

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DE CUATRO MEZCLAS FORRAJERAS  
EN EL PERÍODO PRIMAVERAL**

**por**

**Federico FOSSATI GENOVA  
Federico VILLAAMIL GELSI**

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

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2017**

Tesis aprobada por:

Director:

\_\_\_\_\_  
Ing. Agr. MSc. Ramiro Zanoniani

\_\_\_\_\_  
Ing. Agr. PhD. Pablo Boggiano

\_\_\_\_\_  
Ing. Agr. MSc. David Silveira

Fecha: 1°. de junio de 2017

Autores:

\_\_\_\_\_  
Federico Fossati Genova

\_\_\_\_\_  
Federico Villaamil Gelsi

## AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias, por el apoyo incondicional durante toda la carrera

A nuestros tutores Ing. Agr. MSc. Ramiro Zanoniani e Ing. Agr. PhD. Pablo Boggiano por habernos guiado durante la realización de este trabajo.

A los amigos que nos han acompañado durante toda la carrera.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
1.1 <u>OBJETIVOS</u> .....	2
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> .....	3
2.1 <u>ESPECIES QUE COMPONEN LA MEZCLA</u> .....	3
2.1.1 <u>Festuca arundinacea</u> .....	3
2.1.2 <u>Trifolium repens</u> .....	5
2.1.3 <u>Lotus corniculatus</u> .....	7
2.1.4 <u>Dactylis glomerata</u> .....	9
2.1.5 <u>Medicago sativa</u> .....	10
2.2 <u>CULTIVARES</u> .....	12
2.2.1 <u>Festuca arundinacea cv. Tacuabé</u> .....	12
2.2.2 <u>Festuca arundinacea cv. INTA Brava</u> .....	12
2.2.3 <u>Festuca arundinacea cv. Tuscany II</u> .....	13
2.2.4 <u>Medicago sativa cv. Estanzuela Chaná</u> .....	13
2.2.5 <u>Trifolium repens cv. Estanzuela Zapicán</u> .....	14
2.2.6 <u>Lotus corniculatus cv. San Gabriel</u> .....	14
2.2.7 <u>Dactylis glomerata cv. Perseo</u> .....	15
2.3 <u>MEZCLAS FORRAJERAS</u> .....	16
2.3.1 <u>Tipos de mezcla</u> .....	17
2.3.2 <u>Enmalezamiento</u> .....	18
2.3.3 <u>Componentes de la mezcla</u> .....	18
2.3.3.1 <u>Gramíneas perennes estivales</u> .....	19
2.3.3.2 <u>Gramíneas perennes invernales</u> .....	19
2.3.3.3 <u>Leguminosas</u> .....	20
2.4 <u>EFFECTOS DEL CORTE O PASTOREO</u> .....	21
2.4.1 <u>Efecto de la defoliación sobre el balance de especies</u> .....	22
2.4.2 <u>Efecto de la defoliación sobre el rebrote</u> .....	22
2.4.3 <u>Efecto de la defoliación sobre la persistencia</u> .....	23
2.4.4 <u>Efecto de la defoliación sobre la calidad</u> .....	23
2.4.5 <u>Manejo estacional de la pastura (primaveral)</u> .....	24
2.4.6 <u>Defoliación y rebrote</u> .....	24
2.4.6.1 <u>Índice de Área Foliar (IAF)</u> .....	26
2.4.7 <u>Parámetros que definen el pastoreo</u> .....	27

