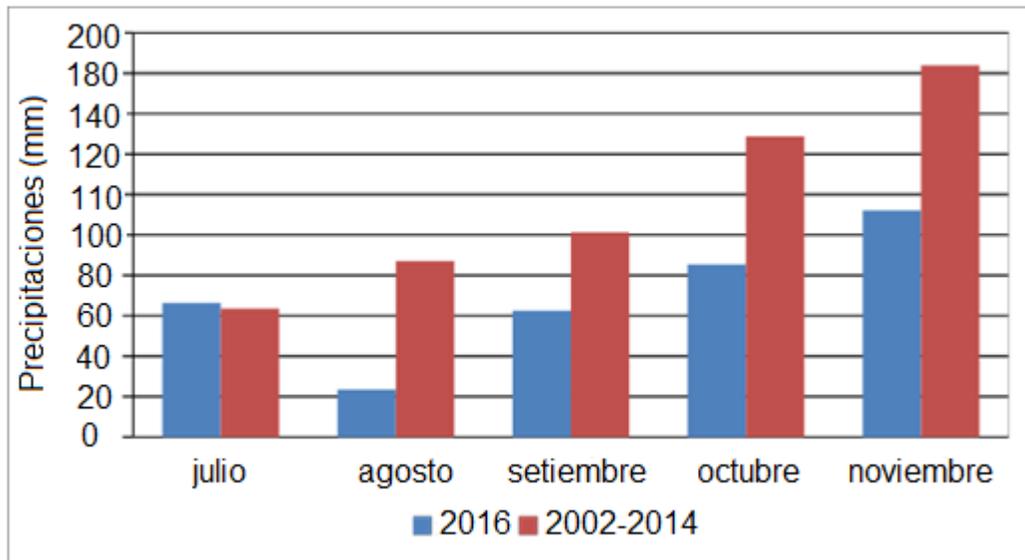


Figura 2. Comparación mensual de precipitaciones entre el año 2016 y la serie histórica 2002-2014

Puede observarse una diferencia marcada en la mayoría de los meses relevados, por lo que el año en el que se desarrolló el experimento no presentó características similares a la media del período histórico considerado en cuanto al régimen pluviométrico.

Tomando en cuenta que durante el mes de julio no se presentaron diferencias en cuanto a precipitación entre el año en estudio y el promedio histórico, tampoco se dieron excedentes de precipitaciones que pudieran inferir una transferencia de agua disponible en el suelo para el mes de agosto. Esto sumado a que durante los meses de agosto, setiembre, octubre y noviembre las precipitaciones estuvieron muy por debajo del promedio histórico sería factible esperar condiciones de déficit hídrico durante estos meses. Dato que contribuye a esta hipótesis es que la evapotranspiración (ver anexo 4) para dicho período superó para los meses de agosto, setiembre y octubre a los registros de precipitación, por lo que la demanda de agua por parte del forraje fotosintéticamente activo pudo no verse cubierta.

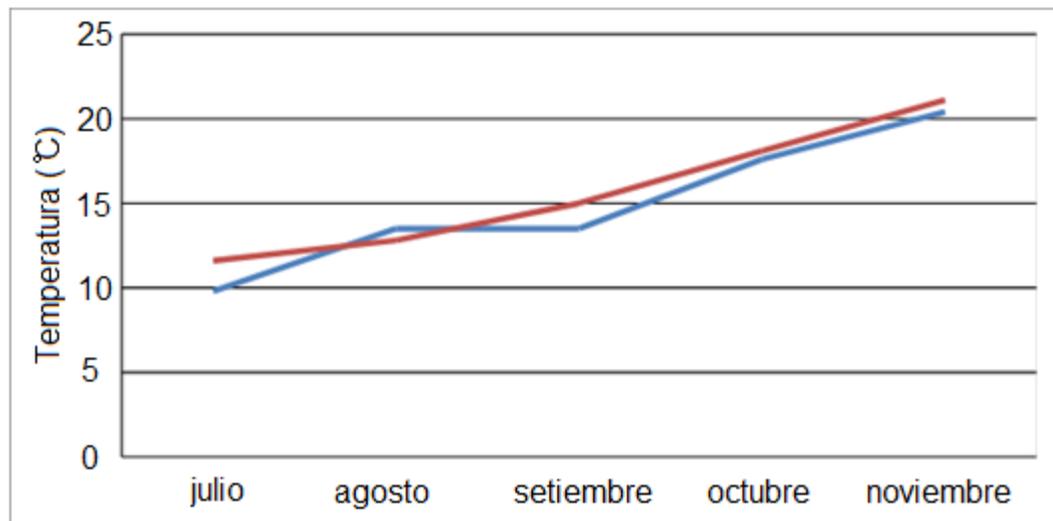
El marcado déficit de precipitaciones del mes de agosto pudo afectar la recarga de agua del suelo ya que estos suelos presentan según el mapa de capacidad de agua disponible escala 1:1.000.000 extraído del MGAP una capacidad de almacenaje de aproximadamente 80-120 milímetros, y solo llovieron 20 milímetros (20%), esto pudo afectar el crecimiento de las especies

estivales que componían las mezclas en estudio, traduciéndose en una menor producción de forraje.

Una deficiencia hídrica provoca según Hsiao y Acevedo, Turner y Begg, Jones, Nabinger, Santiñaque, Barker y Cardus, Santiñaque y De Battista, citados por Carámbula (2002c) los siguientes efectos:

- reducción en el área foliar (expansión de hojas).
- reducción en el macollaje.
- incremento en la muerte de hojas y macollas.
- aumento en la relación raíz/tallo (valor relativo).
- aumento del sistema radicular (valor absoluto).
- aumento en la profundidad de enraizamiento.
- disminución en la fijación de nitrógeno por los nódulos.
- disminución en la accesibilidad a nutrientes.
- disminución en el tamaño de las células.

Algunos de los efectos mencionados anteriormente (principalmente reducción del área foliar, reducción en el macollaje e incremento de muerte de hojas y macollas), se pudieron observar en los resultados obtenidos en el presente trabajo, los cuales se discutirán en las páginas siguientes.



Referencias: año 2016 (línea azul) y la serie histórica 2002-2014 (línea roja).

Figura 3. Comparación mensual del promedio de temperaturas para el año 2016 y la serie histórica 2002-2014

Se observó una diferencia leve en el comportamiento de las temperaturas. Donde las temperaturas medias del año 2016 se puede decir que en la mayoría de los meses del experimento se encontró por debajo de las temperaturas del promedio de la serie histórica a excepción del mes de agosto que la temperatura media del 2016 superó levemente a la media de la serie, coincidiendo a su vez con el pico de menor precipitación del período en estudio.

Por otra parte se puede ver que la temperatura en los meses de agosto y setiembre se encuentra por debajo del rango de temperaturas óptimas de especies C3 (15-25°C, Nabinger, s.f.), por lo que en este mes que es uno de los meses de mayor crecimiento de estas pasturas la temperatura podría estar limitando el mismo.

4.2. EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA

4.2.1. Tasa de crecimiento

Para el caso de la tasa de crecimiento a partir de forraje remanente, la misma fue nula. Esto podría explicarse debido al corto período de muestreo durante la estación de primavera el cual no permitió observar la recuperación de la pastura luego del pastoreo, sumado a que las condiciones climáticas afectaron el rebrote de las especies componentes de las mezclas.

Brougham (1956) sostiene que el período de retraso en la producción de una forrajera será tanto menor cuanto más alta y eficiente sea la cantidad de área foliar remanente.

En lo que refiere a la tasa de crecimiento total de primavera, esta también fue nula. Este resultado pudo deberse a que los pastoreos se realizaron en esta estación, siendo gran parte del forraje muestreado, remanente, por lo que es de esperar un crecimiento muy lento durante el período en estudio ya que fue breve en comparación al tiempo que necesita la planta para recuperarse. Esta tasa se correlaciona con la tasa diaria a partir de forraje remanente explicada anteriormente.

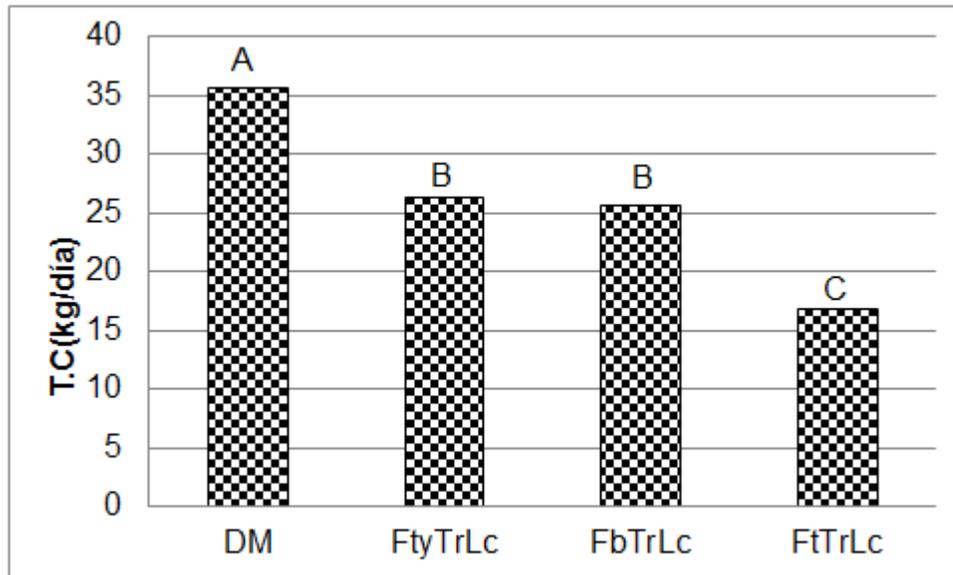
4.2.2. Tasa de crecimiento promedio diaria a partir de forraje disponible

Como se observa en el siguiente gráfico (figura 4) las mezclas estudiadas presentaron diferencias estadísticamente significativas en la tasa de crecimiento diaria. La mayor tasa de crecimiento correspondió a la mezcla compuesta por dactilis y alfalfa con 35,6 kg/día seguido por las mezclas que contenían a festuca cultivar Brava y Tuscany con 25,8 y 26,4 kg/día respectivamente, ambas sin presentar diferencias significativas. La mezcla que

presentó una menor tasa de crecimiento fue la de festuca cultivar Tacuabé con 17 kg/día.

En cuanto al análisis las tasas de crecimiento expuestas se puede inferir que el año en estudio perjudicó más a las mezclas de trébol blanco, lotus y festuca y más aún cuando en la mezcla el cultivar de festuca es Tacuabé en comparación de estas mezclas con alfalfa y dactilis. Esto se pudo deber a que la primer mezcla es más sensible a déficit hídricos, principalmente debido al componente trébol blanco el cual en condiciones ideales presenta mayor producción a fines de invierno y principio de primavera. Dado que las condiciones de régimen hídrico para el año no fueron favorables esto pudo explicar de alguna manera la baja producción de estas mezclas. Según Carámbula (2002a) el trébol blanco sufre enormemente la falta de agua, afectando la sobrevivencia de plantas por lo que la persistencia dependerá de una buena resiembra anual. Esto sumado a la alta compatibilidad de trébol blanco con festuca Tacuabé pudo provocar que la proporción de estas dos especies en la pastura fuera mayor con respecto a las mezclas que contenían otros cultivares de festuca, por lo que la falta de precipitaciones perjudicó en mayor medida a la mezcla de Tacuabé, traduciéndose en menor tasa de crecimiento. Teniendo en cuenta lo citado y a su vez que se está analizando una pradera de tercer año, esto pudo explicar en gran parte el resultado de la tasa de crecimiento encontrada.

Por otro lado el componente alfalfa de la segunda mezcla mencionada concentra la mayor parte de su producción en las estaciones primavera-verano, 65-75 % (Rebuffo, 2000), sumado a que presenta una buena tolerancia al déficit hídrico (Carámbula, 1997), a que dactilis se adapta bien a suelos con bajos contenidos de humedad (Langer, 1981), y tomando en cuenta como se presentó el año en estudio estos factores explicarían la tasa de crecimiento que se obtuvo.

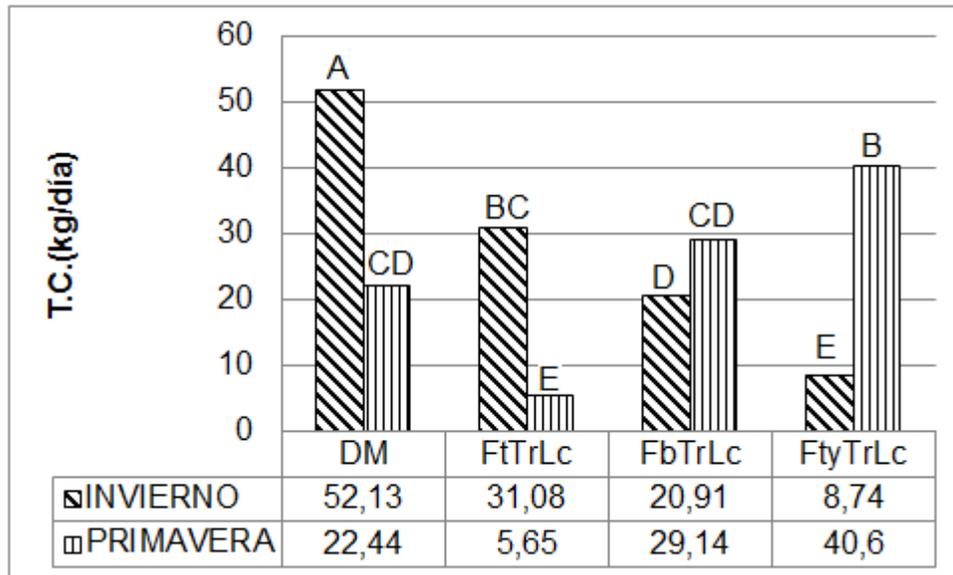


Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.10$)

Figura 4. Tasa de crecimiento diaria promedio (invierno-primavera) según mezcla

En cuanto a la interacción mezcla*estación se obtuvo el siguiente gráfico.

La mayor tasa de crecimiento la presentó la mezcla de dactilis y alfalfa para la estación de invierno. Seguido de la mezcla simple con cultivar Tuscany para la estación de primavera sin presentar estas diferencias estadísticamente significativas con la mezcla que presentaba a cultivar Tacuabé. Luego las menores tasas de crecimiento se registraron en la mezcla de festuca Tacuabé en primavera y Tuscany en invierno sin presentar diferencias entre ellas.



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.10$)

Figura 5. Interacción estación*mezcla

Tomando en cuenta el comportamiento de la mezcla entre estaciones, la única mezcla que no presentó diferencias estadísticamente significativas fue la de festuca cultivar Brava, trébol blanco y lotus.

La mezcla de dactilis y alfalfa presentó mayor tasa de crecimiento en invierno con respecto a primavera. Por otra parte la mezcla de festuca cultivar Tacuabé se comportó de la misma forma que la mezcla ultrasimple, mientras que la mezcla de festuca cultivar Tuscany fue la que presentó mayor crecimiento primaveral en comparación a la estación de invierno.

Comparando entre mezclas y entre estaciones, la mezcla ultrasimple se comportó diferente, presentando mayor tasa de crecimiento promedio diaria con respecto a las demás mezclas estudiadas para la estación de invierno. Con respecto a las mezclas simples, las tres se comportaron de manera diferente, donde la mayor tasa de crecimiento fue para la mezcla de festuca cultivar Tacuabé, seguida por Brava y por último Tuscany, durante la estación de invierno.

Durante la estación de primavera la mezcla ultrasimple se comportó igual a la de festuca cultivar Brava. La que presentó mayor tasa de crecimiento fue la de festuca cultivar Tuscany y la de menor tasa de crecimiento la de festuca cultivar Tacuabé.

Con respecto al comportamiento que presentó la mezcla ultrasimple, debido a que la alfalfa cultivar Estanzuela Chaná presenta latencia intermedia, con escaso crecimiento en invierno y como se verá en resultados posteriores su contribución a la mezcla fue escasa, la mayor tasa de crecimiento con respecto a las demás mezclas durante esta estación pudo deberse al comportamiento de dactilis. Según lo afirma Carámbula (2002a) es una especie que se desarrolla mejor en suelos francos de buena fertilidad (textura de los suelos en estudio), a su vez tomando en cuenta que eran pasturas de tercer año, la presencia de esta especie le otorga según Bautés y Zarza, citados por Carámbula (2002c) gran capacidad de competir con gramilla, maleza predominante en pasturas viejas, lo cual pudo permitir que siguiera con buena producción. Tomando en cuenta su buena capacidad de tolerar la sequía (García, 2003), es posible que las bajas precipitaciones de agosto no afectaron su tasa de crecimiento en gran medida, lo que le permitió a esta mezcla destacarse del resto. A su vez, como lo muestran trabajos presentados por Silberman (2010), el dactilis debido a las características anteriormente mencionadas deja de producir mucho más tarde en primavera y comienza a producir mucho más temprano en otoño, esto sumado a la edad de la pastura en estudio, pudo contribuir a lograr una mayor persistencia ya que compite mejor frente a la invasión de malezas características del proceso de degradación de pasturas.

La baja tasa de crecimiento de esta mezcla en primavera pudo estar condicionada por el efecto negativo de las bajas precipitaciones durante los meses de agosto, setiembre, octubre y noviembre, lo que afectó el rebrote y el buen comportamiento de alfalfa en esta estación. Esto sumado a que en esta estación se dieron los pastoreos en los tres bloques en estudio, el buen comportamiento demostrado por dactilis durante el invierno se vio disminuido debido a la selectividad de los animales por esta especie, sumado a que alfalfa soporta pastoreos muy intensos, de hasta tres centímetros de altura del forraje remanente lo que pudo provocar que la tasa de crecimiento inicial luego del mismo fuera muy lento debido a que el rebrote se da principalmente por las yemas axilares de la corona, mientras que en el dactilis la presencia de sustancias de reserva únicamente en la base del macollo y en las vainas de las hojas, pastoreos con una intensidad que deje un remanente menor a 7 centímetros pudo afectar en gran medida el posterior rebrote.

Por otro lado, en lo que refiere a las mezclas simples, el resultado pudo deberse al comportamiento de cada cultivar de festuca con el ambiente y dentro de cada mezcla ya que las otras especies (trébol blanco y lotus) permanecieron como constantes en las tres mezclas.

En la mezcla de festuca cultivar Tacuabé el comportamiento durante invierno pudo ser explicado en gran medida debido a que este cultivar presenta

una floración temprana (Ayala et al., 2010) lo que pudo explicar de alguna manera el crecimiento rápido a fines de invierno, a su vez que se asocia muy bien con trébol blanco el cual presenta buena producción en invierno y primavera. Esta última es una especie que prospera en suelos arcillosos (Carámbula, 2002a), además, luego del mes de julio se destaca del resto de las leguminosas por comenzar el período de tasas crecientes un mes antes, superando ampliamente al resto en la tasa de crecimiento promedio en agosto. Con respecto a la estación de primavera la baja tasa de crecimiento se pudo deber a que cada componente de la mezcla no pudo expresar su pico de producción característico por factores climáticos, principalmente déficit hídrico. La especie que pudo verse mayormente perjudicada fue la de trébol blanco ya que según Carámbula (2002a) sufre enormemente la falta de agua, por lo que el pico de producción que normalmente se da en octubre se vio afectado. Esto sumado que a partir del tercer año se reduce su persistencia por estolones (García et al., 1991) pudo explicar en parte los resultados obtenidos.

En lo que refiere a la mezcla que contenía al cultivar de festuca Tuscany la tasa de crecimiento se comportó de manera ideal tomando en cuenta mezclas similares, para lo que refiere a un año promedio según la mayoría de las investigaciones al respecto, con una mayor tasa de crecimiento primaveral como se observa normalmente en todas las curvas de producción de materia seca de las diferentes mezclas utilizadas en el país. Este resultado puede tener muchas explicaciones. Debido a que este cultivar es de reciente inserción en el país, la información es escasa. Según la caracterización realizada por Procampo Uruguay (empresa dedicada a la comercialización de semillas), Tuscany II se destaca por su rusticidad, por su producción y por su excelente sanidad, siendo la rusticidad la característica que pudo favorecerla al no verse en gran medida afectada por la escasez de precipitaciones ocurrida, así como también el buen comportamiento sanitario favorecer su persistencia. Otro aspecto pudo ser una baja selectividad por parte de los animales en pastoreo y/o un mejor comportamiento en cuanto a la capacidad de rebrotar luego del mismo.

En forma general y analizando las gráficas anteriores pudo observarse que en la mayoría de las mezclas la producción de materia seca se vio afectada en la estación de primavera, el análisis y explicación se realizó haciendo énfasis en el caso de la mezcla con festuca a los distintos cultivares de la especie utilizados. También sumado al comportamiento de estos cultivares en la mezcla se debe tener en cuenta el efecto que tuvieron los otros componente como lo es lotus y trébol blanco.

Autores como Brown y Blaser, Larson y Eastín, McCloud y Bula, Nelson et al., citados por Carámbula (2002c) confirman que el mayor efecto depresivo

sobre la producción de materia seca sucede cuando la ocurrencia de temperaturas elevadas es afectada por la falta de agua. En el caso en estudio si bien las temperaturas no fueron superiores al promedio histórico la falta de precipitaciones fue marcada para el período en estudio por lo que hubo un efecto depresivo en la producción de materia seca pero no tan atenuado como podría ser para el caso de presentarse temperaturas mayores.

Según Carámbula (2002c), los factores climáticos particularmente los relativos a déficit hídrico ocupan un lugar primordial en la persistencia de todas las especies forrajeras muy especialmente de las leguminosas, mientras que las gramíneas son menos sensibles.

Comparando las leguminosas estudiadas, la alfalfa y el lotus debido a sus sistemas radiculares profundos aceptan déficit hídrico superficial, mientras que el trébol blanco es afectado sensiblemente por la falta de lluvias, y su incapacidad para extender su sistema radicular en profundidad lo expone a altibajos de su producción y persistencia. A su vez, es incapaz de fijar cantidades apropiadas de nitrógeno, por lo que no solo no aporta este nutriente al suelo, sino que además compite por el con la gramínea de manera más ineficiente, disminuyendo su población en la mezcla. Por el lado de las gramíneas específicamente festuca y dactilis, las mismas presentan tolerancia a sequías temporarias.

Cuadro 1. Tasas de crecimiento estacional y promedio

Tratamientos	Invierno (kg/ha/día)	Primavera (kg/ha/día)	Promedio (kg/ha/día)
DM	52,1 A	22,4 CD	37,3
FtTrLc	31,1 BC	5,7 E	18,4
FbTrLc	20,9 D	29,1 CD	25,0
FtyTrLc	8,7 E	40,6 B	24,7

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.10$)

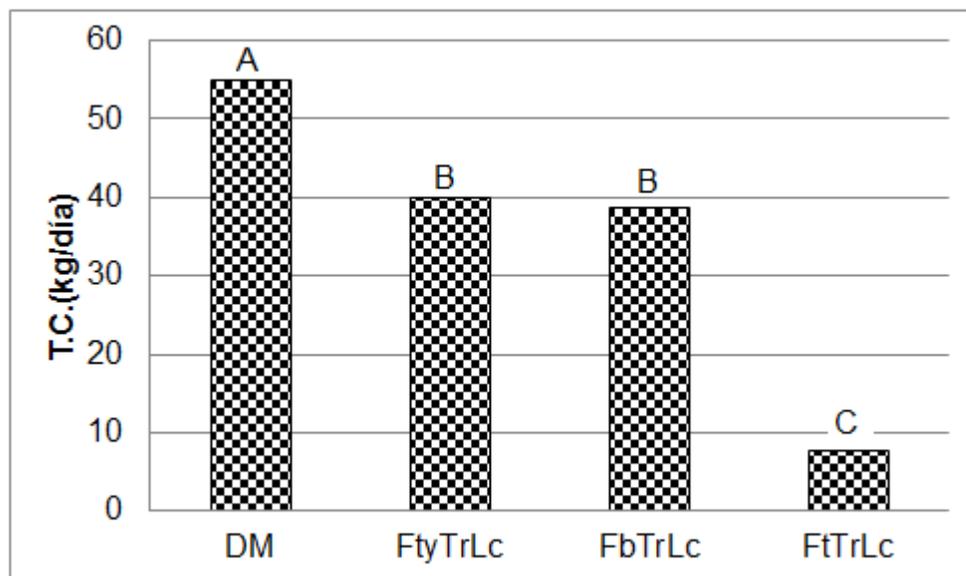
Observando el cuadro anterior y analizando la tasa de crecimiento promedio diaria con los resultados presentados por otros autores, Laluz et al. (2015) en praderas de primer año obtuvieron tasas de crecimiento promedio similares para la mezcla de festuca, trébol blanco y lotus para los cultivares Brava y Tuscany (con 24 y 25 kg/ha/día de materia seca respectivamente), mientras que difirieron en la mezcla que presentaba el cultivar Tacuabé siendo de 29 kg/ha/día, mayor a la del presente trabajo y menor en la mezcla ultrasimple con 26 kg/ha/día de materia seca (MS).

Según datos aportados por Leborgne (1995) la tasa de crecimiento para una pastura de tercer año compuesta por *Trifolium repens*, *Lotus corniculatus* y una gramínea perenne es para los meses de agosto a setiembre, de 13,8 kg/ha/día de MS, en promedio, mientras que para los meses de octubre y noviembre es de 38,5 kg/ha/día de MS. La única mezcla que se comportó de manera muy similar fue la de festuca cultivar Tuscany, trébol blanco y lotus.

Por otra parte Albano et al. (2013), trabajando con las mismas mezclas en el primer año de vida, obtuvieron tasas de crecimiento de 40 y 18 kg/ha/día de MS, en promedio de los pastoreos, para las mezclas de festuca y dactilis respectivamente.

4.2.3. Tasa de crecimiento total de invierno

Con respecto a la tasa de crecimiento total de invierno se observaron diferencias significativas para el componente mezcla. Como muestra el siguiente gráfico la mayor tasa correspondió a la mezcla de dactilis y alfalfa con 55,10 kg/día, seguido por las mezclas que contenían a festuca cultivar Tuscany y cultivar Brava con 39,95 y 38,70 kg/día respectivamente. La mezcla que presentó una menor tasa de crecimiento fue la de festuca cultivar Tacuabé con 7,81 kg/día. La explicación de estos resultados siguen los lineamientos expresados anteriormente para la tasa de crecimiento promedio diaria.

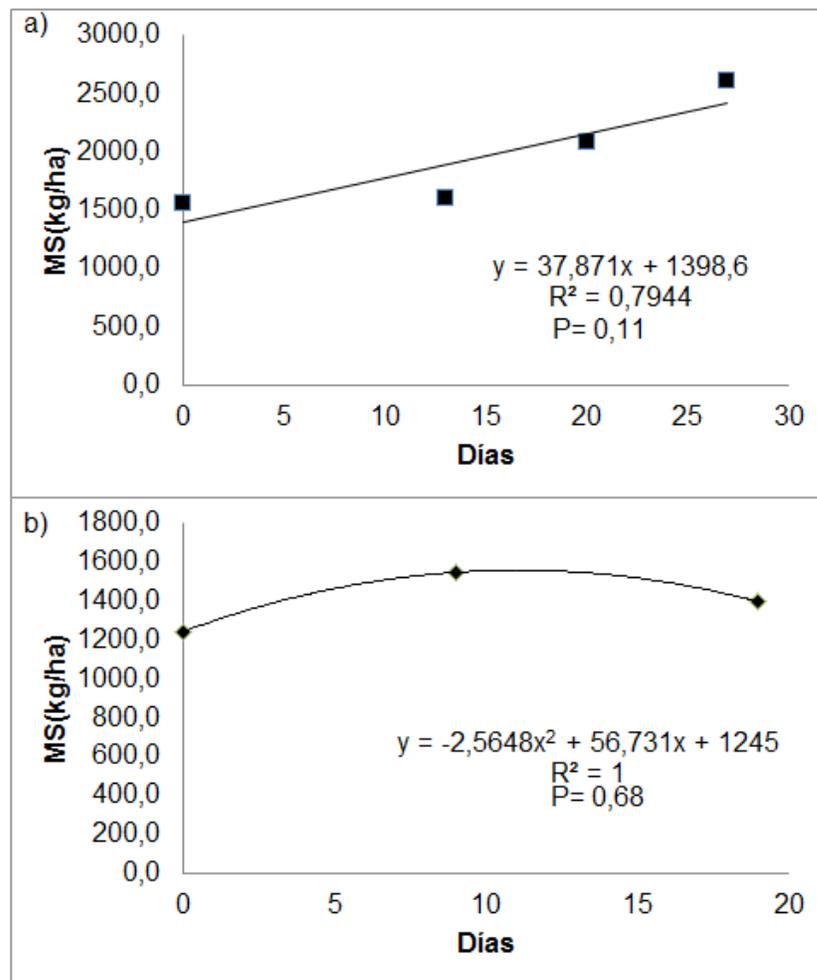


Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.10$)

Figura 6. Tasa de crecimiento total de invierno según mezcla

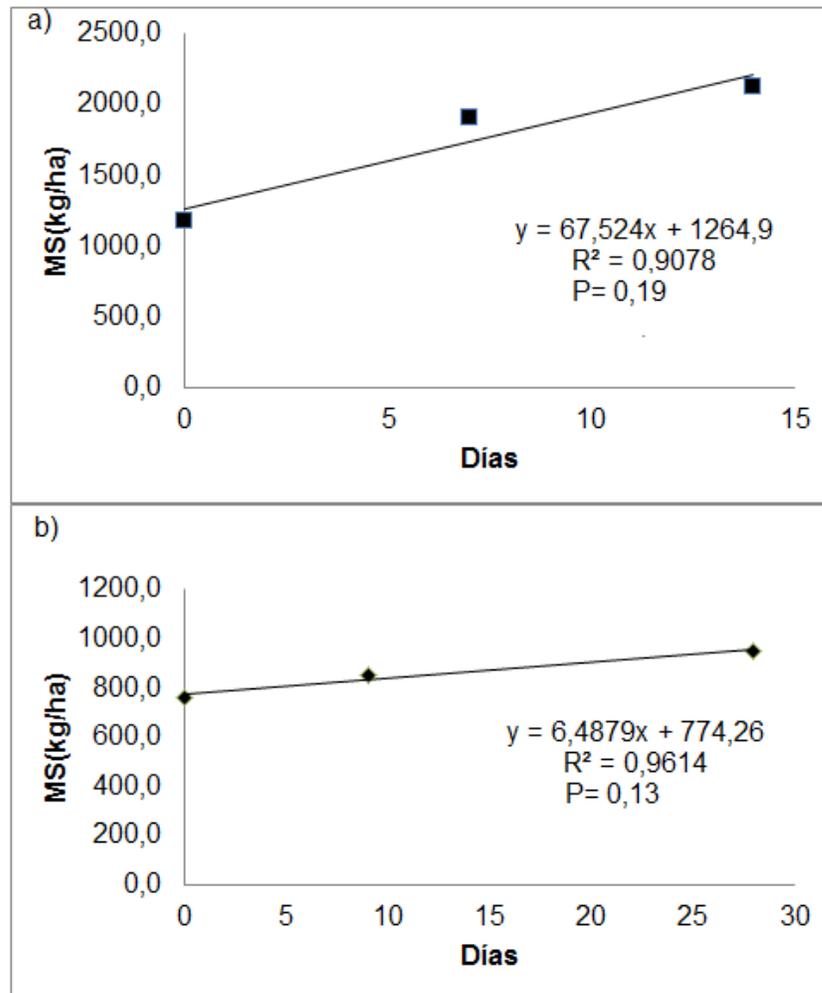
4.2.4. Curvas de crecimiento

A continuación se presentan las gráficas de regresión correspondientes a cada una de las mezclas estudiadas, donde se relacionó la disponibilidad de materia seca a medida que avanzaron los días durante cada estación (primavera y verano). A pesar de que en dichas graficas se obtuvo alta correlación entre la disponibilidad de forraje y el transcurso de los días de cada período de muestreo, ninguna fue estadísticamente significativa, razón por la cual no se analizarán.



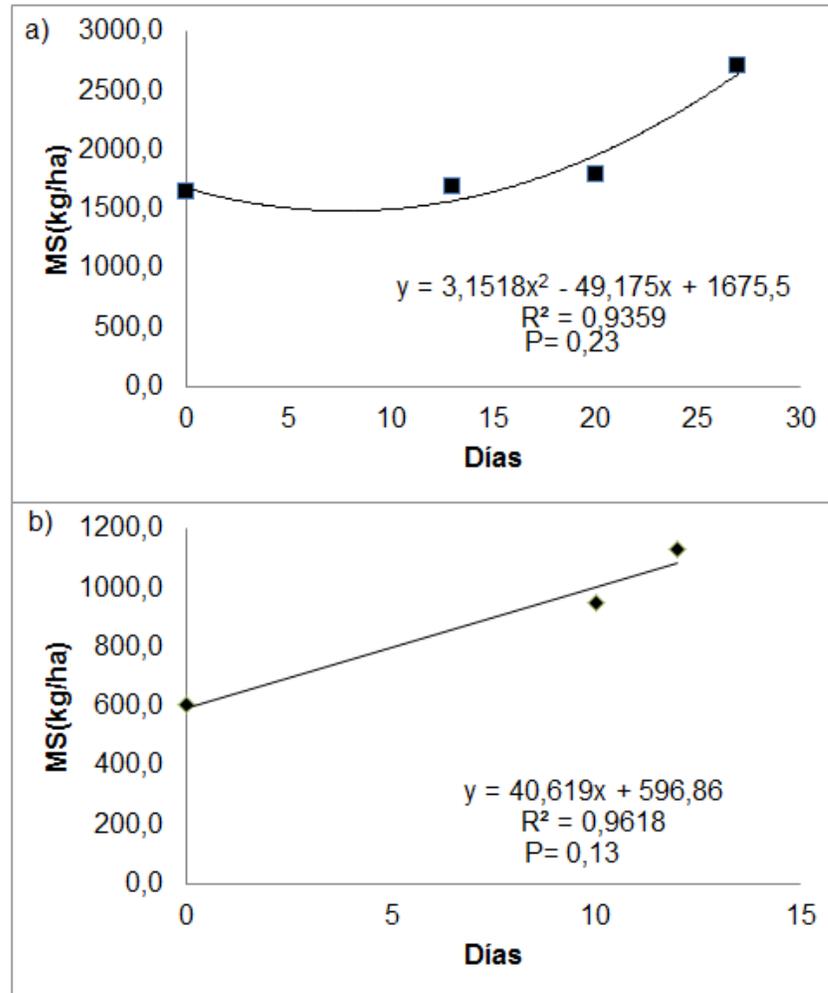
Referencias: (a) curva de crecimiento de invierno a partir de forraje disponible; (b) curva de crecimiento de primavera a partir de forraje disponible; (y) ecuación del gráfico; (R^2) coeficiente de correlación; (P) probabilidad.

Figura 7. Mezcla compuesta por festuca cultivar Brava, trébol blanco y lotus



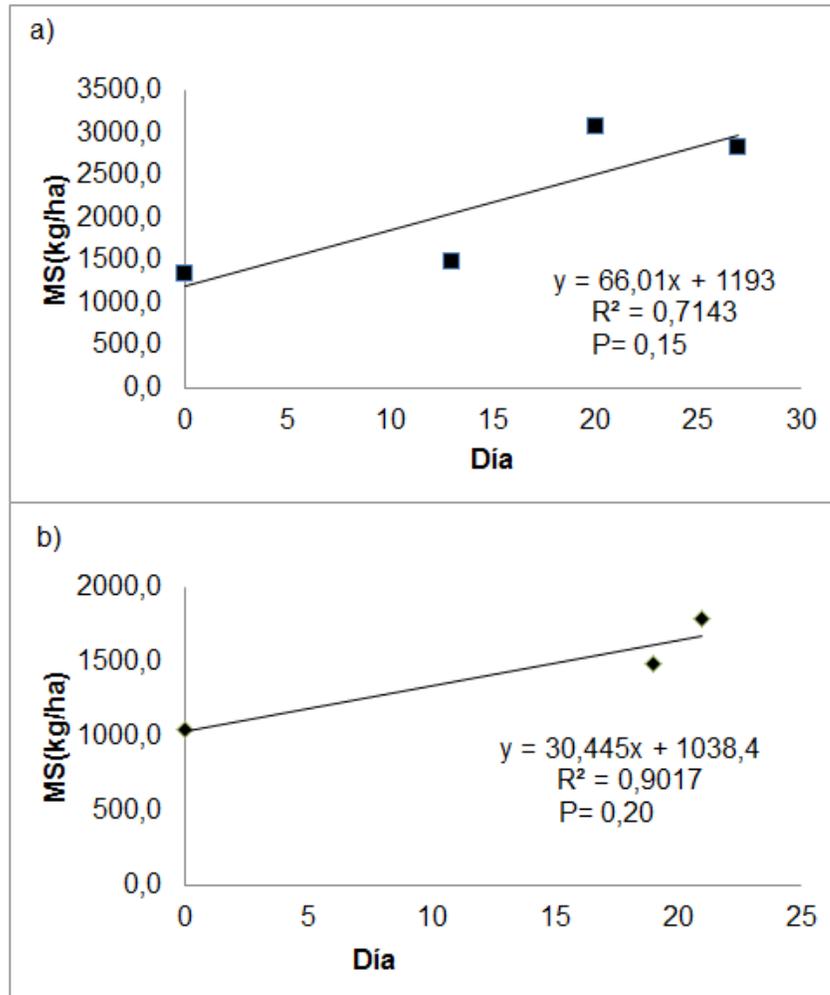
Referencias: (a) curva de crecimiento de invierno a partir de forraje disponible; (b) curva de crecimiento de primavera a partir de forraje disponible; (y) ecuación del gráfico; (R^2) coeficiente de correlación; (P) probabilidad.

Figura 8. Mezcla compuesta por alfalfa y dactilis



Referencias: (a) curva de crecimiento de invierno a partir de disponible; (b) curva de crecimiento de primavera a partir de remanente; (y) ecuación del gráfico; (R²) coeficiente de correlación; (P) probabilidad.

Figura 9. Mezcla compuesta por festuca cultivar Tacuabé, trébol blanco y lotus



Referencias: (a) curva de crecimiento de invierno a partir de disponible; (b) curva de crecimiento de primavera a partir de disponible; (y) ecuación del gráfico; (R²) coeficiente de correlación; (P) probabilidad.

Figura 10. Mezcla compuesta por festuca cultivar Tuscany, trébol blanco y lotus

4.2.5. Producción de materia seca total por estación

Según cuadros de Leborgne (1995) de distribución estacional de la producción de una mezcla de trébol blanco, lotus y una gramínea perenne de tercer año, la producción de agosto a setiembre es de 1638 kg/ha de materia seca, mientras que de octubre a noviembre es de 2310 kg/ha.

Los resultados obtenidos de este trabajo para la estación de invierno arrojan valores de producciones similares al promedio solo para la mezcla de dactilis y alfalfa, en la estación de invierno, mientras que para el resto de las mezclas los valores se encontraron por debajo a los mostrados por Leborgne (1995). Para la estación de primavera las producciones de la distintas mezclas se encuentran muy por debajo con respecto a lo presentado por dicho autor.

Cuadro 2. Producción de forraje por estación y total

Tratamientos	Invierno (kg/ha)	Primavera (kg/ha)	Total (64 días) (kg/ha)	Total (150 días) (kg/ha)
DM	1876 A	627 CD	2503	5595
FtTrLc	1120 BC	159 E	1279	2760
FbTrLc	752 D	814 CD	1567	3750
FtyTrLc	313 E	1136 B	1450	3705

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.10$)

Es importante aclarar que la producción total con 64 días corresponde a la producción de materia seca a partir de multiplicar la tasa de crecimiento promedio de las dos estaciones por el período de muestreo de este trabajo que fueron 64 días. Mientras que la producción total en 150 se realizó utilizando la misma tasa de crecimiento ya que se asumió que no presentaba variaciones a lo largo de cada estación completa para poder de esta manera comparar con otros autores, aunque no sería lo que ocurre en la realidad pero sirve para poder realizar comparaciones.

Los resultados de Laluz et al. (2015) correspondientes a las mismas mezclas pero de primer año difieren de los expuestos anteriormente, con una producción de MS de 5353 kg/ha sin presentar diferencias significativas entre mezclas, dicho valor se asemeja al del presente trabajo para la mezcla de

alfalfa y dactilis. Por otra parte Albano et al. (2013), trabajando en una pastura también de primer año de vida, obtuvieron resultados en el entorno de los 5120 kg/ha de MS para la mezcla simple y de 2574 kg/ha de MS para la mezcla de dactilis y alfalfa, contrastándose ambos resultados de las mezclas a las obtenidas en este experimento. Fariña y Saravia (2010), también en el primer año de vida, obtuvieron una producción de 5000 kg/ha de MS para la mezcla simple.

Tomando en cuenta pasturas similares pero de segundo año, año en el que teóricamente las especies de la mezcla expresan en conjunto la mayor producción anual (Díaz et al., 1996) el trabajo presentado por López et al. (2013), en pasturas de segundo año registró valores en el entorno a los 5450 kg/ha de MS para la mezcla simple y de 7000 kg/ha de MS para la mezcla de dactilis y alfalfa, muy superiores a la pastura de tercer año estudiada pero coincidiendo con la mayor producción para la mezcla de dactilis y alfalfa respecto a la simple ésta última diferencia pudiendo deberse al período analizado por dicho autor, que fueron 180 días aproximadamente.

Para Cairús y Regusci (2013), también en mezclas en su tercer año de vida, se obtuvieron producciones en el entorno de 6300 a 7300 kg/ha de MS aproximadamente para la mezcla de festuca, trébol blanco y lotus.

Según los resultados observados (cuadro 2) se podría inferir que para el caso de la mezcla con Tacuabé, la mayor producción se puede deber a la floración temprana de este cultivar y a la ya mencionada compatibilidad de manejo que presenta este cultivar con trébol blanco. Luego para esta mezcla la baja producción primaveral pudo deberse a las condiciones climáticas mencionadas

4.3. DISPONIBILIDAD DE MATERIA SECA

4.3.1. Forraje disponible total

En el estudio de este componente resultó estadísticamente significativa la variable bloque, estación y fecha. En los siguientes cuadros se intentará explicar los resultados obtenidos.

Cuadro 3. Forraje disponible promedio (invierno-primavera) según mezcla

Tratamientos	Promedio (kg/ha de MS)
FbTrLc	1704,9
FtyTrLc	1548,4
DM	1394,4
FtTrLc	1352,6

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.10$)

En el cuadro (cuadro 3) anterior se muestra el forraje disponible promedio según mezcla. No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre mezclas, sin embargo desde el punto de vista del pastoreo la cantidad de forraje disponible se encuentra dentro de lo recomendado por Zanoniani et al. (2006), principalmente para el caso de las mezclas de festuca cultivar Tuscan y Brava, los cuales afirman que se deberían encontrar entre 1500 a 2000 kg/ha de materia seca disponible para el ingreso de los animales a pastorear. Las mezclas de dactilis y festuca cultivar Tacuabé se encuentran apenas por debajo de lo recomendado por dichos autores.