2.4.7.1. <u>Frecuencia</u> .....	27
2.4.7.2. <u>Intensidad</u> .....	28
2.4.7.3. <u>Momento</u> .....	28
2.5. <u>MORFOLOGÍA DE FORRAJERAS</u> .....	29
2.5.1 <u>Morfogénesis de gramíneas</u> .....	30
2.5.2 <u>Adaptación al pastoreo</u> .....	31
2.5.3 <u>Morfogénesis de Leguminosas</u> .....	31
2.5.4 <u>Adaptación al pastoreo</u> .....	32
2.5.5 <u>Factores que afectan el desarrollo de forrajeras</u> .....	32
2.5.5.1. <u>Temperatura</u> .....	32
2.5.5.2. <u>Agua</u> .....	33
2.5.5.3. <u>Nutrición mineral</u> .....	36
2.5.5.4. <u>Intensidad de luz</u> .....	36
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	38
3.1 <u>CONDICIONES EXPERIMENTALES</u> .....	38
3.1.1 <u>Lugar y período experimental</u> .....	38
3.1.2 <u>Descripción del sitio experimental</u> .....	38
3.1.3 <u>Características agroclimáticas</u> .....	38
3.1.4 <u>Antecedentes del sitio experimental</u> .....	38
3.1.5 <u>Diseño experimental</u> .....	39
3.2 <u>DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES</u> .....	41
3.2.1 <u>Forraje disponible (kg/ha)</u> .....	41
3.2.2 <u>Producción de MS/ha acumulada total</u> .....	41
3.2.3 <u>Tasa de crecimiento promedio</u> .....	42
3.2.4 <u>Tasa de crecimiento instantáneo</u> .....	42
3.2.5 <u>Composición botánica</u> .....	42
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> .....	43
4.1 <u>CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA</u> .....	43
4.2 <u>PRODUCCIÓN DE FORRAJE SEGÚN TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN</u> .....	44
4.3 <u>PRODUCCIÓN DE FORRAJE Y TASA DE CRECIMIENTO</u> .....	48
4.4 <u>PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA RESPECTO A ACUMULACIÓN TÉRMICA</u> .....	52
4.5 <u>PRODUCCIÓN ACUMULADA DE MS</u> .....	55
4.6 <u>COMPOSICIÓN GRAVIMÉTRICA</u> .....	58
5. <u>CONCLUSIONES</u> .....	61
6. <u>RESUMEN</u> .....	63
7. <u>SUMMARY</u> .....	64
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	65

9. ANEXOS..... 72

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Profundidad de exploración radicular de distintas especies.....	36
Figura No.	
1. Distribución de los bloques y repeticiones del experimento.....	41
2. Distribución de las subparcelas de corte.....	41
3. Distribución de las precipitaciones (mm) durante el año 2015 y media histórica 1961-1990.....	44
4. Temperaturas (°C) máxima, mínima, media 2015 y media histórica 1961-1990.....	45
5. Distribución de las precipitaciones (mm) y acumulación de MS (Kg/ha) durante el período de estudio para las distintas mezclas.....	47
6. Temperatura media (°C) para el período de estudio, y acumulación de MS (kg/ha).....	48
7. Acumulación de MS (kg/ha) según días al corte, tasa de crecimiento promedio y tasa de crecimiento instantánea, para mezcla de <i>Festuca arundinacea</i> cv. Tuscany II, <i>Trifolium repens</i> y <i>Lotus corniculatus</i> .....	49
8. Acumulación de MS (kg/ha) según días al corte, tasa de crecimiento promedio y tasa de crecimiento instantánea, para mezcla de <i>Festuca arundinacea</i> cv. Brava, <i>Trifolium repens</i> y <i>Lotus corniculatus</i> .....	50
9. Acumulación de MS (kg/ha) según días al corte, tasa de crecimiento promedio y tasa de crecimiento instantánea, para mezcla de <i>Festuca arundinacea</i> cv. Tacuabé, <i>Trifolium repens</i> y <i>Lotus corniculatus</i> .....	50
10. Acumulación de MS (kg/ha) según días al corte, tasa de crecimiento promedio y tasa de crecimiento instantánea, para mezcla de <i>Dactylis glomerata</i> y <i>Medicago sativa</i> .....	51
11. Producción de MS de festuca Tacuabé en función de la temperatura acumulada.....	54
12. Producción de MS de festuca Brava en función de la temperatura acumulada.....	54