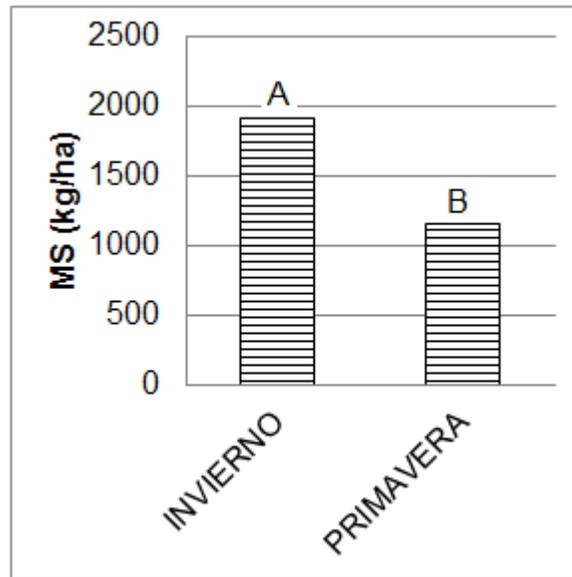
En el trabajo presentado por Laluz et al. (2015) tampoco se observaron diferencias estadísticamente significativas entre estaciones pero con disponibles de más del doble en comparación con el presente trabajo, con una disponibilidad de forraje de 3400 kg/ha de MS, valor atribuido a las condiciones climáticas durante la implantación de la mezcla en la estación de invierno.

Estos resultados de forraje disponible fueron similares a los obtenidos por Arenares et al. (2011), donde tampoco se observaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, con disponibles del entorno de 1800 kg/ha de MS para mezclas de segundo año.

De Souza y Presno (2013), trabajando a diferentes ofertas de forraje por tratamiento, presentaron diferencias estadísticamente significativas, adjudicándole dichas diferencias a la carga utilizada y no a la composición de la mezcla. El tratamiento que estadísticamente fue superior al resto fue el trabajado con una oferta de forraje de 23 kg de MS/100 kg PV dando un disponible en el entorno de 3700 kg/ha de MS, valor muy por encima del obtenido en el presente trabajo.

Por otro lado, Albano et al. (2013) si presentaron diferencias estadísticamente significativas entre mezclas, donde la mezcla de festuca, trébol blanco y lotus presentó una disponibilidad de 2700 kg/ha de MS aproximadamente, mientras que la mezcla de dactilis y alfalfa arrojó una

disponibilidad promedio de 1680 kg/ha de MS, valores aproximados al presente trabajo.



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.10$)

Figura 11. Disponibilidad de materia seca según estación como promedio de todas las mezclas

Tomando en cuenta la estación, en el gráfico anterior se puede observar una mayor disponibilidad invernal de forraje en comparación con la estación de primavera. Si bien el IAF óptimo es menor en invierno, el hecho de que tres de cuatro mezclas presentaban dos especies de ciclo invernal, sumado a que trébol blanco tiene mayor capacidad de competencia a fin de invierno principio de primavera que el resto de las especies de la mezcla, trajo como consecuencia una mayor producción acumulada en la estación de invierno. Otro factor que pudo explicar estas diferencias entre estaciones fue el déficit hídrico en la estación de primavera lo que contribuyó a la menor disponibilidad en esta estación.

Por otro lado otras posibles explicaciones para estos resultados podrían ser que el área remanente no fue el óptimo o que el período entre pastoreos tampoco, sumado a esto las condiciones hídricas desfavorables de la estación primaveral imposibilitó la recuperación de las pasturas durante el período en estudio, teniendo como consecuencia las diferencias obtenidas entre ambas estaciones.

A continuación en el siguiente cuadro se observa lo mencionado anteriormente, pero en este caso tomando como referencia la fecha de corte dentro de cada mes.

Como se observa en el cuadro de forraje disponible (Cuadro 4), a medida que las fechas de muestreo fueron más tardías el forraje disponible disminuyó de acuerdo a lo mencionado anteriormente.

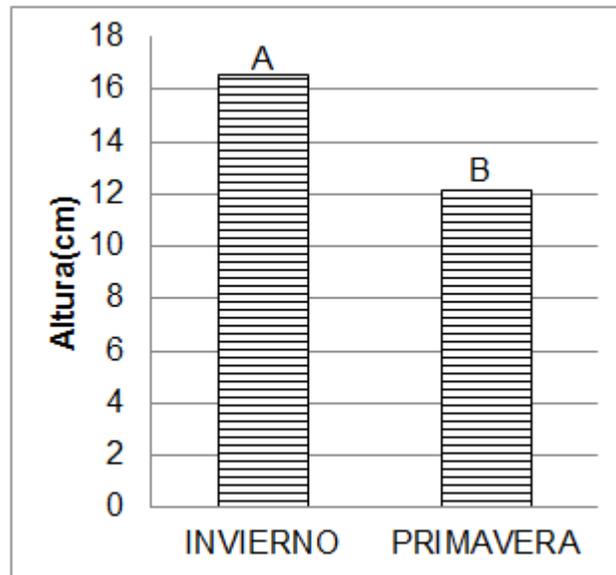
Cuadro 4. Forraje disponible promedio de las mezclas según fecha de muestreo

FECHA	MEDIAS(kg/ha)
22/09/2016	2566,8 A
15/09/2016	2296,7 AB
17/08/2016	1747,3 ABC
26/08/2016	1617,5 BCD
08/09/2016	1490,4 BCD
18/11/2016	1472,3 BCD
16/11/2016	1365,4 CD
06/11/2016	1108,9 CD
28/10/2016	979,2 CD
25/11/2016	884,8 D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.10$)

4.3.2. Altura

En cuanto al componente altura se observaron diferencias estadísticamente significativas únicamente para la variable bloque, estación y fecha.



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.10$)

Figura 12. Altura promedio de todas las mezclas según estación

En lo que refiere a las diferencias de altura entre estaciones, la misma fue mayor en invierno, resultado que pudo explicarse debido a que tres de las cuatro mezclas estudiadas presentaban el 66% de especies perennes invernales y solo una perenne estival (lotus), por lo que habría mayor producción invernal, sumado a que en invierno no se realizaron pastoreos en la mayoría de los bloques estudiados y solo se contaba con una mezcla con una marcada producción primavero estival (alfalfa y dactilis) lo que contribuye a la diferencia en altura entre una estación y la otra.

Por otro lado una explicación biológica del resultado obtenido pudo ser que para el caso de los primeros pastoreos que se realizaron que fueron desde el día 9 de setiembre en adelante, siendo pastoreado en invierno únicamente el bloque muestreado número 2, esto llevó a que en invierno las plantas tuvieran más competencia por luz, una relación rojo/rojo lejano menor lo que favoreció a que las especies que componían el tapiz crecieran en altura. A su vez otras posibles causas de la menor altura en el período primaveral pudieron ser las

condiciones climáticas mencionadas que ocasionaron reducción del área foliar, reducción en el macollaje, y a su vez el corto período entre muestreos que no permitió visualizar la recuperación de las praderas luego del pastoreo, el cual a también se pudo ver afectado por las condiciones climáticas.

Cuadro 5. Altura según mezcla

Tratamiento	Altura (cm)
FtTrLc	14,9
FtyTrLc	14,2
FbTrLc	14,1
DM	13,4

Si bien la altura no presentó diferencias estadísticamente significativas entre mezclas, dichos resultados se encuentran por debajo de lo recomendado por Zanoniani et al. (2006), los cuales sugieren una altura de ingreso del pastoreo entre 18 y 20 centímetros, para este tipo de mezclas en la primavera. Estos resultados pudieron deberse a las condiciones climáticas, donde la escasez de precipitaciones afectó el crecimiento de las especies o incluso pudieron limitar la recuperación de las pasturas luego del pastoreo.

Laluz et al. (2015) tampoco presentaron diferencias estadísticamente significativas para mezclas de primer año pero con alturas de más del doble comparadas con este trabajo y por encima de lo recomendado por Zanoniani et al. (2006).

Arenares et al. (2011) presentaron resultados similares a los presentados en el cuadro anterior, con una altura promedio de 12,7 centímetros para la mezcla de festuca, trébol blanco y lotus, mientras que para la mezcla de dactilis y alfalfa la altura promedio fue del entorno de los 14cm. Albano et al. (2013), también presentaron alturas similares, para el caso de la mezcla compuesta por festuca, de aproximadamente 15 cm, mientras que para la mezcla que contenía dactilis, en la cual registraron una altura promedio de 10 cm.

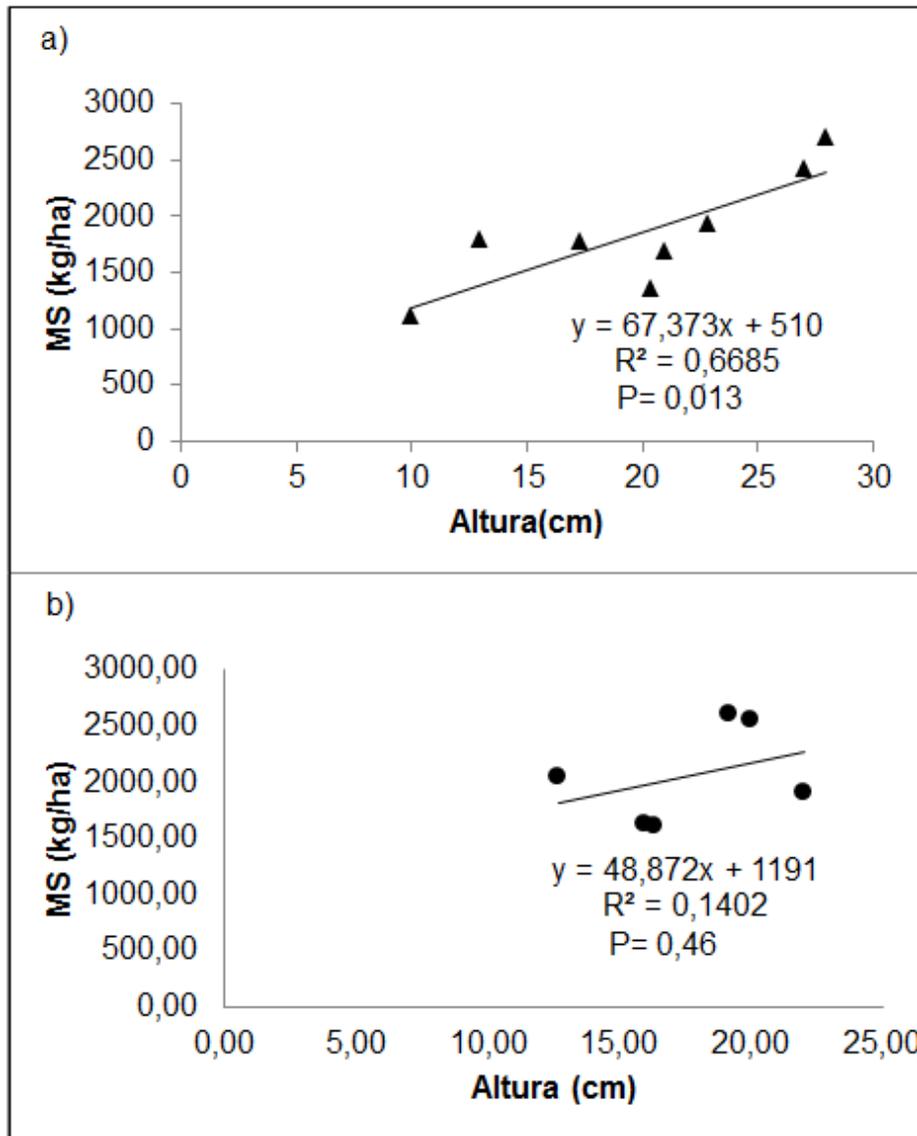
Por otro lado De Souza y Presno (2013), tuvieron resultados apenas por encima para ambas mezclas, con valores de entre 15 y 20 cm de altura.

4.3.3. Relación de altura con disponibilidad de materia seca

En las gráficas de regresión siguientes se muestra la relación entre la altura del forraje disponible en cada mezcla durante los distintos períodos de

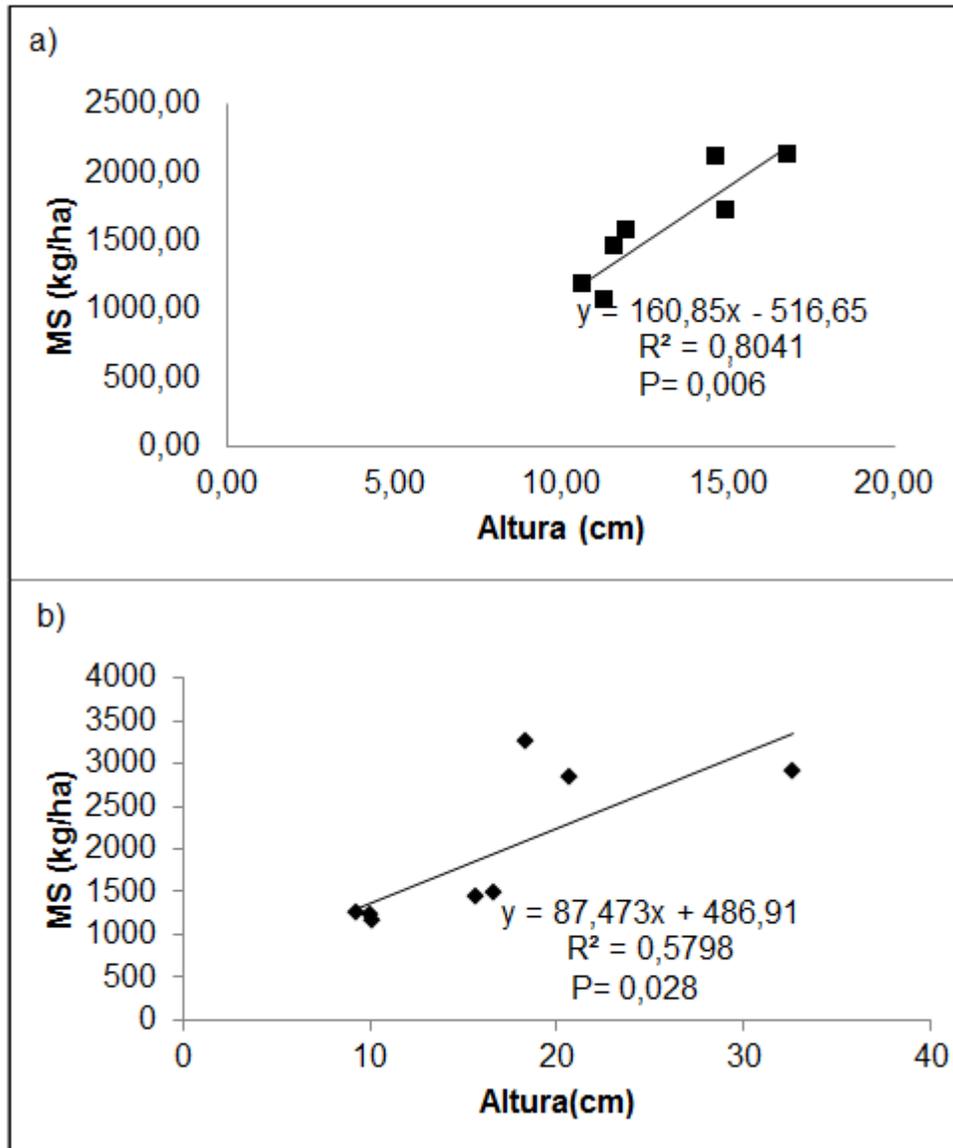
muestreo de cada estación, con los kilogramos de materia seca disponible correspondiente a cada muestreo.

Según estudios realizados por Hodgson (1984), la altura del forraje y la cantidad de materia seca disponible están relacionados entre sí, por lo que los factores que afectan la cantidad de materia seca disponible son los que explican, a su vez, los resultados obtenidos en la altura del forraje.



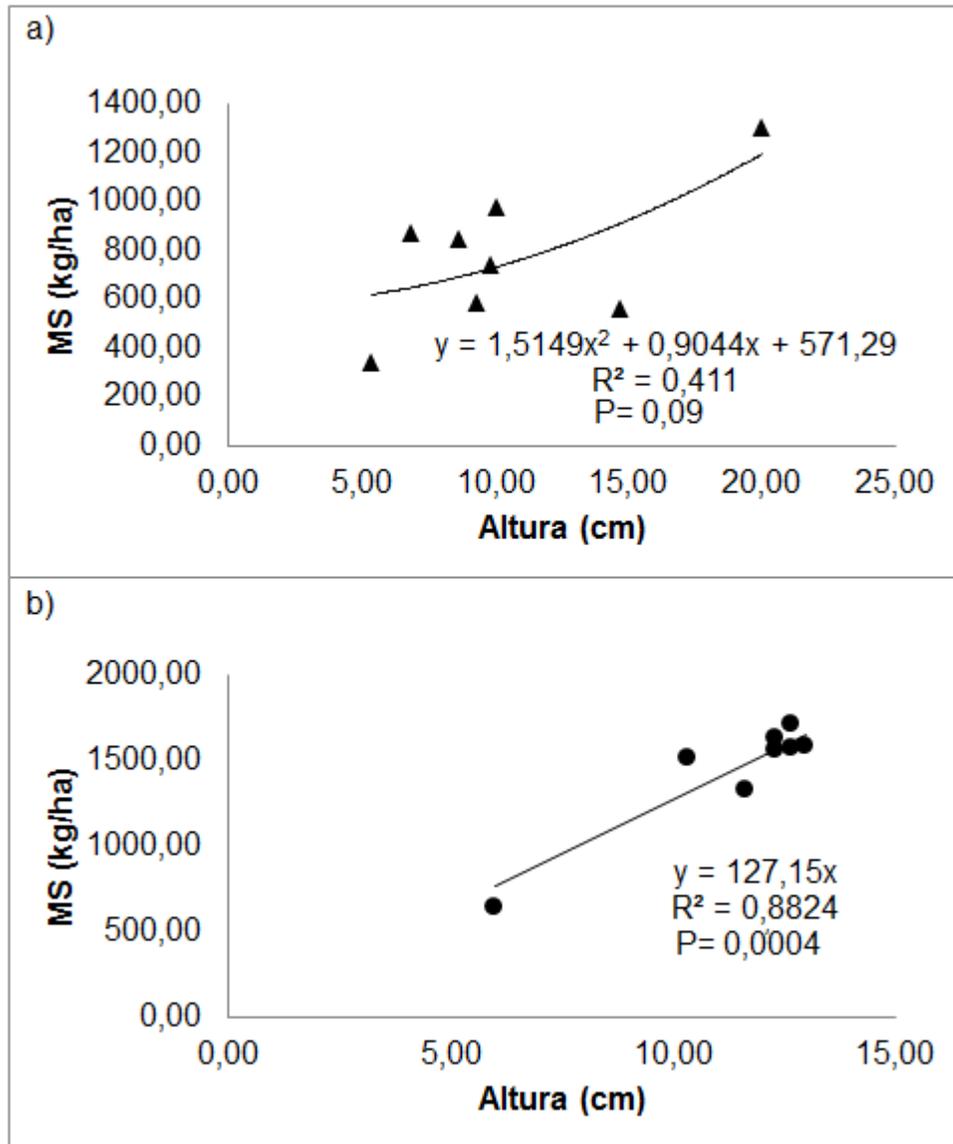
Referencias: (a) festuca cv. Tacuabé, trébol blanco y lotus; (b) festuca cv. Brava, trébol blanco y lotus; (y) ecuación del gráfico; (R^2) coeficiente de correlación; (P) probabilidad.

Figura 13. Relación altura disponibilidad de materia seca durante la estación de invierno para festuca Brava y Tacuabé



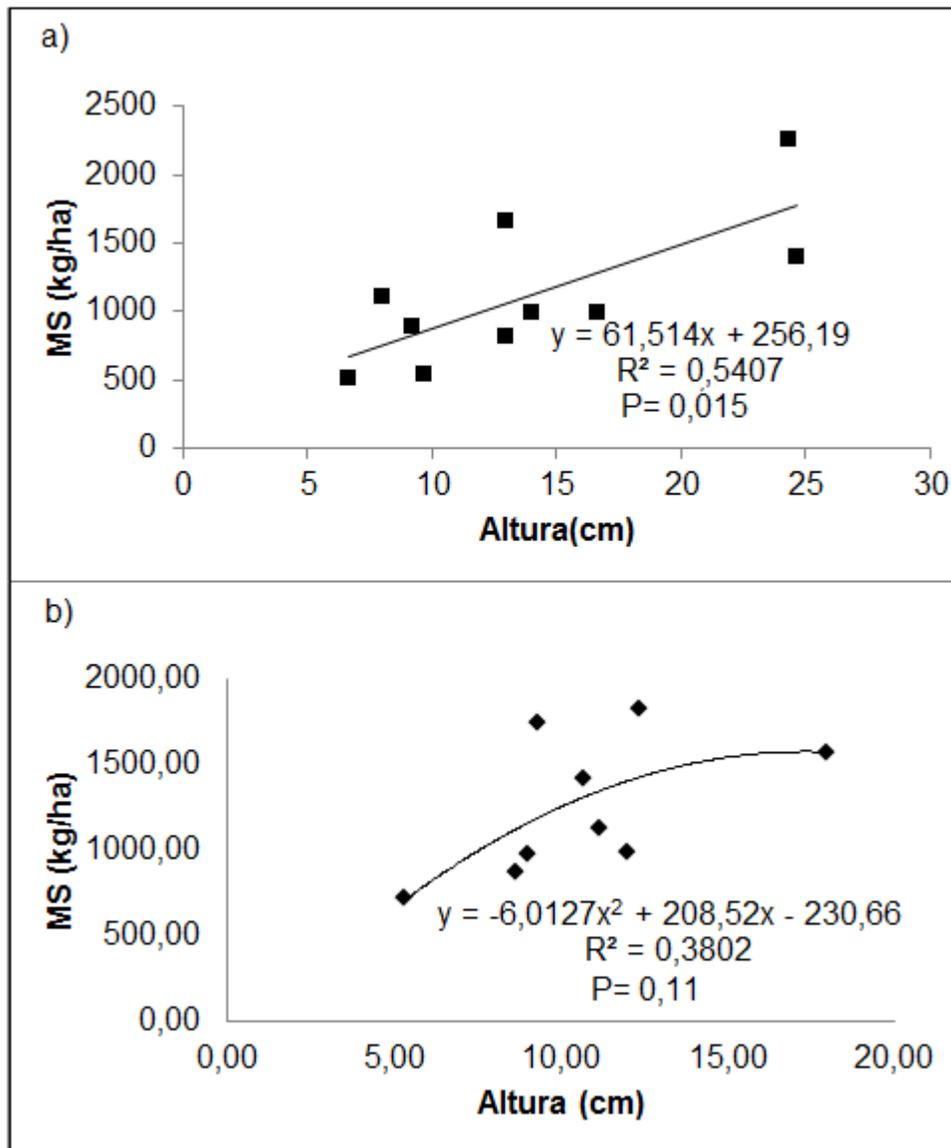
Referencias: (a) dactylis y alfalfa; (b) festuca cv. Tuscany, trébol blanco y lotus; (y) ecuación del gráfico; (R^2) coeficiente de correlación; (P) probabilidad.

Figura 14. Relación altura disponibilidad de materia seca durante la estación de invierno para las mezclas de festuca Tuscany y dactylis-alfalfa



Referencias: (a) festuca cv. Tacuabé, trébol blanco y lotus; (b) festuca cv. Brava, trébol blanco y lotus; (y) ecuación del gráfico; (R^2) coeficiente de correlación; (P) probabilidad.

Figura 15. Relación altura disponibilidad de materia seca durante la estación de primavera para festuca Brava y Tacuabé



Referencias: (a) dactylis y alfalfa; (b) festuca cv. Tuscany, trébol blanco y lotus; (y) ecuación del gráfico; (R^2) coeficiente de correlación; (P) probabilidad.

Figura 16. Relación altura disponibilidad de materia seca durante la estación de primavera para las mezclas de festuca Tuscany y dactylis-alfalfa

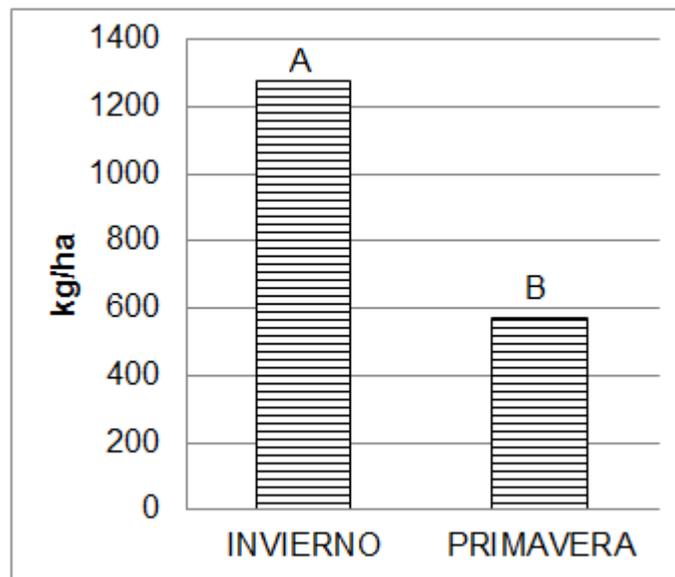
Como puede observarse en las gráficas de regresión anteriores, se obtuvo una muy buena correlación entre la altura de forraje y los kilogramos de materia seca disponible. Los kilogramos de forraje disponible variaron según la mezcla y la estación del año. Los factores que pudieron generar estas

diferencias entre mezclas pudieron ser entre otros, la estructura de las plantas componentes de cada mezcla, la presencia de espacios vacíos, la densidad de plantas, el estado de desarrollo de las mismas, la intensidad de pisoteo, el manejo del pastoreo, las condiciones climáticas durante cada estación, entre otros.

4.4. COMPOSICIÓN BOTÁNICA GRAVIMÉTRICA

4.4.1. Gramínea

A continuación (Figura 17) se muestra el resultado del análisis del componente gramínea. Se observaron diferencias estadísticamente significativas tanto para la variable bloque como la variable estación respectivamente.



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.10$)

Figura 17. Disponibilidad del componente gramínea según estación como promedio de todas las mezclas

Se observa que en invierno se obtuvo más del doble de disponible que en primavera.

Lo que podría explicar la mayor proporción de forraje disponible invernal (1276 vs. 574 kg/ha invierno y primavera respectivamente) sería por un invierno favorable en cuanto a condiciones climáticas tanto de temperatura como disponibilidad hídrica, por otra parte en primavera como anteriormente se

mencionó el déficit hídrico pudo limitar el crecimiento de la estación, ya que las precipitaciones se registraron muy por debajo del promedio histórico limitando la acumulación de agua disponible en el suelo para la etapa de mayor acumulación de materia seca (primavera). Según trabajos presentados por Morales et al. (1997) una reducción del 50% de la disponibilidad hídrica resulta de una disminución del 60% aproximadamente de la tasa de elongación foliar del vástago principal. Tomando en cuenta que las precipitación de agosto, setiembre y octubre fueron de aproximadamente de un 40% menores respecto al promedio histórico lo que pudo contribuir a la menor disponibilidad del componente gramínea en la estación primaveral.

Tomando en cuenta lo explicado anteriormente, Nabinger (s.f.) afirma que una deficiencia de agua disminuye la elongación foliar, y como consecuencia la emisión de macollos, determinando un mayor crecimiento inicial de raíces como forma de aumentar el tamaño del mecanismo de captura de agua (y nutrientes).

Por otra parte este resultado pudo ser explicado a su vez debido a que los pastoreos en la mayoría de los bloques comenzaron en primavera, lo que pudo determinar menor disponibilidad de forraje en esta estación. Según trabajos presentados por Skinner y Nelson (1994 a, 1994b) la defoliación puede provocar una leve tendencia a disminuir la tasa de aparición foliar del rebrote después de una defoliación severa, lo que puede ser consecuencia del aumento en la longitud de la vaina de las hojas sucesivas, lo que determina una mayor demora en el surgimiento de nuevas hojas. Como consecuencia, al tornarse más lento el proceso de formación de hojas, se pudo enlentecer el macollaje y por lo tanto disminuyó la disponibilidad de forraje. A su vez se debe tomar en cuenta que las dos especies de gramíneas estudiadas eran de porte erecto, más sensibles al pastoreo que gramíneas postradas. El dactilis por su parte, al presentar las sustancias de reserva únicamente en las vainas y en la base del tallo, fue más susceptible que la festuca a pastoreos severos, eso sumado a que se encontraba en mezcla con alfalfa, la cual soporta pastoreos muy intensos (permite una intensidad de 3 cm de forraje remanente), pudo afectar los posteriores rebrotes, comprometiendo su disponibilidad y por consiguiente disminuyendo su persistencia.

4.4.1.1. Subcomponentes

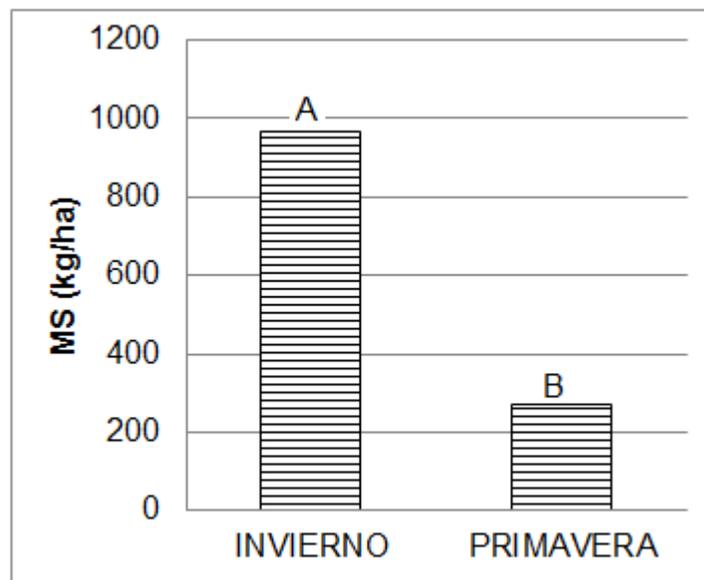
A continuación se presentan los resultados del análisis de cada una de las estructuras que conformaban a las distintas especies y cultivares de gramíneas estudiadas.

Vaina

En lo que respecta al componente vaina no se encontraron diferencias estadísticamente significativas para ninguna de las variables estudiadas: bloque, fecha, interacción estación*mezcla e interacción de fecha*mezcla.

Lámina

Para el caso de la estructura lámina el análisis fue estadísticamente significativo para bloque, estación y fecha.



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.10$)

Figura 18. Disponibilidad de lámina como promedio de todas las mezclas según estación

En el gráfico (figura 18) anterior se observa una superioridad muy marcada de forraje disponible invernal del subcomponente lámina. Tanto dactilis como festuca detienen su macollaje durante el proceso de encañazón en primavera (setiembre-octubre, Carámbula 2002a, Ayala et al. 2010), lo que determina que al haber menos macollos por planta, consecuentemente se producen menos hojas, lo que explicaría dicho resultado obtenido. El resultado en invierno es una relación lámina/tallo mayor ya que en esta estación el tapiz se encuentra en estado vegetativo teniendo este componente más importancia en comparación con la estación de primavera donde hay un pasaje a estado reproductivo por lo que la relación se invierte y el componente lámina es menor. A su vez, tomando en cuenta que las especies de gramíneas estudiadas eran

de tipo perenne invernal, gran proporción de los macollos culminaron su ciclo productivo, teniendo como consecuencia una disminución del componente lámina por senescencia de los mismos.

Cuadro 6. Medias del subcomponente lámina según fecha de muestreo

FECHA	MEDIAS (kg/ha)
22/09/2016	1204,0 A
15/09/2016	1068,0 A
26/08/2016	1017,0 A
08/09/2016	814,0 AB
17/08/2016	788,0 AB
16/11/2016	512,0 BC
28/10/2016	285,0 C
18/11/2016	270,0 C
06/11/2016	236,0 C
25/11/2016	63,0 C

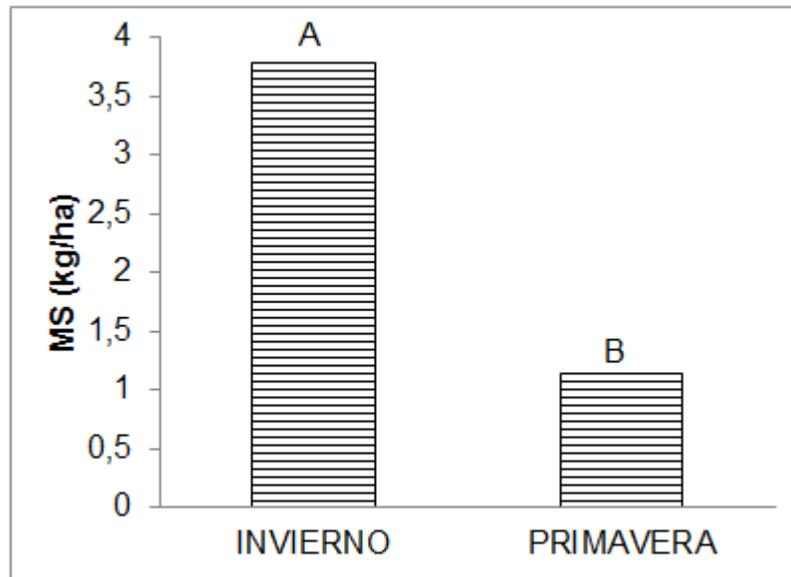
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.10$)

Tomando en cuenta la fecha de muestreo se observa claramente que a medida que los muestreos fueron más tardíos, el disponible de lámina disminuyó. Este resultado afirma lo dicho en el gráfico anterior, donde la senescencia en primavera debido al tipo productivo y al hábito de vida de las especies en estudio, juega un rol muy importante en la disminución de dicho componente.

A su vez Borril, citado por Jewiss (1966), afirma que las láminas de las hojas sucesivas se hacen progresivamente más largas hasta que factores externos, tales como la luminosidad y/o las temperaturas, favorecen la iniciación floral y/o el alargamiento de los entrenudos del tallo. Como consecuencia de ello, el área total de cada hoja (vainas=lámina) aumenta hasta la aparición de la inflorescencia. Lo dicho anteriormente podría explicar también el resultado obtenido.

4.4.1.2. Relación lámina/vaina

A continuación se muestran los resultados de análisis de la relación lámina/vaina, el cual dio estadísticamente significativo para la variable estación y fecha.



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.10$)

Figura 19. Relación lámina/vaina según estación como promedio de todos los muestreos

Como se observa en el gráfico hubo mayor relación lámina/vaina en invierno, lo que confirma lo dicho anteriormente, donde en invierno las especies estudiadas se encontraban en estado vegetativo y en pleno macollaje, y por consiguiente con gran producción de lámina, la cual se vio disminuida durante la primavera en el período de encañazón, donde muchos de los macollos se encontraban en su ciclo final de vida, y a su vez con gran senescencia foliar.

Según Carámbula (2002a), cuando las condiciones ambientales como por ejemplo déficit hídrico, como sucedió en el período en estudio conducen a un déficit de carbohidratos en la planta, siendo estos niveles bajos de carbohidratos responsables del cese de formación de macollos ya que se priorizan estos a la formación de hojas.

En síntesis se pudo establecer que tanto factores climáticos como intrínsecos de las plantas explicaron los resultados obtenidos. Tanto la disminución de macollaje por el pasaje de estado vegetativo a reproductivo

como las condiciones de sequía durante los meses de agosto, setiembre, octubre y noviembre provocaron la disminución del número total de macollos y consecuentemente de láminas teniendo mayor impacto en estas últimas traduciéndose a una relación lámina/vaina menor para los meses de primavera.

Cuadro 7. Relación lámina/vaina según fecha

FECHA	MEDIAS (kg/ha)
08/09/2016	445,0 A
26/08/2016	437,0 A
22/09/2016	402,0 A
17/08/2016	361,0 A
15/09/2016	290,0 AB
18/11/2016	161,0 BC
28/10/2016	147,0 BC
16/11/2016	145,0 BC
06/11/2016	62,0 C
25/11/2016	55,0 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.10$)

El cuadro anterior muestra al igual que el gráfico que, a medida que las fechas de muestreo fueron más tardías, dicha estructura foliar disminuyó notoriamente.

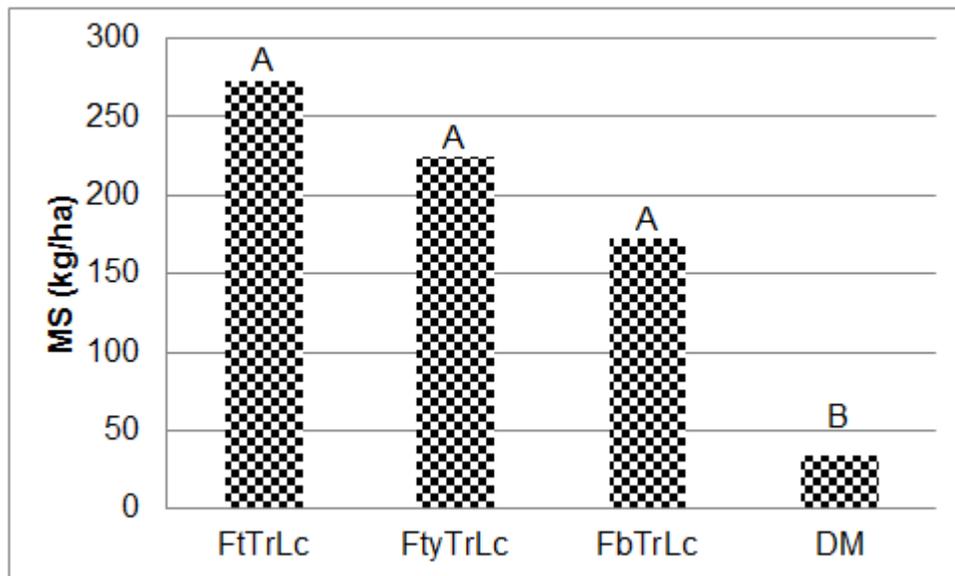
4.4.2. Leguminosa

A continuación se muestran los resultados correspondientes al componente leguminosa, para la cual fue estadísticamente significativa la variable estación, mezcla, fecha e interacción mezcla*estación.

En lo que respecta a este componente, los dos tipos de mezclas estudiados presentaban diferencias muy marcadas en cuanto a las características de cada especie de leguminosa que la conformaba. La mezcla simple estaba conformada por trébol blanco y lotus. La primera, especie de

hábito de crecimiento estolonífero, las hojas superiores son las más viejas, y somborean a las más jóvenes. La segunda, especie de porte erecto a partir de corona, el crecimiento de las hojas es alternado en el tallo inicial, el cual permanece corto contra el suelo. La mezcla ultrasimple presenta a la alfalfa como única leguminosa, la que al igual que el lotus es de porte erecto a partir de corona. La corona es un órgano complejo en el cual se asientan los meristemas axilares a partir de los cuales se desarrollan nuevos tallos (Carámbula, 2002a).

Estudios presentados por Hidalgo, citado por Carámbula (2002a) afirman que la ventaja que presenta el trébol blanco frente a las demás leguminosas es que debido a la disposición de sus hojas ante un pastoreo intenso la luz llega a las hojas inferiores, y se desarrollan rápidamente, por lo que se llega antes al IAF óptimo. Esto pudo provocar que durante el período correspondiente a invierno hubiera mayor disponibilidad del componente leguminosa para dicha mezcla. Esta y otras diferencias entre mezclas que se tratarán de analizar posteriormente, contribuyeron a explicar los resultados obtenidos.



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.10$)

Figura 20. Disponibilidad del componente leguminosa según mezcla como promedio de todos los muestreos

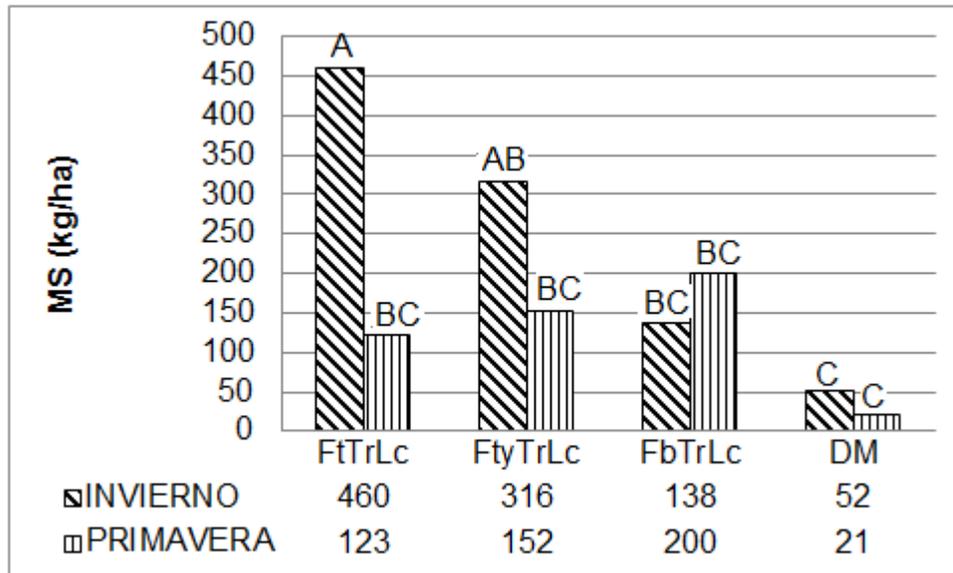
En el gráfico anterior se observa claramente una mayor disponibilidad del componente leguminosa para las mezclas que contenían dos especies de

leguminosa como trébol blanco y lotus en comparación con la mezcla que solo contenía a alfalfa, la cual presenta escaso a nulo crecimiento en invierno.

La superioridad del componente leguminosa en disponibilidad de materia seca de las mezclas que contenían al lotus y al trébol blanco en comparación a la que contenía solamente alfalfa se pudo deber a la complementariedad de trébol blanco con su pico de producción a fin de invierno, principio de primavera, 25 y 51% de la producción anual respectivamente, con lotus de alta producción primaveral con 49% de la producción anual (Díaz et al., 1996) , mientras que el cultivar de alfalfa Estanzuela Chaná, presenta baja producción invernal por su latencia intermedia, con alta producción primavera-estivo-otoño, 40 y 37% de la producción anual en primavera y verano respectivamente. Esto sumado a que en la etapa de mayor producción de la alfalfa se presentaron limitaciones hídricas como se mencionó anteriormente, afectó el rendimiento de la misma.

Según trabajo realizado por Bautes y Zarza, citados por Carámbula (2002a), destacan que después de envejecer las mezclas que contengan dactilis, estas tienden a descender la producción de forraje en mayor medida que las mezclas que contengan otras gramíneas invernales, como festuca o falaris, lo que pudo contribuir a las diferencias en disponibilidad observadas en dicha gráfica ya que el estudio se realizó en una pastura de tercer año.

Las mezclas que presentaron mayor disponibilidad de este componente fueron la de festuca Tacubé y Tuscan, ambas para la estación de invierno. Luego todas fueron significativamente menores para las distintas mezclas y estaciones, sin diferencias entre ellas.



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.10$)

Figura 21. Interacción mezcla*estación del componente leguminosa

Como se observa en la gráfica anterior la única mezcla que interactuó con la variable estación fue la de festuca cv. Tacuabé, trébol blanco y lotus, presentando una alta disponibilidad en invierno 3,74 veces mayor que la disponibilidad primaveral de la misma especie. En las mezclas restantes no se observó interacción estación*mezcla. Este resultado pudo explicarse desde el punto de vista que las tres mezclas que contenían festuca se diferenciaban entre sí por presentar un cultivar diferente. En este caso el cultivar Estanzuela Tacuabé se destaca por producción otoño- invernada, persistencia y compatibilidad con trébol blanco. Tiene como ventajas una floración temprana (mediados de setiembre), mayor producción de forraje estacional, una mayor persistencia y competencia con trébol blanco, debido a su agresividad (Carámbula, 2002a).

Analizando los datos que surgen del gráfico y comparando entre mezclas dentro de la misma estación, invierno, la mezcla que contenía al cultivar Tacuabé se comportó diferente, siendo mayor el forraje disponible que la misma mezcla con cultivar de festuca brava y que la de dactilis y alfalfa, por otro lado el cultivar Tacuabé y Tuscany no presentaron diferencias estadísticamente significativas y esta última se comportó de manera diferente, siendo mayor la disponibilidad que la mezcla de dactilis y alfalfa. Brava y Tuscany no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre sí.

Realizando el mismo análisis pero para la estación de primavera no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre mezclas.

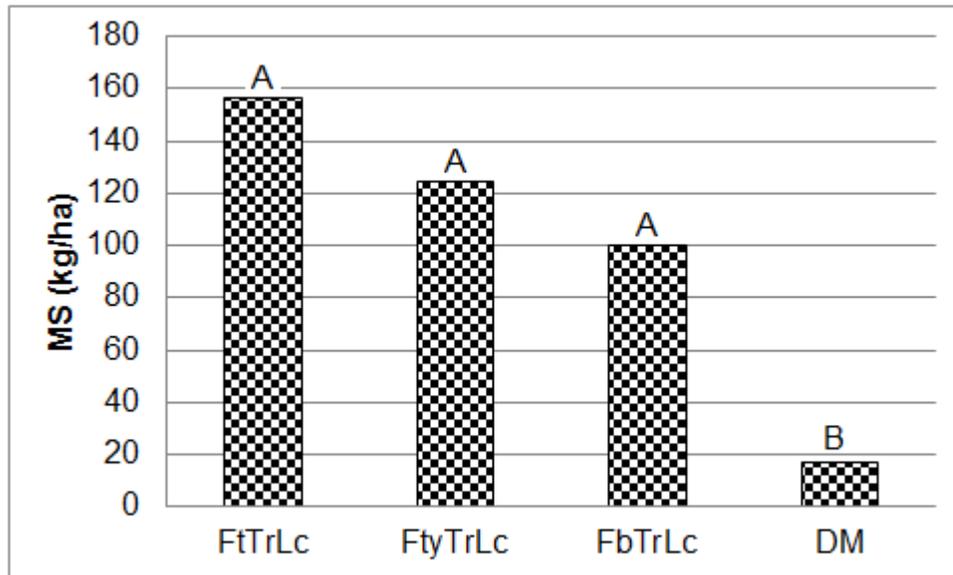
Analizando específicamente al trébol blanco, luego del mes de julio este aumenta su ritmo de crecimiento a tasas crecientes un mes antes que las restantes leguminosas superándolas ampliamente en el mes de agosto en lo que respecta a la tasa de crecimiento promedio (Díaz et al., 1996). Sin embargo esta tasa de crecimiento se vio comprometida por la falta de precipitaciones en los meses de primavera ya que es una especie muy sensible al déficit hídrico, sumado a que, según García et al. (1991), en muchos casos, a partir del tercer año se reduce su persistencia por estolones, por lo que es necesario realizar un adecuado manejo que asegure una buena resiembra (García et al., 1991). Esto contribuye a explicar la diferencia marcada entre la disponibilidad del componente leguminosa entre invierno y primavera en la mezcla conformada por festuca, trébol blanco y lotus.

4.4.2.1. Subcomponentes

A continuación se presentan los resultados del análisis de cada una de las estructuras que conforman a las distintas especies y cultivares de leguminosas estudiadas.

Folíolo

Para este subcomponente se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las variables estación, fecha, mezcla, e interacción estación*mezcla.



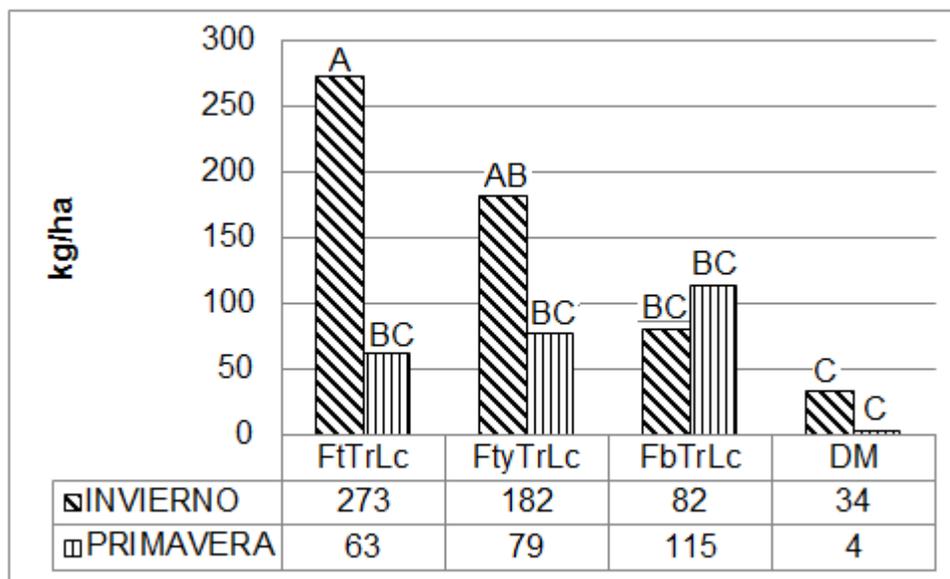
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.10$)

Figura 22. Disponibilidad del subcomponente folíolo según mezcla

En el gráfico anterior se observa mayor disponibilidad de las mezclas conformadas por festuca, trébol blanco y lotus. Este resultado pudo ser explicado en gran medida por la alta producción de invierno y principio de primavera de trébol blanco, esto, sumado a que eran pasturas de tercer año, donde los espacios en los que van perdiendo competitividad el componente gramínea y de lotus, pudo ser ocupado en gran medida por el trébol blanco, ya que es una especie que compite de muy buena manera con gramíneas perennes y presenta alta persistencia con manejos intensivos debido a que presenta crecimiento tanto por semilla de resiembra como por estolones. Sin embargo es posible esperar que dicho comportamiento colonizador de trébol blanco no pudiera expresarse en toda su dimensión en la estación de primavera debido a las condiciones climáticas mencionadas. Sabiéndose la susceptibilidad al déficit hídrico que presenta esta especie, la colonización pudo recaer mayormente en la semillazón.

La escasa disponibilidad de la mezcla de alfalfa y dactilis pudo deberse a que el cultivar de alfalfa Estanduela Chaná es de latencia invernal intermedia, lo cual explicaría la baja producción de folíolos en invierno. Por otro lado, la baja producción primaveral sería causa de que en la etapa de mayor producción de alfalfa el clima no fue favorable, el déficit hídrico en esta estación pudo explicar en gran medida menor folíolos para esta mezcla, luego también la alta

intensidad de pastoreo que soporta esta leguminosa, lo que dejaría como remanente baja cantidad de folíolos (Ayala et al., 2010).



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.10$)

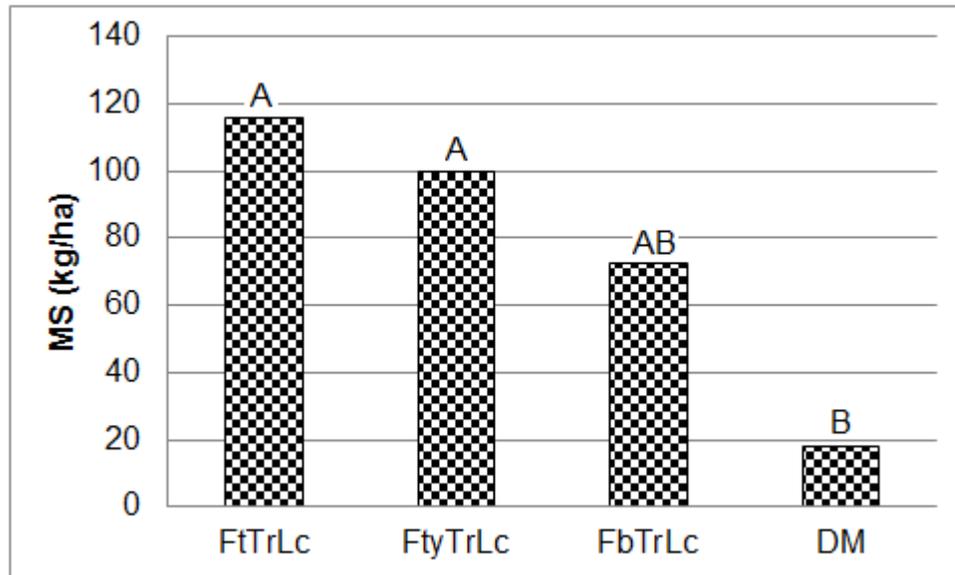
Figura 23. Interacción estación*mezcla del subcomponente folíolo

Como se puede apreciar en la gráfica anterior la única mezcla que presentó interacción con la estación del año fue la compuesta por festuca cv. Tacuabé, trébol blanco y lotus. La disponibilidad de folíolo de la mezcla fue 4,33 veces mayor en invierno en comparación con primavera. Este resultado pudo explicarse debido a la alta producción de trébol blanco en invierno, y en relación a la mezcla específica, la mayor producción en comparación con las mezclas que utilizan otros cultivares de festuca, el cultivar Tacuabé tiene alta compatibilidad con trébol blanco (Carámbula, 2002a).

Por otro lado se puede mencionar que el subcomponente folíolo siguió el mismo patrón de resultado de interacciones entre mezcla y estación que el componente leguminosa de la mezcla.

Pecíolo

En lo que respecta al subcomponente pecíolo se encontraron diferencias estadísticamente significativas para estación, mezcla e interacción estación*mezcla.

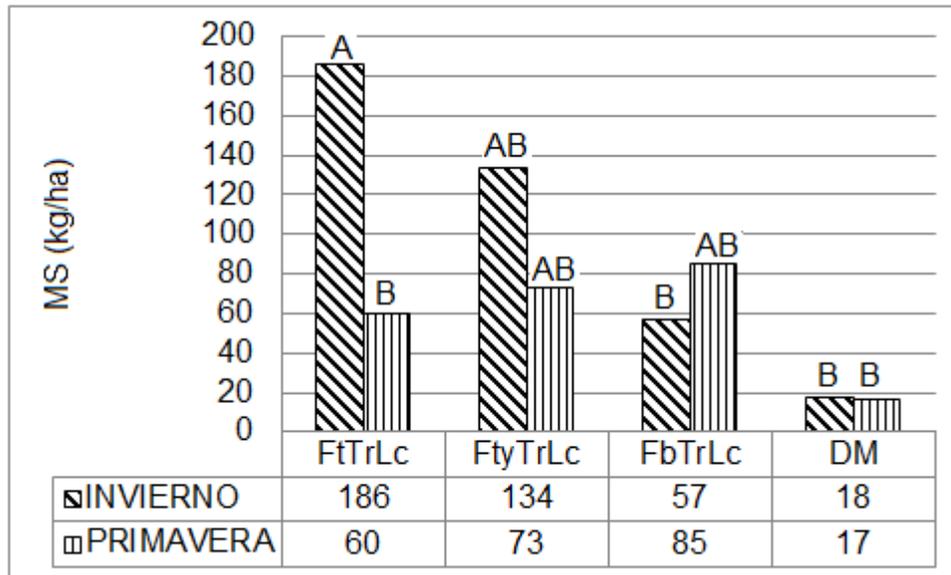


Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.10$)

Figura 24. Disponibilidad del subcomponente pecíolo según mezcla

En el gráfico anterior se observa una mayor disponibilidad de pecíolo en dos de las tres mezclas de festuca, trébol blanco y lotus. La baja disponibilidad de la mezcla de alfalfa y dactilis pudo deberse como se ha mencionado anteriormente a que el cultivar de alfalfa Estanzuela Chaná es de latencia invernal intermedia, lo cual pudo explicar la baja producción de pecíolo en invierno. Por otro lado y al igual que para el subcomponente foliolo, la baja disponibilidad primaveral pudo ser causa de la alta intensidad de pastoreo que soporta esta leguminosa, lo que dejaría como remanente baja cantidad de pecíolos (Ayala et al., 2010). Otro factor responsable de este resultado sería el clima, como se mencionó anteriormente el déficit hídrico hizo que disminuya esta componente y a su vez al ser una pastura de tercer año el componente leguminosa fue disminuyendo mientras el componente gramínea aumentó su ocupación y producción en las parcelas en estudio principalmente para la mezcla que no contenía al trébol blanco.

En cuanto a la interacción mezcla*estación las mayores disponibilidades de materia seca para el componente pecíolo se observan en el invierno para la mezcla con Tacuabé y Tuscany y en primavera para Tuscany y Brava. Las menores disponibilidades se registraron para las restantes mezclas en las restantes estaciones sin presentar diferencias entre ellas.



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.10$)

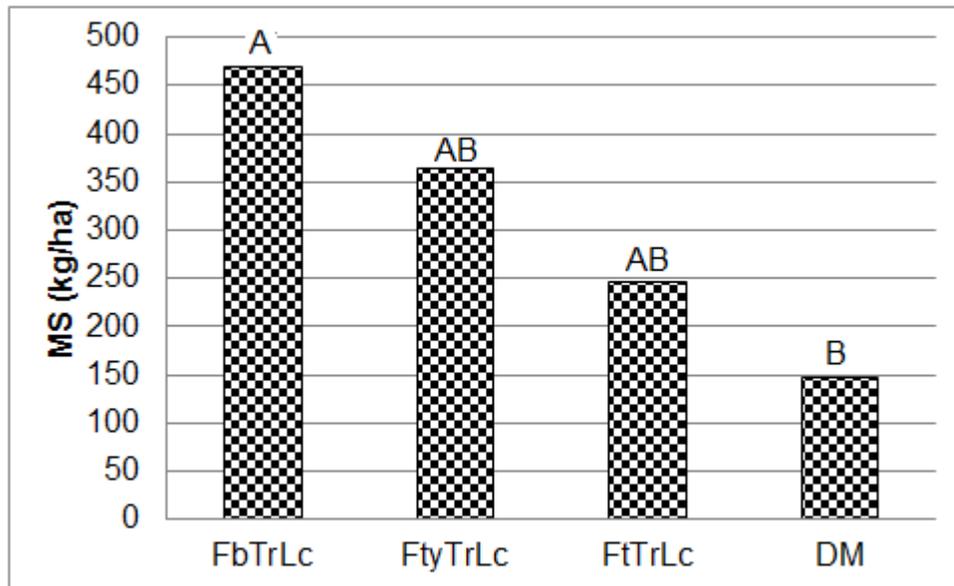
Figura 25. Interacción estación*mezcla del subcomponente pecíolo

Al igual que para folíolo, y analizando dentro de la mezcla entre estación se puede apreciar en la gráfica anterior que la única mezcla que presentó interacción con la estación del año fue la compuesta por festuca cv. Tacuabé, trébol blanco y lotus. La disponibilidad de pecíolo de la mezcla fue 3,1 veces mayor en invierno en comparación con primavera. Este resultado pudo explicarse debido a la alta producción de trébol blanco en invierno, y en relación a la mezcla específica, la mayor disponibilidad en comparación con las mezclas que utilizaron otros cultivares de festuca, el cultivar Tacuabé tiene alta compatibilidad con trébol blanco (Carámbula, 2002a). A su vez teniendo en cuenta el déficit hídrico ocurrido en primavera pudo ser otro factor que explicó la diferencia en disponibilidad entre estación para la mezcla afectando principalmente al trébol blanco ya que requiere de humedad en el suelo.

Comparando entre mezcla dentro de una misma estación, la mezcla que contiene el cultivar Tacuabé se comporta diferente, presentando mayor disponibilidad en invierno que Brava y la mezcla compuesta por dactilis y alfalfa, sin presentar diferencias con la mezcla que contiene al cultivar de festuca Tuscany. Para la estación de primavera no se encontraron diferencias estadísticamente significativas.

4.4.3. Restos secos

Para este componente sólo resultó significativo estadísticamente el componente mezcla. A continuación se muestra el gráfico de barras que compara la producción media de restos secos según mezcla.



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.10$)

Figura 26. Disponibilidad de restos secos según mezcla como promedio de los dos períodos de muestreo

Como se observa en el gráfico la mezcla compuesta por festuca cv. Brava, trébol blanco y lotus presentó diferencia significativas con la mezcla de dactilis con alfalfa siendo la primera con mayor contenido de resto seco. Por otro lado no se presentaron diferencias significativas entre los tres cultivares de festuca para este componente, tampoco se presentaron diferencias significativas entre las mezclas que contenían al cultivar Tuscany y Tacuabé con respecto a dactilis y alfalfa.

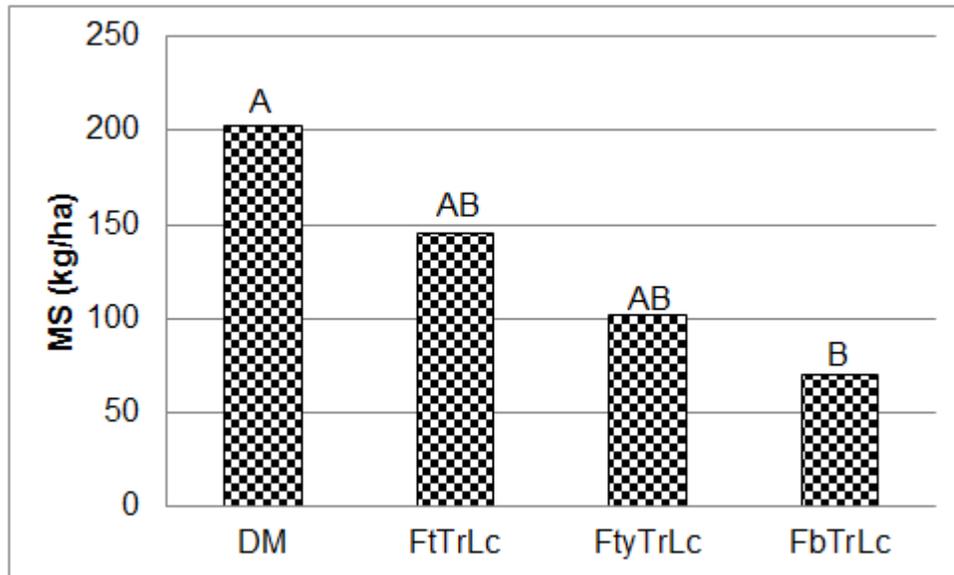
La tendencia a presentar mayor cantidad de restos secos por parte de las mezclas de festuca, trébol blanco y lotus con respecto a la mezcla de dactilis y alfalfa pudo deberse a la presencia de dos especies perennes de ciclo productivo invernal, por lo que en el período en estudio gran parte de la población de plantas cumplen su ciclo biológico y senescen, aportando a este componente.

4.4.4. Maleza

En lo que respecta al componente maleza solo se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la variable mezcla. A continuación se presenta el gráfico que muestra el comportamiento de dicho componente entre mezcla.

Es de esperar que el enmalezamiento sea importante, tomando en cuenta que las praderas estaban en su tercer año de vida, donde comienzan a disminuir las leguminosas, pudiéndose generar espacio para que malezas perennes compitan con las gramíneas y colonicen espacios dentro de la parcela.

Según Carámbula (2002a), las distintas mezclas presentan diferentes grados de enmalezamiento como consecuencia de aumentos sensibles que se registran en la población de dichas especies, debido fundamentalmente al banco de semillas y/u órganos perennes presentes en los suelos, por el aumento de la fertilidad debido al fósforo del fertilizante y el nitrógeno de la leguminosa y principalmente por los espacios libres que dejan estas últimas, al disminuir su población en la época estival a medida que avanza la edad de la pastura. A su vez afirma que la intensidad y velocidad con el que se produce el proceso de infestación depende básicamente del tipo de mezcla forrajera en cuestión, donde para el caso en estudio, al ser especies perennes se debería esperar una menor infestación que en mezclas compuestas por especies anuales, ya que estas últimas presentan mayores períodos de reposo y menor persistencia.



Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.10$)

Figura 27. Disponibilidad de malezas según mezcla como promedio de los dos períodos de muestreo

Como se observa en la gráfica, la única diferencia estadísticamente significativa fue para la mezcla de dactilis y alfalfa con la mezcla festuca cv. Brava, trébol blanco y lotus presentando un nivel de enmalezamiento mayor la primera.

Este resultado pudo deberse a que son pasturas de tercer año donde la mezcla compuesta por dactilis y alfalfa pudo presentar un mayor grado de enmalezamiento debido a la baja capacidad de competir ya que durante el invierno la alfalfa presenta latencia intermedia con bajo crecimiento teniendo en cuenta que a su vez su población comenzaría a disminuir por la edad de la misma. También es importante mencionar que pastoreos severos temprano en la primavera reducen la producción posterior de alfalfa, favoreciéndose la expansión rápida de malezas (Carámbula, 2002a). Por otra parte las mezclas compuestas por festuca, trébol blanco y lotus presentaron una buena producción durante todo el año ya que están conformadas por especies perennes de ciclos complementarios, lo que sumado a que trébol blanco tiene una gran capacidad de colonizar espacios descubiertos determina un menor nivel de enmalezamiento.

Tomando en cuenta el peso que ocupa el enmalezamiento en el total de la materia verde (Cuadro 8), este fue bajo ya que las muestras estudiadas no

presentaban gramíneas perennes estivales, y según Santiñaque y Carámbula (1981) el enmalezamiento en porcentaje de la materia verde para mezclas que contienen gramíneas como paspalum presentan los menores porcentajes de malezas, como por ejemplo la mezcla de festuca, trébol blanco, paspalum y lotus con 31,7% de la materia verde.

Cuadro 8. Porcentaje de la materia verde

MEZCLA	% DEL TOTAL MATERIA VERDE
DM	16,3
FtTrLc	10,4
FtyTrLc	8,6
FbTrLc	7,6

Dentro de las especies que contenían la mezcla cabe destacar la gran susceptibilidad del lotus a las malezas. Esto se debe a que sus plántulas se desarrollan muy lentamente y casi nunca llegan a formar un follaje denso que favorezca su autodefensa.

Tomando en cuenta cómo pudo afectar el clima al enmalezamiento, principalmente el déficit hídrico sufrido en primavera, Carámbula (2002c) sostiene que muchas malezas toleran mejor el déficit hídrico que muchas especies forrajeras, particularmente aquellas malezas pertenecientes al grupo C4 que poseen sistemas radiculares pivotantes profundos o que poseen órganos que son reservorios de agua (rizomas).

4.4.6. Comparaciones

A continuación se presenta un cuadro comparativo, donde se analizaron los diferentes tratamientos y el comportamiento de la composición botánica gravimétrica de cada mezcla tanto para invierno como para primavera.

Cuadro 9. Comparación entre mezclas y entre estaciones

TRATAMIENTOS	GRAMÍNEA (kg/ha)	LEGUMINOSA (kg/ha)	MALEZAS (% de la M. Verde)	RESTOS SECOS (% del total)
INVIERNO				
FbTrLc	1462,0 A	138,0 BC	7,0	20,0
FtyTrLc	1233,0 ABC	316,0 AB	8,0	13,0
FtTrLc	1041,0 ABCD	460,0 A	13,0	7,0
DM	1366,0 AB	52,0 C	12,0	7,0
PRIMAVERA				
FbTrLc	611,0 CD	200,0 BC	4,0	38,0
FtyTrLc	558,0 CD	152,0 BC	9,0	37,0
FtTrLc	404,0 D	123,0 BC	13,0	36,0
DM	723,0 BCD	21,0 C	22,0	15,0

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.10$)

En cuanto a la componente gramínea se observaron diferencias estadísticamente significativas entre estaciones siendo mayor este componente en invierno para el tratamiento con el cultivar de festuca Brava, no observándose diferencias entre tratamientos. La caída abrupta en disponibilidad de gramínea en primavera para la mezcla que contenía al cultivar Brava pudo estar explicada por la alta digestibilidad del mismo (Rimieri, 2009), por lo que sería más propenso a la selección por parte de los vacunos al momento del pastoreo, aumentando su consumo, disminuyendo la cantidad de forraje remanente.

Por otra parte en el componente leguminosa, entre estaciones, solo se observaron diferencias estadísticamente significativas en la mezcla de festuca, trébol blanco y lotus con el cultivar de festuca Tacuabé. Esta diferencia podría deberse, entre otros factores, a que dicha mezcla ya estaba en su tercer año de producción, donde comenzó a predominar el componente gramínea (Carámbula, 2002c), a su vez este cultivar, debido a su agresividad, presenta una mayor persistencia y competencia con trébol blanco (Carámbula, 2002a), lo que haría disminuir en mayor medida (comparándolo con los otros cultivares de festuca) la media del componente leguminosa. Dentro de la estación de invierno la mezcla que tuvo menor disponibilidad fue la de dactilis y alfalfa (salvo la mezcla que contenía a festuca Brava), la cual estaría explicada por la latencia invernal intermedia del cultivar Estanzuela Chaná (Ayala et al., 2010), lo que tuvo como consecuencia una menor disponibilidad de dicho componente.

Estas praderas al ser de tercer año presentaron una mayor proporción del componente gramínea en comparación al componente leguminosa ya que se observó una marcada diferencia en disponibilidad de materia seca entre uno y otro. Este resultado pudo explicarse por el hecho de que según lo expuesto por Carámbula (2002c), la fertilidad acumulada (nitrógeno y fósforo) que generan las leguminosas en los primeros años ocasionan un incremento posterior de gramíneas y malezas. Este resultado a su vez pudo afirmar lo expuesto por Díaz et al. (1996), quienes mencionan que a partir del tercer año el trébol blanco reduce sustancialmente sus rendimientos, mientras que si bien el lotus y alfalfa también lo hacen, se mantienen en producción. Por otra parte estudios realizados por García (1992) podrían contribuir a explicar dicho fenómeno; él mismo explica que, entre otros factores los frecuentes déficits hídricos en superficie, asociados muchas veces a suelos con una fuerte tendencia a la compactación superficial, originan situaciones de estrés que actúan ya sea afectando directamente las plantas o como elementos predisponentes que las debilitan, dañan sus raíces, las exponen a enfermedades, etc. Entre las enfermedades más importantes que afectan a las leguminosas adultas se encuentran las enfermedades de raíz, corona y estolones al alterar: la normal absorción de agua y nutrientes, la acumulación de reservas y la fijación de nitrógeno.⁵

Con respecto al enmalezamiento en cada estación se puede observar que el porcentaje de cada mezcla de este componente no varía abruptamente entre estación a excepción de la mezcla de dactilis con alfalfa aumentando el enmalezamiento como porcentaje de materia verde aproximadamente el doble en primavera con respecto a invierno. Este resultado pudo deberse como se explicó anteriormente a que los componentes de la mezcla perdieron competitividad frente a malezas con mayor adaptación a condiciones de déficit hídrico

Por otro lado, el componente resto seco presentó un aumento de aproximadamente el doble o más en primavera con respecto a invierno, esto pudo ser consecuencia de que las mezclas estaban compuestas mayoritariamente por especies perennes invernales, a excepción de alfalfa y lotus por lo que en principios de la estación primaveral cuando las especies invernales pasan a estado reproductivo gran parte del follaje senece constatándose esta diferencia entre estaciones. Otra causa pudo ser que las bajas precipitaciones durante los meses de primavera provocaron muerte de plantas que también explicarían el aumento de resto secos. Por último en lo que refiere al pastoreo el forraje remanente está conformado principalmente por

⁵ Altier, N. 1988. Com. personal.

hojas viejas, esto sumado a que los pastoreos se realizaron principalmente en primavera sería otro factor a considerar en el resultado obtenido.

4.5. CONSIDERACIONES FINALES

En cuanto a producción tanto entre mezclas como entre estaciones se observaron diferencias estadísticamente significativas.

La mezcla que presentó mayor tasa de crecimiento y por consiguiente mayor producción de forraje tanto para la estación de invierno como en promedio entre las dos estaciones fue la de dactilis y alfalfa.

Por otra parte la única mezcla que presentó mayor crecimiento primaveral que invernal fue la de festuca cultivar Tuscany.

Las mezclas evaluadas presentaron diferencias estadísticamente significativas en las variables altura y disponibilidad de forraje siendo ambas significativamente superiores en la estación invernal.

En cuanto a composición botánica gravimétrica para el componente gramínea se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre estaciones, mayor disponibilidad de forraje y del subcomponente lamina en invierno, sin diferencias estadísticas para vaina.

Por otro lado en lo que refiere al componente leguminosa se encontraron diferencias estadísticamente significativas, obteniéndose mayor disponibilidad en la mezcla de festuca, trébol blanco y lotus (para los tres cultivares de festuca) frente a la mezcla de dactilis y alfalfa.

En cuanto al enmalezamiento las mezclas que presentaron menor disponibilidad de malezas fueron las compuestas por festuca, trébol blanco y lotus. Sin embargo el enmalezamiento para todas las mezclas fue bajo tomando en cuenta la edad de la pastura y la composición de la mezcla.

Por último en lo que refiere a restos secos la proporción con respecto al total del disponible fue muy superior en primavera con respecto a invierno.

5. CONCLUSIONES

No se cumple la hipótesis biológica dado que la mezcla de mayor crecimiento estival analizada presentó una buena adaptación frente a problemas de estrés hídrico y por lo tanto en este año en estudio esta última mezcla se comportó significativamente superior en la estación invernal y promedio en relación a las mezclas simples.

Tomando en cuenta la edad de las pasturas se observó en la mayoría de las mezclas estudiadas una proporción muy superior del componente gramínea en comparación al componente leguminosa. Dentro de las explicaciones posibles de este resultado se encuentran muchos factores como condiciones climáticas extremas, manejo del pastoreo, interacción interespecífica de cada mezcla, enfermedades de raíz y corona en lotus, sistema radicular de trébol blanco, entre otros.

Finalmente se puede concluir que el comportamiento de cada mezcla va a depender del comportamiento de las especies dentro de la misma y de la interacción con el ambiente que, en nuestro país presenta gran variabilidad año tras año. Como alternativa para disminuir las consecuencias del efecto año en la producción de forraje sería recomendable realizar una rotación de pasturas en el cual el 50% de la superficie de praderas esté compuesta por la mezcla simple y el otro 50% por la mezcla ultrasimple.

6. RESUMEN

Como resumen del presente trabajo cuyo objetivo fue la evaluación de la producción de forraje y composición botánica de dos mezclas forrajeras, conformando sus variables los cuatro tratamientos evaluados, la evaluación se realizó en el tercer año de vida en las estaciones de invierno y primavera. Los tratamientos consistieron básicamente en dos mezclas forrajeras principales, una de ellas ultrasimple conformada por *Dactylis glomerata* y *Medicago sativa*, y luego la segunda la cual estaba en tres de los tratamientos, mezcla simple, estaba conformada por *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*, esta última mezcla la variable fue el cultivar de *Festuca arundinacea*, los cuales eran Tacuabé, Tuscany II y Brava INTA, una para cada tratamiento. El presente trabajo fue realizado en la estación experimental Dr. Mario A. Cassinoni (Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Paysandú, Uruguay), en el potrero no. 34 (Latitud: 32° 22' 31.00" S, Longitud 58° 03' 46,00" O), durante el período comprendido entre el 17 de agosto hasta el día 22 de setiembre y desde el día 28 de octubre al 25 de noviembre del año 2016, estos períodos corresponden al análisis de invierno y primavera respectivamente, sobre cuatro mezclas forrajeras en su tercer año de vida. Para la evaluación se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, compuesto por tres bloques divididos en parcelas, y cada una de estas contenía uno de los cuatro tratamientos. Los animales que pastoreaban en los tratamientos como se dijo en puntos anteriores eran asignados al azar con el propósito de tener cuatro novillos por tratamiento, el método de pastoreo utilizado era rotativo con un ciclo de cuarenta días por bloque en el cual había diez días de ocupación y treinta días de descanso. Se observaron diferencias estadísticamente significativas en composición botánica gravimétrica en el componente gramínea de las mezclas entre estaciones, presentando una mayor disponibilidad este componente en la estación invernal, dentro de los subcomponentes lámina y vaina del mismo, para lámina se encontró mayor disponibilidad en invierno con respecto a primavera y en cuanto al subcomponente vaina no se encontró diferencia estadísticamente significativa, en la relación lámina/vaina se encontró una mayor relación para la estación de invierno. Para el componente leguminosa se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre mezclas presentando superioridad las mezclas simples frente a la mezcla de alfalfa y dactilis y sin diferencias entre las primeras. Para lo que corresponde a los subcomponentes folíolo y pecíolo el primero se comportó estadísticamente igual que el componente leguminosa en su conjunto y por último el subcomponente pecíolo para las mezclas simples no hubieron diferencias estadísticamente significativas con superioridad de estas frente a la mezcla de dactilis y alfalfa menos la mezcla que contenía al cultivar de festuca Brava que no tuvo diferencias significativas con ningún tratamiento.

También se observaron diferencias estadísticamente significativas para tasa de crecimiento, producción de materia seca y disponibilidad de forraje.

Palabra clave: Tasa de crecimiento; Mezclas forrajeras; Composición botánica gravimétrica; Forraje disponible; Forraje remanente.

7. SUMMARY

As a summary of the present work whose objective was the evaluation of forage production and botanical composition of two forage mixtures, the four treatments evaluated being its variables, the evaluation was carried out in the third year of life in the winter and spring seasons. The treatments consisted basically of two main forage mixtures, one of them ultra-smooth formed by *Dactylis glomerata* and *Medicago sativa*, and then second which was in three of the treatments, simple mixture, was composed of *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens* and *Lotus corniculatus*, this last mixture was the cultivar of *Festuca arundinacea*, which were Tacuabé, Tuscany II and Brava INTA, one for each treatment. The present work was carried out in the Dr. Mario A. Cassinoni experimental station (Faculty of Agronomy, University of the Republic, Paysandú, Uruguay), in paddock No. 34 (Latitude: 32 ° 22 '31.00 "S, Longitude 58 ° 03 '46.00' W), during the period from August 17th. to September 22nd. and from October 28th. to November 25th., 2016, these periods correspond to the winter and spring analysis respectively, on four forage mixtures in their third year of life. For the evaluation, an experimental design of randomized complete blocks was used, composed of three blocks divided into plots, and each of these contained one of the four treatments. The animals that grazed in the treatments as it was said in previous points were assigned at random in order to have four steers per treatment, the method of grazing used was rotating with a cycle of forty days per block in which there were ten days of occupation and thirty days of rest. Significant differences were observed in botanical composition in the grass component of the mixtures between seasons, with a higher availability of this component in the winter season, within the leaf and sheath subcomponents, for leaf it was found greater availability in winter with respect to spring and as regards the pod subcomponent no statistically significant difference was found, in the lamina / pod relation a greater relation was found for the winter season. For the legume component, a significant difference was found between mixtures, with the simple mixtures superior to the mixture of alfalfa and dactilis and without differences between the former. For what corresponds to the foliole and petiole subcomponents, the former behaves statistically the same as the legume component as a whole and, finally, the petiole subcomponent for the simple mixtures, there was no statistically significant difference with superiority of these compared to the mixture of dactilis and fescue minus the mixture that contained the Brava fescue cultivar that did not have significant differences with any treatment. Statistically significant differences were also observed for growth rate, dry matter production and forage availability.

Keyword: Growth rate; Torage mixtures; Gravimetric botanical composition; Forage available; Remnant forage.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Agustoni, F.; Bussi, C.; Shimabukuro, M. 2008. Efectos de la asignación de forraje sobre la productividad de una pastura de segundo año. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 100 p.
2. Albano J. S.; Platero, T.; Sarachu, N. 2013. Evaluación invierno-primaveral de mezclas forrajeras en su primer año de vida. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 109 p.
3. Allden, W. G.; Whittaker, I. A. 1970. The determinants of herbage intake by grazing sheep: the interrelationship of factors of factors influencing herbage intake and availability. Australian Journal of Agricultural Research. 21: 755-766.
4. Almeida E. X.; Setelich E. A.; Maraschin G. E. 1997. Oferta de forragem e variáveis morfogênicas em capim elefante anão. cv. Mott. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia (34^a., 1997, Juiz de Fora, MG). Anais. Belo Horizonte, Minas Gerais, s.e. pp. 240-242.
5. Altamirano, A.; Da Silva, H.; Durán, A.; Echeverría, A.; Panario, D.; Puentes, R. 1976. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay: clasificación de suelos. Montevideo, MAP. DSF. t.1, 96 p.
6. Altier, N. 1988. Enfermedades de plantas forrajeras. In: Jornadas de Forrajeras (1988, La Estanzuela, Colonia). Resúmenes. Montevideo, CIAAB. pp. 4-10.
7. _____. 1994. Current status of research on Lotus diseases in Uruguay. In: International Lotus Symposium (1994, University of Missouri). Proceedings. Saint Louis, Missouri, s.e. pp. 203-205.
8. Alzugaray, R. 1996. Seguimiento de poblaciones de insectos en semillares de leguminosas forrajeras. In: Risso, D. F.; Berretta, E. J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, INIA. pp. 57-75 (Serie Técnica no. 80).

9. _____.; Ribeiro, A. 2000. Insectos en pasturas. In: Zerbino, Ma. S.; Ribeiro, A. eds. Manejo de plagas en pasturas y cultivos. Montevideo, INIA. pp. 13-30 (Serie Técnica no. 112).
10. Arbeleche, C. 1996. Impacto de las enfermedades en la producción de pasturas. In: Risso, D. F.; Berretta, E. J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 47-56 (Serie Técnica no. 80).
11. Arenares, G.; Quintana, C.; Ribero, J. 2011. Efecto de tipo de mezcla forrajera sobre la productividad del segundo año. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 89 p.
12. Ayala, W.; Bemhaja, M.; Cotro, B.; Docanto, J.; García, J.; Olmos, F.; Real, D.; Rebuffo, M.; Reyno, R.; Rossi, C. Silva, J. 2010. Forrajeras; catálogo de cultivares 2010. Montevideo, INIA. 131 p.
13. Barnes, R. F.; Sheaffer, C. C. 1995. Alfalfa. In: Barnes, R. F.; Miller, D. A.; Nelson, C. J. eds. Forages; an introduction to grassland agriculture. 5th. ed. Ames, Iowa, Iowa State University. pp. 205-216.
14. Beretta, V.; Simeone, A.; Elizalde, J. C. 2008. Producción de carne a pasto; asignación de forraje, respuesta animal y utilización de forraje. In: Jornada Anual de la U.P.I.C. (10ª., 2010, Paysandú). Paysandú, Facultad de Agronomía. EEMAC. cap. 3, pp. 20-23.
15. Briske, D. D. 1991. Developmental morphology and physiology of grasses. In: Heitshmidt, R. K.; Stuh, J. W. eds. Grazing management: an ecological perspective. Portland, Oregon, USA, Timber. pp. 85-108.
16. Brougham, R. W. 1956. Effect of intensity of defoliation on regrowth of pasture. Australian Journal of Agricultural Research. 7: 377-387.
17. Cairús, M. C.; Regusci, M. A. 2013. Producción invierno-primaveral de mezclas forrajeras de tercer año bajo pastoreo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 87 p.
18. Cangiano, C. A. 1997. Producción animal en pastoreo. Balcarce, Buenos Aires, Argentina, La Borrosa. 139 p.

19. Carámbula, M. 1977. Producción y manejo de pasturas sembradas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 463 p.
20. _____. 1991. Aspectos relevantes para la producción forrajera. Montevideo, Uruguay, INIA. 46 p. (Serie Técnica no. 19).
21. _____.; Ayala, W.; Carriquiry, E.; Bermúdez, R. 1994. Siembra de mejoramientos en cobertura. Montevideo, INIA. 19 p. (Boletín de Divulgación no. 46).
22. _____.; _____. 1995. Pasturas para sistemas de producción ecológicamente amigables. In: Jornada Técnica (1995, Treinta y Tres). Resúmenes. Montevideo, INIA. pp. 12-18 (Actividades de Difusión no. 75)
23. _____. 1996. Pasturas naturales mejoradas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 524 p.
24. _____. ; Terra, J. A. 2000. Las sequías: antes, durante y después. Montevideo, INIA. 134 p. (Boletín de Divulgación no. 74).
25. _____. 2002a. Pasturas y forrajes: potenciales y alternativas para producir forraje. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t.1, 357 p.
26. _____. 2002b. Pasturas y forrajes: insumos, implantación y manejo de pasturas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t.2, 371 p.
27. _____. 2002c. Pasturas y forrajes: manejo, persistencia y renovación de pasturas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t.3, 413 p.
28. Chapman, D. F.; Lemaire, G. 1993. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: International Grassland Congress (17th., 1993, Palmerstone North). Proceedings. Palmerstone North, New Zealand Grassland Association. pp. 95-104.
29. Chebataroff, J. 1969. Relieve y costas. Montevideo, Uruguay, Nuestra Tierra. 68 p. (Nuestra Tierra no. 3).
30. Chilibroste, P.; Soca, P.; Bruni, M. de los A.; Fabre, E.; Matiauda, D. 2008. Tecnología para la producción de leche en los últimos 15 años; aportes desde la EEMAC. Cangüé. no. 30: 36-44.

31. Colabelli, M.; Agnusdei, M.; Mazzanti, A.; Labreveux, M. 1998. El proceso de crecimiento y desarrollo de gramíneas forrajeras como base para el manejo de la defoliación. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Balcarce. Boletín Técnico no. 148. 21 p.
32. Davies, A. 1974. Leaf tissue remaining after cutting and regrowth in perennial ryegrass. Australian Journal of Agricultural Research. 82: 165-172.
33. _____. 1988. The regrowth of grass swards. In: Jones, M. B.; Lazemby, A. eds. The physiological basis of production. London, Chapman and Hall. pp. 85 -127.
34. Del Puerto, O. 1969. Hierbas del Uruguay. Montevideo, Nuestra Tierra. 68 p. (Nuestra Tierra no. 19).
35. De Souza, P. A.; Presno, J. P.; 2013. Productividad invierno-primaveral de praderas mezclas con *Festuca arundinacea* o *Dactylis glomerata* en su tercer año pastoreadas con novillos Holando con distintas dotaciones. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 110 p.
36. Díaz, J. E.; García, J. A.; Rebuffo, M. 1996. Crecimiento de leguminosas en La Estanzuela. Montevideo, INIA. 12 p. (Serie Técnica no. 71).
37. Escuder, C. J. 1997. Manejo de la defoliación; efecto de la carga y métodos de pastoreo. In: Cangiano, C. A. ed. Producción animal en pastoreo. Balcarce, Buenos Aires, Argentina, La Borrosa. pp. 65-83.
38. Fariña, M.; Saravia, R. 2010. Evaluación de la productividad de mezclas forrajeras bajo pastoreo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 82 p.
39. Formoso, F. A.; Arocena, M.; Allegri, M. 1982. Evaluación de mezclas forrajeras en la zona noreste. Investigaciones Agronómicas. 3 (1): 47- 52.
41. _____. 1993. *Lotus corniculatus*. I. Performance forrajera y características agronómicas asociadas. Montevideo, Uruguay, INIA. 23 p. (Serie Técnica no. 37).

42. _____. 1996. Bases morfológicas y fisiológicas del manejo de pasturas. *In*: Risso, D. F.; Berretta, E. J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 1-19 (Serie Técnica no. 80).
43. _____. 2000. Manejo de la alfalfa para producción de forraje. *In*: Rebuffo, M.; Risso, D. F.; Restaino, E. eds. Tecnología en alfalfa. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 53-74 (Boletín de Divulgación no. 69).
44. _____. 2010. *Festuca arundinacea*, manejo para producción de forraje y semillas. Montevideo, Uruguay, INIA. 183 p. (Serie Técnica no. 182).
45. Fortes, D.; Herrera, R. S.; González, S. 2004. Estrategias para la resistencia de las plantas a la defoliación. (en línea). Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 38(2): 111-119. Consultado 1 mar. 2017. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/1930/193017901001.pdf>
46. Galli, J. R. 1997. Las pasturas como fuente de alimentación de rumiantes. *In*: Cangiano, C. A. ed. Producción animal en pastoreo. Balcarce, Buenos Aires, Argentina, La Borrosa. pp. 27-40.
47. García, J.; Rebuffo, M.; Formoso, F. 1991. Las forrajeras de La Estanzuela. La Estanzuela, INIA. 15 p. (Boletín de Divulgación no. 7).
48. _____. 1992. Persistencia de leguminosas. Investigaciones Agronómicas. 2(1): 143-156.
49. _____. 1995a. *Dactylis glomerata* L. INIA LE Oberón. Montevideo, Uruguay, INIA. 10 p. (Boletín de Divulgación no. 49).
50. _____. 1995b. Estructura del tapiz de praderas. Montevideo, Uruguay, INIA. 9 p. (Serie Técnica no. 66).
51. _____. 2003. Crecimiento y calidad de gramíneas forrajeras en La Estanzuela. Montevideo, Uruguay, INIA. 26 p. (Serie Técnica no. 133).

52. Gastal F.; Lemaire G. 1988. Study of a tall fescue sward grown under nitrogen deficiency conditions. s.n.t. pp. 323-327.
53. _____; Belanger, G.; Leamire, G. 1992. A model of the leaf extension rate of tall fescue in response to nitrogen and temperature. *Annals of Botany*. 70: 437 – 442.
54. _____; Nelson, C. J. 1994. Nitrogen use within the growing leaf blade of tall fescue. *Plant Physiology*. 105: 191-197.
55. Harris, W.; Lazenby, A. 1974. Competitive interaction of grasses with contrasting temperature responses and water stress tolerances. *Australian Journal of Agricultural Research*. 25: 227-246.
56. Hodgson, J. 1984. Sward conditions, herbage allowance and animal production; an evaluation of research results. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*. 44: 99-104.
57. _____. 1990. *Grazing management; science into practice*. New York, Longman. 203 p.
58. Hongo, A. 1998. Selective grazing in pure leaf and leaf/culm mixtures of herbage grasses by sheep. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)*. 131: 353-359.
59. INASE (Instituto Nacional de Semillas, UY). 2008. Catálogo forrajeras. (en línea). Montevideo, Uruguay. s.p. Consultado mar. 2017. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/falfes08.htm
60. _____. 2012. Catálogo forrajeras. (en línea). Montevideo, Uruguay. s.p. Consultado mar. 2017. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/Evaluacion_EF/Ano2011/PubForrajerasPeriodo2011.pdf
61. _____. 2016. Catálogo forrajeras. (en línea). Montevideo, Uruguay. 106 p. Consultado mar. 2017. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/Evaluacion_EF/Ano2016/PubForrajerasPeriodo2016.pdf
62. INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, UY). 2010. Catálogo de cultivares. (en línea). Montevideo, Uruguay. 146 p. Consultado mar. 2017. Disponible en

<http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/18429300810155513.pdf>

63. Jewiss, O. 1966. Morphological and physiological aspects for growth of grasses during the vegetative phase in the growth of cereals and grasses. *In*: Milthorpe, F. L.; Ivins, J. D. eds. Growth of cereals and grasses. London, Butterworths. pp 39-54.
64. Jones, R. J. 1968. The production and persistence of grazed irrigated pasture mixtures in South-eastern Queensland. *Australian Journal of Experiment Agricultural and Animal Husbandry*. 8 (31): 177-189.
65. Labandera, M. 2000. Comportamiento de cultivares de leguminosas perennes en el Uruguay; actualización 2000. *In*: Resultados experimentales de evaluación para el Registro Nacional de Cultivares: período 1999. Montevideo, INIA. pp. 69-90.
66. Laluz, R.; Martino, S; Rovira, F. 2015. Producción de forraje y carne de cuatro mezclas forrajeras en su primer año de vida. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 91 p.
67. Langer, R. H. M. 1963. Tillering in herbage grasses. *Herbage Abstracts*. 33: 141-148.
68. _____. 1981. Las pasturas y sus plantas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 524 p.
69. Leborgne, R. s.f. Antecedentes técnicos y metodología para la presupuestación en establecimientos lecheros. 2^a. ed. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 53 p.
70. López, L. I.; Zerbino, J. P.; Álvarez, M. 2013. Evaluación de dos mezclas forrajeras de segundo año en la producción de forraje y carne en el período invierno-primaveral. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 113 p.
71. López, R. R.; Matches, A. G.; Baldrige, J. D. 1967. Vegetative development and organic reserves of tall fescue under conditions of accumulated growth. *Crop Science*. 7: 409-412.

72. MacFarlane, M. J.; Scott, D.; Jarvis, P. 1982a. Allelopathic effects of White clover. 1. Germination and chemical bioassay. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 25: 503-510.
73. _____.; _____.; _____. 1982b. Allelopathic effects of White clover. 2. Field investigation in tussock grasslands. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 25: 511-518.
74. Mckee, W. H.; Brown, R. H.; Blaser, R. E. 1967. Effect of clipping and nitrogen fertilization on yield and stands of tall fescue. *Crop Science*. 7(6):567-570.
75. Matches, A. G. 1966. Influence of intact tillers and height of stubble on growth responses of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb). *Crop Science*. 6:484-487.
76. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2017. Anuario estadístico. (en línea). Montevideo, Uruguay. s.p. Consultado mar. 2017. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/unidad-organizativa/oficina-de-programacion-y-politicas-agropecuarias/publicaciones/anuarios-diea/anuario-estad%C3%ADstico-de-diea-2017>
77. Molfino, J. H.; Califra, A. 2001. Agua disponible de las tierras del Uruguay. Montevideo, Uruguay, MGAP. División Suelos y Aguas, Dirección General de Recursos Naturales Renovables. Esc. 1:1.000.000. s.p.
78. Morales, A. S.; Nabinger, C.; Maraschin, G. E.; Rosa, L. M. G. 1977. Efeito da disponibilidade hídrica sobre a morfogênese a repartição de assimilados em *L. corniculatus* L. cv. São Gabriel. *In*: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia (34^a, 1997, Juiz de Fora, MG). Resúmenes. Belo Horizonte, Minas Gerais, s.e. pp. 124-126.
79. Mott, G. O. 1960. Grazing pressure and the measurement of pasture production. *In*: International Grassland Congress (8th., 1960, Oxford). Proceedings. Oxford, Alden Press. pp. 606-611.
80. Nabinger, C. s.f. Princípios de manejo e produtividade de pastagens. Porto Alegre, Brasil, UFRGS. Faculdade de Agronomia. pp. 54-107.

81. Olmos, F. 2004. Factores que afectan la persistencia y productividad de pasturas mejoradas con trébol blanco (*Trifolium repens* L.). Montevideo, INIA. 239 p. (Serie Técnica no. 145).
82. Otondo, J.; Cicchino, M.; Calvetty, M. 2008. Mezclas base alfalfa en un sistema de invernada de la Cuenca del Salado. (en línea). Rauch, INTA. 6 p. Consultado mar. 2017. Disponible en <https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-alfalfa.pdf>
83. Parsons, A. J.; Robson, M. J. 1980. Seasonal changes in the physiology of S24 perennial ryegrass. 2. Potencial leaf extension to temperature during the transition from vegetative to reproductive growth. *Annals of Botany*. 46: 435-444.
84. Peacock J. M. 1975a. Temperature and leaf growth in *Lolium perenne*. I. The Thermal microclimate; its measurement and relation to plant growth. *Journal of Applied Ecology*. 12: 99-114.
85. _____. 1975b. Temperature and leaf growth in *Lolium perenne*. II. The site of temperature perception. *Journal of Applied Ecology*. 12: 115-123.
86. Pereira, M. 2007. ¿Qué Lotus sembrar? *Revista Plan Agropecuario*. no. 122: 36-38.
87. Pristch, O. M. 1976. Evaluación del potencial productivo de semillas de trébol blanco en el área de la Estanzuela. *Revista de la Asociación Uruguaya de Ingenieros del Uruguay*. 7: 24-28.
88. Rebuffo, M.; Altier, N. 1996. Mejora miento genético de trébol rojo en INIA La Estanzuela. In: Risso, D. F.; Berretta, E. J.; Morón, A. eds. *Producción y manejo de pasturas*. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 3-4 (Serie Técnica no. 80).
89. _____. 2000. Distribución estacional de forraje. Adopción de variedades en Uruguay. *Variedades de alfalfa*. In: Rebuffo, M.; Risso, D. F.; Restaino, E. eds. *Tecnología en alfalfa*. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 5-13 (Boletín de Divulgación no. 69).
90. Rimieri, P. 2009. Características de *Festuca arundinacea*, cultivar Brava INTA. (en línea). Buenos Aires, INTA. 1 p. Consultado mar. 2017. Disponible en <https://inta.gob.ar/variedades/brava-inta>

91. Rovira, J. 2012. Manejo nutritivo de los rodeos de cría en pastoreo. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 336 p.
92. Santiñaque, F. 1979. Estudios sobre productividad y comportamiento de distintas mezclas forrajeras. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 86 p.
93. _____; Carámbula, M. 1981. Resúmenes. Investigaciones Agronómicas. 2(1): 16-21.
94. Schneiter, O.; Pagano, E. 1998. Producción de forraje y composición botánica de pasturas mixtas de festuca y trébol blanco fertilizadas con nitrógeno. INTA. Revista de Tecnología Agropecuaria. 3 (9): 10-14.
95. _____. 2005. Mezclas de especies forrajeras templadas. *In*: Jornada de Actualización Técnica en Pasturas Implantadas (2005, Buenos Aires, Argentina). Trabajos presentados. Buenos Aires, s.e. s.p.
96. Scott, D.; Keoghan, J. M.; Cossens, G. G.; Manusell, L. A.; Floate, M. J. S.; Wills, B. J.; Douglas, G. 1985. Limitations to pasture production and choice of species. *In*: Brock, J. L.; Burgess, R. E. eds. Using herbage cultivars. Palmerston North, New Zealand, Grassland Association. pp. 9-15.
97. Seman, D. H.; Stuedemann, J. A.; Hill, N. S. 1999. Behavior of steers grazing monocultures and binary mixtures of alfalfa and tall fescue. *Journal of Animal Science*. 77: 1402-1411.
98. Simon J. C.; Lemaire, G. 1987. Tillering and leaf area index in grasses in the vegetative phase. *Grass and Forage Science*. 42: 373-380.
97. Skinner, R. H.; Nelson, C. J. 1994a. Epidermal cell division and the coordination of leaf and tiller development. *Annals of Botany*. 74: 9-15.
98. _____; _____. 1994b. Role of leaf appearance rate and the coleoptile tiler in regulating tiller production. *Crop Science*. 34: 71-75.

99. Sleper, D. A.; Buckner, C. R. 1995. Fescues. In: Barnes, R.; Miller, D.; Nelson, C. eds. Forages; an introduction to grassland agriculture. 5th. ed. Ames, Iowa, Iowa State University. v.1, pp. 345-356.
100. Soca, P.; Chilibroste, P.; De Armas, A. 2005. Impacto del manejo del pastoreo en la invernada pastoril. Cangüé. no. 27: 15-17.
101. Wade, M. H.; Agnusdei, M. 2001. Morfología y estructura de las especies forrajeras y su relación con el consumo. Tandil, Buenos Aires, Argentina, UNCPBA. Facultad de Ciencias Veterinarias. Departamento de Producción Animal. 7p.
103. Westbrooks, F. E.; Tesar, M. B. 1955. Tap. Root survival of ladino clover. Agronomy Journal. 47:403-410.
104. Zanoniani, R. 1999. Algunas alternativas para mejorar la productividad de nuestras pasturas naturales. Cangüé. no. 15: 13-17.
105. _____.; Ducamp, F. 2004. Leguminosas forrajeras del género Lotus en el Uruguay. Cangüé. no. 25: 5-11.
106. _____.; Boggiano, P.; Cadenazzi, M.; Silveira, D. 2006. Producción otoño-invernal del segundo año de raigrás según intensidades de pastoreo. In: Reunión del Grupo Técnico Regional de Cono Sur, Grupo Campos (21ª., 2006, Pelotas). Trabajos presentados. Pelotas, EMBRAPA. s.p.
107. _____. 2010. Estado actual del conocimiento en producción de pasturas, brecha tecnológica. Agrociencia (Uruguay). 14(3): 26-30.

9. ANEXOS

Anexo No. 1. Composición gravimétrica analizada según las variables: bloque; estación; fecha; mezcla; estación*mezcla; fecha*mezcla

Análisis de la varianza

Vaina

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
VAINA	72	0,42	0,00	86,84

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	151,66	41	3,70	0,54	0,9685
BLOQUE	3,93	2	1,96	0,28	0,7547
ESTACIÓN	0,98	1	0,98	0,14	0,7095
FECHA	50,43	8	6,30	0,91	0,5198
MEZCLA	27,54	3	9,18	1,33	0,2835
ESTACIÓN*MEZCLA	1,45	3	0,48	0,07	0,9756
FECHA*MEZCLA	67,33	24	2,81	0,41	0,9868
Error	207,30	30	6,91		
Total	358,96	71			

Test: Tukey alfa= 0,10 DMS= 1,68511

Error: 6,9102 gl: 30

BLOQUE	Medias	n	E.E.
1,00	3,40	16	0,71
3,00	3,04	32	0,50
2,00	2,76	24	0,58

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=1,05817

Error: 6,9102 gl: 30

ESTACIÓN	Medias	n	E.E.
INVIERNO	3,05	32	0,50
PRIMAVERA	3,01	40	0,45

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey alfa= 0,10 DMS= 4,45989
 Error: 6,9102 gl: 30

FECHA	Medias	n	E.E.	
15/09/2016	4,64	8	1,00	A
06/11/2016	4,26	8	1,00	A
16/11/2016	3,49	8	1,00	A
22/09/2016	3,01	4	1,41	A
25/11/2016	2,79	8	1,00	A
26/08/2016	2,72	8	1,00	A
17/08/2016	2,42	8	1,00	A
18/11/2016	2,39	8	1,00	A
28/10/2016	2,12	8	1,00	A
08/09/2016	1,84	4	1,41	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey alfa= 0, 10 DMS= 2,09769
 Error: 6,9102 gl: 30

MEZCLA	Medias	N	E.E.	
DM	3,64	18	0,67	A
FbTrLc	3,34	18	0,67	A
FtyTrLc	3,12	18	0,67	A
FtTrLc	2,01	18	0,67	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey alfa= 0, 10 DMS= 3,66385
 Error: 6,9102 gl: 30

ESTACIÓN	MEZCLA	Medias	n	E.E.	
PRIMAVERA	DM	3,80	10	0,89	A
INVIERNO	FbTrLc	3,58	8	1,00	A
INVIERNO	DM	3,58	8	1,00	A
PRIMAVERA	FbTrLc	3,15	10	0,89	A
PRIMAVERA	FtyTrLc	3,14	10	0,89	A
INVIERNO	FtyTrLc	3,10	8	1,00	A
INVIERNO	FtTrLc	2,08	8	1,00	A
PRIMAVERA	FtTrLc	1,95	10	0,89	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Folículo

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
FOLÍOLO	72	0,76	0,43	98,34

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	91,45	41	2,23	2,32	0,0092
BLOQUE	2,93	2	1,47	1,53	0,2339
ESTACIÓN	11,21	1	11,21	11,66	0,0019
FECHA	18,29	8	2,29	2,38	0,0409
MEZCLA	19,20	3	6,40	6,66	0,0014
ESTACIÓN*MEZCLA	14,55	3	4,85	5,04	0,0060
FECHA*MEZCLA	25,26	24	1,05	1,09	0,4032
Error	28,85	30	0,96		
Total	120,30	71			

Test: Tukey alfa= 0,10 DMS= 0,62866

Error: 0,9617 gl: 30

BLOQUE	Medias	n	E.E.
3,00	1,21	32	0,19 A
1,00	0,92	16	0,26 A
2,00	0,76	24	0,22 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey alfa= 0,10 DMS= 0,39477

Error: 0,9617 gl: 30

ESTACIÓN	Medias	n	E.E.
INVIERNO	1,43	32	0,19 A
PRIMAVERA	0,65	40	1,17 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey alfa= 0,10 DMS= 1,66384

Error: 0,9617 gl: 30

FECHA	Medias	n	E.E.		
22/09/2016	2,77	4	0,53	A	
15/09/2016	1,88	8	0,37	A	B
08/09/2016	1,52	4	0,53	A	B
17/08/2016	1,10	8	0,37		B
28/10/2016	1,00	8	0,37		B
16/11/2016	0,82	8	0,37		B
18/11/2016	0,67	8	0,37		B
26/08/2016	0,60	8	0,37		B
25/11/2016	0,41	8	0,37		B
06/11/2016	0,36	8	0,37		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey alfa= 0,10 DMS= 0,78258

Error: 0,9617 gl: 30

MEZCLA	Medias	N	E.E.		
FtTrLc	1,57	18	0,25	A	
FtyTrLc	1,25	18	0,25	A	
FbTrLc	1,00	18	0,25	A	
DM	0,17	18	0,25		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey alfa= 0,10 DMS= 1,36686

Error: 0,9617 gl: 30

ESTACIÓN	MEZCLA	Medias	n	E.E.		
INVIERNO	FtTrLc	2,73	8	0,37	A	
INVIERNO	FtyTrLc	1,82	8	0,37	A	B
PRIMAVERA	FbTrLc	1,15	10	0,33	B	C
INVIERNO	FbTrLc	0,82	8	0,37	B	C
PRIMAVERA	FtyTrLc	0,79	10	0,33	B	C
PRIMAVERA	FtTrLc	0,63	10	0,33	B	C
INVIERNO	DM	0,34	8	0,37		C
PRIMAVERA	DM	0,04	10	0,33		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Pecíolo

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PECÍOLO	72	0,67	0,21	109,34

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	42,17	41	1,03	1,47	0,1381
BLOQUE	0,11	2	0,05	0,08	0,9259
ESTACIÓN	3,84	1	3,84	5,48	0,0261
FECHA	8,73	8	1,09	1,56	0,1797
MEZCLA	10,13	3	3,38	4,82	0,0074
ESTACIÓN*MEZCLA	6,29	3	2,10	2,99	0,0465
FECHA*MEZCLA	13,06	24	0,54	0,78	0,7353
Error	21,03	30	0,70		
Total	63,19	71			

Test: Tukey alfa= 0,10 DMS= 0,53667

Error: 0,7009 gl: 30

BLOQUE	Medias	n	E.E.
1,00	0,80	16	0,22 A
3,00	0,79	32	0,16 A
2,00	0,71	24	0,18 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey alfa= 0, 10 DMS= 0,33700

Error: 0, 7009 gl: 30

ESTACIÓN	Medias	n	E.E.
INVIERNO	0,99	32	0,16 A
PRIMAVERA	0,59	40	0,14 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey alfa= 0, 10 DMS= 1,42038
 Error: 0,7009 gl: 30

FECHA	Medias	n	E.E.		
22/09/2016	1,85	4	0,45	A	
15/09/2016	1,30	8	0,32	A	B
08/09/2016	1,11	4	0,45	A	B
18/11/2016	0,78	8	0,32	A	B
28/10/2016	0,76	8	0,32	A	B
16/11/2016	0,61	8	0,32	A	B
17/08/2016	0,59	8	0,32	A	B
26/08/2016	0,57	8	0,32	A	B
25/11/2016	0,44	8	0,32	A	B
06/11/2016	0,35	8	0,32		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey alfa= 0, 10 DMS= 0,66807
 Error: 0, 7009 gl: 30

MEZCLA	Medias	N	E.E.		
FtTrLc	1,16	18	0,21	A	
FtyTrLc	1,00	18	0,21	A	
FbTrLc	0,73	18	0,21	A	B
DM	0,18	18	0,21		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey alfa= 0, 10 DMS= 1, 16686
 Error: 0, 7009 gl: 30

ESTACIÓN	MEZCLA	Medias	n	E.E.		
INVIERNO	FtTrLc	1,86	8	0,32	A	
INVIERNO	FtyTrLc	1,34	8	0,32	A	B
PRIMAVERA	FbTrLc	0,85	10	0,28	A	B
PRIMAVERA	FtyTrLc	0,73	10	0,28	A	B
PRIMAVERA	FtTrLc	0,60	10	0,28		B
INVIERNO	FbTrLc	0,57	8	0,32		B
INVIERNO	DM	0,18	8	0,32		B
PRIMAVERA	DM	0,17	10	0,28		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Restos secos

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RESTOS SECOS	72	0,52	0,00	124,27

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	496,98	41	12,12	0,83	0,7137
BLOQUE	12,64	2	6,32	0,43	0,6527
ESTACIÓN	22,25	1	22,25	1,52	0,2267
FECHA	142,93	8	17,87	1,22	0,3195
MEZCLA	106,51	3	35,50	2,43	0,0845
ESTACIÓN*MEZCLA	10,22	3	3,41	0,23	0,8724
FECHA*MEZCLA	202,42	24	8,43	0,58	0,9143
Error	438,11	30	14,60		
Total	935,09	71			

Test: Tukey alfa= 0,10 DMS= 2,44972

Error: 14,6037 gl: 30

BLOQUE	Medias	n	E.E.
1,00	3,85	16	1,03 A
3,00	2,93	32	0,73 A
2,00	2,76	24	0,84 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey alfa= 0, 10 DMS= 1, 53830

Error: 14, 6037 gl: 30

ESTACIÓN	Medias	n	E.E.
INVIERNO	3,68	40	0,65 A
PRIMAVERA	2,32	32	0,73 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey alfa= 0, 10 DMS= 6, 48353

Error: 14, 6037 gl: 30

FECHA	Medias	n	E.E.
18/11/2016	6,08	8	1,45 A
17/08/2016	3,83	8	1,45 A
25/11/2016	3,52	8	1,45 A
06/11/2016	3,50	8	1,45 A
22/09/2016	3,23	4	2,05 A
15/09/2016	3,04	8	1,45 A
28/10/2016	2,65	8	1,45 A
16/11/2016	2,64	8	1,45 A
26/08/2016	0,58	8	1,45 A
08/09/2016	0,46	4	2,05 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey alfa= 0, 10 DMS= 3, 04950

Error: 14, 6037 gl: 30

MEZCLA	Medias	N	E.E.
FbTrLc	4,71	18	0,97 A
FtyTrLc	3,64	18	0,97 A B
FbTrLc	2,47	18	0,97 A B
DM	1,48	18	0,97 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: tukey alfa= 0, 10 DMS= 5, 32629

Error: 14, 6037 gl: 30

ESTACIÓN	MEZCLA	Medias	n	E.E.
PRIMAVERA	FbTrLc	5,11	10	1,30 A
PRIMAVERA	FtyTrLc	4,50	10	1,30 A
INVIERNO	FbTrLc	4,21	8	1,45 A
PRIMAVERA	FtTrLc	3,45	10	1,30 A
INVIERNO	FtyTrLc	2,56	8	1,45 A
PRIMAVERA	DM	1,64	10	1,30 A
INVIERNO	DM	1,28	8	1,45 A
PRIMAVERA	FtTrLc	1,24	8	1,45 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Malezas

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MALEZAS	72	0,62	0,09	113,06

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	105,20	41	2,57	1,18	0,3219
BLOQUE	20,99	2	10,50	4,83	0,0152
ESTACIÓN	2,50	1	2,50	1,15	0,2924
FECHA	29,68	8	3,71	1,71	0,1381
MEZCLA	17,57	3	5,86	2,69	0,0638
ESTACIÓN*MEZCLA	5,32	3	1,77	0,82	0,4953
FECHA*MEZCLA	29,13	24	1,21	0,56	0,9268
Error	65,26	30	2,18		
Total	170,46	71			

Test: Tukey alfa=0,10 DMS=0,94549

Error: 2,1755 gl: 30

BLOQUE	Medias	n	E.E.	
2,00	1,82	24	0,32	A
3,00	1,39	32	0,28	A
1,00	0,36	16	0,40	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey alfa= 0, 10 DMS= 0, 59372

Error: 2, 1755 gl: 30

ESTACIÓN	Medias	n	E.E.	
INVIERNO	1,73	32	0,28	A
PRIMAVERA	0,96	40	0,25	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey alfa= 0, 10 DMS= 2,50239

Error: 2, 1755 gl: 30

FECHA	Medias	n	E.E.		
22/09/2016	2,77	4	0,79	A	
18/11/2016	2,11	8	0,56	A	B
08/09/2016	1,84	4	0,79	A	B
17/08/2016	1,65	8	0,56	A	B
26/08/2016	1,54	8	0,56	A	B
15/09/2016	1,43	8	0,56	A	B
25/11/2016	1,07	8	0,56	A	B
16/11/2016	0,97	8	0,56	A	B
28/10/2016	0,41	8	0,56	A	B
06/11/2016	0,25	8	0,56		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey alfa= 0, 10 DMS= 1, 17699

Error: 2, 1755 gl: 30

MEZCLA	Medias	N	E.E.		
DM	2,03	18	0,37	A	
FtTrLc	1,46	18	0,37	A	B
FtyTrLc	1,02	18	0,37	A	B
FbTrLc	0,71	18	0,37		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey alfa=0, 10 DMS=2, 05574

Error: 2, 1755 gl: 30

ESTACIÓN	MEZCLA	Medias	n	E.E.	
INVIERNO	FtTrLc	2,29	8	0,56	A
PRIMAVERA	DM	2,04	10	0,50	A
INVIERNO	DM	2,01	8	0,56	A
INVIERNO	FtyTrLc	1,42	8	0,56	A
INVIERNO	FbTrLc	1,21	8	0,56	A
PRIMAVERA	FtTrLc	0,79	10	0,50	A
PRIMAVERA	FtyTrLc	0,70	10	0,50	A
PRIMAVERA	FbTrLc	0,32	10	0,50	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Altura (cm)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ALTURA (cm)	72	0,66	0,18	36,16

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1494,21	41	36,44	1,39	0,1745
BLOQUE	179,92	2	89,96	3,43	0,0454
ESTACIÓN	258,84	1	258,84	9,88	0,0037
FECHA	491,56	8	61,45	2,35	0,0433
MEZCLA	19,37	3	6,46	0,25	0,8632
ESTACIÓN*MEZCLA	232,47	3	77,49	2,96	0,0482
FECHA*MEZCLA	312,04	24	13,00	0,50	0,9589
Error	786,04	30	26,20		
Total	2280,25	71			

Test: Tukey alfa= 0,10 DMS= 3,28130

Error: 26,2014 gl: 30

BLOQUE	Medias	n	E.E.		
3,00	15,92	32	0,97	A	
2,00	12,82	24	1,12	A	B
1,00	12,64	16	1,37		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey alfa= 0,10 DMS= 2,06050

Error: 26,2014 gl: 30

ESTACIÓN	Medias	n	E.E.		
INVIERNO	16,60	32	0,97	A	
PRIMAVERA	12,20	40	0,87		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey alfa= 0, 10 DMS= 8, 68444

Error: 26, 2014 gl: 30

FECHA	Medias	n	E.E.			
22/09/2016	21,17	4	2,75	A		
15/09/2016	20,13	8	1,94	A	B	
26/08/2016	16,40	8	1,94	A	B	C
08/09/2016	16,17	4	2,75	A	B	C
16/11/2016	15,50	8	1,94	A	B	C
25/11/2016	12,56	8	1,94	A	B	C
28/10/2016	11,49	8	1,94		B	C
17/08/2016	11,23	8	1,94			C
06/11/2016	10,77	8	1,94			C
18/11/2016	10,67	8	1,94			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey alfa= 0, 10 DMS= 4, 08468

Error: 26, 2014 gl: 30

MEZCLA	Medias	N	E.E.		
FtTrLc	14,90	18	1,30	A	
FtyTrLc	14,15	18	1,30	A	
FbTrLc	14,14	18	1,30	A	
DM	13,44	18	1,30		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey alfa= 0, 10 DMS= 7, 13436

Error: 26, 2014 gl: 30

ESTACIÓN	MEZCLA	Medias	n	E.E.		
INVIERNO	FtTrLc	19,94	8	1,94	A	
INVIERNO	FbTrLc	16,96	8	1,94	A	B
INVIERNO	FtyTrLc	16,69	8	1,94	A	B
PRIMAVERA	DM	13,92	10	1,74	A	B
INVIERNO	DM	12,83	8	1,94	A	B
PRIMAVERA	FtyTrLc	12,12	10	1,74		B
PRIMAVERA	FbTrLc	11,88	10	1,74		B
PRIMAVERA	FtTrLc	10,87	10	1,74		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Forraje disponible total (kg/ha)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
TOTAL (kg/ha)	72	0,76	0,43	33,81

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	24563174,26	41	599101,81	2,33	0,0089
BLOQUE	3128295,76	2	1564147,88	6,08	0,0061
ESTACIÓN	7409382,85	1	7409382,85	28,81	<0,0001
FECHA	6487697,12	8	810962,14	3,15	0,0103
MEZCLA	1389380,94	3	463126,98	1,80	0,1683
ESTACIÓN*MEZCLA	170162,20	3	56720,73	0,22	0,8814
FECHA*MEZCLA	5978255,38	24	249093,97	0,97	0,5269
Error	7716052,55	30	257201,75		
Total	32279226,81	71			

Test: Tukey alfa= 0,10 DMS= 325,10328

Error: 257201,7515 gl: 30

BLOQUE	Medias	n	E.E.		
3,00	1696,63	32	96,30	A	
2,00	1465,49	24	111,20	A	B
1,00	1158,81	16	136,19		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey alfa= 0,10 DMS= 204,14880

Error: 257201,7515 gl: 30

ESTACIÓN	Medias	n	E.E.		
INVIERNO	1922,49	32	96,30	A	
PRIMAVERA	1162,13	40	86,14		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey alfa= 0,10 DMS= 860,43256

Error: 257201,7515 gl: 30

FECHA	Medias	n	E.E.				
22/09/2016	2566,75	4	272,38	A			
15/09/2016	2296,67	8	192,60	A	B		
17/08/2016	1747,25	8	192,60	A	B	C	
26/08/2016	1617,46	8	192,60		B	C	D
08/09/2016	1490,42	4	272,38		B	C	D
18/11/2016	1472,33	8	192,60		B	C	D
16/11/2016	1365,42	8	192,60			C	D
06/11/2016	1108,92	8	192,60			C	D
28/10/2016	979,17	8	192,60			C	D
25/11/2016	884,79	8	192,60				D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey alfa= 0,10 DMS= 404,70006

Error: 257201,7515 gl: 30

MEZCLA	Medias	N	E.E.	
FbTrLc	1704,85	18	128,40	A
FtyTrLc	1548,41	18	128,40	A
DM	1394,43	18	128,40	A
FtTrLc	1352,57	18	128,40	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey alfa= 0,10 DMS= 706,85484

Error: 257201,7515 gl: 30

ESTACIÓN	MEZCLA	Medias	n	E.E.					
INVIERNO	FbTrLc	2142,96	8	192,60	A				
INVIERNO	FtyTrLc	1946,63	8	192,60	A	B			
INVIERNO	FtTrLc	1853,25	8	192,60	A	B	C		
INVIERNO	DM	1747,13	8	192,60	A	B	C	D	
PRIMAVERA	FbTrLc	1354,37	10	172,27		B	C	D	E
PRIMAVERA	FtyTrLc	1229,83	10	172,27			C	D	E
PRIMAVERA	DM	1112,27	10	172,27					E
PRIMAVERA	FtTrLc	952,03	10	172,27					E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Gramínea (g)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
GRAMÍNEA (g)	72	0,66	0,19	57,77

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1498,46	41	36,55	1,40	0,1719
BLOQUE	266,67	2	133,34	5,09	0,0125
ESTACIÓN	627,41	1	627,41	23,96	<0,0001
FECHA	260,56	8	32,57	1,24	0,3088
MEZCLA	118,88	3	39,63	1,51	0,2312
ESTACIÓN*MEZCLA	13,64	3	4,55	0,17	0,9134
FECHA*MEZCLA	211,30	24	8,80	0,34	0,9961
Error	785,50	30	26,18		
Total	2283,97	71			

Test: Tukey alfa= 0,10 DMS= 3,28018

Error: 26,1835 gl: 30

BLOQUE	Medias	n	E.E.	
3,00	10,65	32	0,97	A
2,00	8,60	24	1,12	AB
1,00	5,67	16	1,37	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey alfa= 0,10 DMS= 2,05979

Error: 26,1835 gl: 30

ESTACIÓN	Medias	n	E.E.	
INVIERNO	12,76	32	0,97	A
PRIMAVERA	5,74	40	0,87	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey alfa= 0,10 DMS= 8,68147

Error: 26,1835 gl: 30

FECHA	Medias	n	E.E.				
15/09/2016	15,32	8	1,94	A			
22/09/2016	15,05	4	2,75	A	B		
26/08/2016	12,88	8	1,94	A	B	C	
17/08/2016	10,30	8	1,94	A	B	C	D
08/09/2016	9,98	4	2,75	A	B	C	D
16/11/2016	8,61	8	1,94	A	B	C	D
06/11/2016	6,62	8	1,94		B	C	D
18/11/2016	5,09	8	1,94			C	D
28/10/2016	4,97	8	1,94			C	D
25/11/2016	3,42	8	1,94				D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey alfa= 0,10 DMS= 4,08329

Error: 26,1835 gl: 30

MEZCLA	Medias	N	E.E.		
DM	10,09	18	1,30	A	
FbTrLc	9,89	18	1,30	A	
FtyTrLc	8,58	18	1,30	A	
FtTrLc	6,87	18	1,30	A	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey alfa= 0,10 DMS= 7,13193

Error: 26,1835 gl: 30

ESTACIÓN	MEZCLA	Medias	n	E.E.				
INVIERNO	FbTrLc	14,62	8	1,94	A			
INVIERNO	DM	13,66	8	1,94	A	B		
INVIERNO	FtyTrLc	12,33	8	1,94	A	B	C	
INVIERNO	FtTrLc	10,41	8	1,94	A	B	C	D
PRIMAVERA	DM	7,23	10	1,74		B	C	D
PRIMAVERA	FbTrLc	6,11	10	1,74			C	D
PRIMAVERA	FtyTrLc	5,58	10	1,74			C	D
PRIMAVERA	FtTrLc	4,04	10	1,74				D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Leguminosa (g)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
LEGUMINOSA(g)	72	0,74	0,39	96,13

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	247,47	41	6,04	2,10	0,0183
BLOQUE	3,92	2	1,96	0,68	0,5130
ESTACIÓN	28,18	1	28,18	9,81	0,0039
FECHA	51,26	8	6,41	2,23	0,0533
MEZCLA	57,12	3	19,04	6,63	0,0014
ESTACIÓN*MEZCLA	39,90	3	13,30	4,63	0,0089
FECHA*MEZCLA	67,10	24	2,80	0,97	0,5217
Error	86,16	30	2,87		
Total	333,63	71			

Test: Tukey alfa= 0,10 DMS=1,08638

Error: 2,8721 gl: 30

BLOQUE	Medias	n	E.E.
	3,00	2,00	32 0,32 A
	2,00	1,71	16 0,46 A
	1,00	1,47	24 0,37 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey alfa= 0,10 DMS= 0,68219

Error: 2,8721 gl: 30

ESTACIÓN	Medias	n	E.E.
INVIERNO	2,41	32	0,32 A
PRIMAVERA	1,24	40	0,29 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey alfa= 0,10 DMS= 2,87525

Error: 2,8721 gl: 30

FECHA	Medias	n	E.E.		
22/09/2016	4,62	4	0,91	A	
15/09/2016	3,18	8	0,64	A	B
08/09/2016	2,63	4	0,91	A	B
28/10/2016	1,76	8	0,64	A	B
17/08/2016	1,69	8	0,64	A	B
18/11/2016	1,45	8	0,64	A	B
16/11/2016	1,43	8	0,64		B
26/08/2016	1,17	8	0,64		B
25/11/2016	0,85	8	0,64		B
06/11/2016	0,72	8	0,64		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey alfa= 0,10 DMS= 1,35236

Error: 2,8721 gl: 30

MEZCLA	Medias	N	E.E.		
FtTrLc	2,73	18	0,43	A	
FtyTrLc	2,25	18	0,43	A	
FbTrLc	1,73	18	0,43	A	
DM	0,35	18	0,43		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey alfa= 0,10 DMS= 2,36205

Error: 2,8721 gl: 30

ESTACIÓN	MEZCLA	Medias	n	E.E.		
INVIERNO	FtTrLc	4,60	8	0,64	A	
INVIERNO	FtyTrLc	3,16	8	0,64	A	B
PRIMAVERA	FbTrLc	2,00	10	0,58		B C
PRIMAVERA	FtyTrLc	1,52	10	0,58		B C
INVIERNO	FbTrLc	1,38	8	0,64		B C
PRIMAVERA	FtTrLc	1,23	10	0,58		B C
INVIERNO	DM	0,52	8	0,64		C
PRIMAVERA	DM	0,21	10	0,58		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Lámina

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
LÁMINA	72	0,82	0,57	50,31

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1160,54	41	28,31	3,29	0,0005
BLOQUE	304,12	2	152,06	17,67	<0,0001
ESTACIÓN	578,87	1	578,87	67,28	<0,0001
FECHA	138,90	8	17,36	2,02	0,0785
MEZCLA	35,36	3	11,79	1,37	0,2709
ESTACIÓN*MEZCLA	8,22	3	2,74	0,32	0,8119
FECHA*MEZCLA	95,07	24	3,96	0,46	0,9725
Error	258,13	30	8,60		
Total	1418,68	71			

Test: Tukey alfa= 0,10 DMS= 1,88038

Error: 8,6044 gl: 30

BLOQUE	Medias	n	E.E.	
3,00	7,61	32	0,56	A
2,00	5,84	24	0,64	A
1,00	2,27	16	0,79	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey alfa= 0,10 DMS= 1,18078

Error: 8,6044 gl: 30

ESTACIÓN	Medias	n	E.E.	
INVIERNO	9,71	32	0,56	A
PRIMAVERA	2,73	40	0,50	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey alfa= 0,10 DMS= 4,97669

Error: 8,6044 gl: 30

FECHA	Medias	n	E.E.			
22/09/2016	12,04	4	1,58	A		
15/09/2016	10,68	8	1,11	A	B	
26/08/2016	10,17	4	1,11	A	B	
08/09/2016	8,14	8	1,58	A	B	C
17/08/2016	7,88	8	1,11	A	B	C
16/11/2016	5,12	8	1,11		B	C
28/10/2016	2,85	8	1,11			C
18/11/2016	2,70	8	1,11			C
06/11/2016	2,36	8	1,11			C
25/11/2016	0,63	8	1,11			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey alfa= 0,10 DMS= 2,34076

Error: 8,6044 gl: 30

MEZCLA	Medias	N	E.E.		
FbTrLc	6,55	18	0,74	A	
DM	6,45	18	0,74	A	
FtyTrLc	5,46	18	0,74	A	
FtTrLc	4,87	18	0,74	A	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey alfa= 0,10 DMS= 4,08841

Error: 8,6044 gl: 30

ESTACIÓN	MEZCLA	Medias	n	E.E.		
INVIERNO	FbTrLc	11,04	8	1,11	A	
INVIERNO	DM	10,22	8	1,11	A	
INVIERNO	FtyTrLc	9,23	8	1,11	A	
INVIERNO	FtTrLc	8,33	8	1,11	A	
PRIMAVERA	DM	3,43	10	1,00		B
PRIMAVERA	FbTrLc	2,96	10	1,00		B
PRIMAVERA	FtyTrLc	2,96	10	1,00		B
PRIMAVERA	FtTrLc	2,10	10	1,00		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Anexo No. 2. Tasa de crecimiento diaria y promedio por estación según mezcla

Análisis de la varianza

Tasa de crecimiento diaria disponible (kg/día)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
T.C.DIARIA DISPONIBLE (kg/día)	71	0,98	0,96	27,22

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	93352,87	41	2276,90	44,76	<0,0001
BLOQUE	0,83	2	0,41	0,01	0,9919
ESTACIÓN	353,13	1	0,41	6,94	0,0134
FECHA	28479,58	8	3559,95	69,97	<0,0001
MEZCLA	3145,00	3	1048,33	20,61	<0,0001
SEMANA	0,00	0	0,00	sd	sd
ESTACIÓN*MEZCLA	11113,46	3	3704,49	72,82	<0,0001
FECHA*MEZCLA	50260,87	24	2094,20	41,16	<0,0001
Error	1475,37	30	50,87		
Total	94828,23	71			

Test: Tukey alfa= 0,10 DMS= 4,59552

Error: 50,8747 gl: 29

BLOQUE	Medias	n	E.E.
2,00	26,34	24	1,96 A
3,00	26,17	31	1,72 A
1,00	26,06	16	2,40 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey alfa= 0,10 DMS= 2,89998

Error: 50,8747 gl: 29

ESTACIÓN	Medias	n	E.E.
INVIERNO	28,45	31	1,72 A
PRIMAVERA	24,46	40	1,52 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey alfa= 0,10 DMS= 12,19759
 Error: 50,8747 gl: 29

FECHA	Medias	n	E.E.		
18/11/2016	59,87	8	3,40	A	
22/09/2016	59,01	4	4,80	A	
15/09/2016	43,44	7	3,63		B
16/11/2016	40,41	8	3,40		B
26/08/2016	20,28	8	3,40		C
17/08/2016	20,28	8	3,40		C
06/11/2016	11,00	8	3,40	C	D
28/10/2016	11,00	8	3,40	C	D
08/09/2016	4,35	4	4,80		D
25/11/2016	0,00	8	3,40		D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey alfa= 0,10 DMS= 5,74221
 Error: 50,8747 gl: 29

MEZCLA	Medias	N	E.E.		
DM	35,64	18	2,26	A	
FtyTrLc	26,44	18	2,26		B
FbTrLc	25,75	18	2,33		B
FtTrLc	16,95	18	2,26		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey alfa= 0,10 DMS= 12,19759
 Error: 50,8747 gl: 29

SEMANA	Medias	n	E.E.		
9,00	59,87	8	3,40	A	
5,00	59,01	4	4,80	A	
4,00	43,44	7	3,63		B
8,00	40,41	8	3,40		B
2,00	20,28	8	3,40		C
1,00	20,28	8	3,40		C
7,00	11,00	8	3,40	C	D
6,00	11,00	8	3,40	C	D
3,00	4,35	4	4,80		D
10,00	0,00	8	3,40		D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Test: Tukey alfa= 0,10 DMS= 10,05855
 Error: 50,8747 gl: 29

ESTACIÓN	MEZCLA	Medias	n	E.E.		
INVIERNO	DM	52,13	8	3,40	A	
PRIMAVERA	FtyTrLc	40,60	10	3,04		B
INVIERNO	FtTrLc	31,08	8	3,40	B	C
PRIMAVERA	FbTrLc	29,14	10	3,04		C D
PRIMAVERA	DM	22,44	10	3,04		C D
INVIERNO	FbTrLc	20,91	7	3,63		D
INVIERNO	FtyTrLc	8,74	8	3,40		E
PRIMAVERA	FtTrLc	5,65	10	3,04		E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Tasa de crecimiento diaria remanente (kg/día)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
T.C.DIARIA REMANENTE (kg/día)	72	0,53	0,00	893,98

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	608,27	41	14,84	0,83	0,7157
BLOQUE	56,47	2	28,24	1,58	0,2233
ESTACIÓN	0,00	1	0,00	0,00	>0,9999
FECHA	116,17	8	14,52	0,81	0,5986
MEZCLA	48,40	3	16,13	0,90	0,4522
SEMANA	0,00	0	0,00	sd	sd
ESTACIÓN*MEZCLA	38,72	3	12,91	0,72	0,5475
FECHA*MEZCLA	348,50	24	14,52	0,81	0,6983
Error	537,27	30	17,91		
Total	1145,54	71			

Anexo No. 3. Precipitación, temperatura y evapotranspiración del año en estudio

MES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Temperatura	26	25	21	18	12	10	11	14	14	18	20	24
Precipitación (PP)	31	323	107	700	25	66	163	24	63	85	112	122
ETP	130	114	103	88	61	47	55	68	65	88	99	121
Días del mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
PP-ETP	-99	209	4	612	-35	19	108	-44	-3	-3	13	1

Referencias: ETP: evapotranspiración