13. Producción de MS de festuca Tuscany II en función de la temperatura acumulada.....	55
14. Producción de MS de <i>Dactylis glomerata</i> en función de la temperatura acumulada.....	56
15. Producción acumulada de MS (kg/ha).....	57
16. Composición gravimétrica (kg/ha) de las mezclas de FBL para 7, 23 y 51 días de acumulación.....	59
17. Composición gravimétrica (kg/ha) de las mezclas de dactylis y alfalfa, para 7, 23 y 51 días de acumulación.....	60

## 1. INTRODUCCIÓN

Los rumiantes tienen la capacidad de transformar alimentos de baja calidad en proteína de alta degradabilidad, siendo el forraje la fuente de alimento más económica para estos. Para maximizar la producción animal se debe previamente incrementar la eficiencia de producción de forraje.

Históricamente la producción pecuaria en el Uruguay tuvo como base forrajera el campo natural. Aún hoy esta sigue siendo la alternativa forrajera más usada, sin embargo la alta demanda de productos de origen agropecuario ha llevado un uso más intensivo de los recursos.

En este contexto aparecen alternativas forrajeras que permiten incrementar la producción por superficie. Según Carámbula (2007) estas alternativas de producción se basan en:

1. Un manejo ajustado y adecuado del campo natural
2. Fertilización e interseembra de especies
3. Reemplazo total de la vegetación hacia pasturas sembradas

Existen de este último punto, motivo de estudio del presente trabajo, distintas variantes de las cuales se destacan:

- Pasturas mixtas de gramíneas y leguminosas (praderas convencionales, permanentes, plurianuales o de vida larga),
- Leguminosas puras,
- Gramíneas puras con nitrógeno (verdeos de invierno y verano o pasturas temporarias o de vida corta)

El Uruguay cuenta con 16.420.000 hectáreas de las cuales en el año agrícola 2014/2015, 2,3 millones corresponden a la superficie total mejorada. De esta superficie corresponde un 7,2% a praderas artificiales y el restante a cultivos forrajeros anuales y campos mejorados y fertilizados (MGAP. DIEA, 2016). El campo natural es el componente prioritario de la base forrajera de rodeos y majadas en los sistemas ganaderos predominantes del país ocupando cerca de un 90 % de la superficie total. A pesar de las grandes características que presenta este tapiz, existen ciertas limitantes como son la marcada estacionalidad, baja calidad y volumen de forraje (para propiciar una intensificación productiva y mejora en la calidad del producto), lo cual genera la necesidad de buscar alternativas forrajeras para aumentar cantidad y calidad del forraje.

Las mezclas forrajeras están integradas por especies gramíneas y leguminosas por lo general perennes, y lo que se busca con estas es sustituir

un tapiz integrado por especies de baja productividad y calidad, por otro integrado por especies altamente productivas y de alta calidad, aumentando de esta manera la producción de materia seca por hectárea (Santiñaque, 1979).

## 1.1 OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo fue evaluar la producción primaveral de cuatro mezclas forrajeras de segundo año en función de los días y de la acumulación térmica junto con la composición botánica de las mismas, determinando a su vez las tasas de crecimiento promedio e instantánea. 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.

Las praderas en donde se realizaron los ensayos se ubican en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni, ubicada en el departamento de Paysandú (Uruguay) en el período comprendido entre fines del mes de setiembre y principios de noviembre del año 2015.

## 2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 ESPECIES QUE COMPONEN LA MEZCLA

#### 2.1.1 Festuca arundinacea

Es una especie perenne, invernada, cespitosa a rizomatosa de rizomas muy cortos, esta se adapta a un rango amplio de suelos, aunque prospera mejor en suelos de textura media a pesados, a su vez tolera también suelos ácidos y alcalinos y con drenaje pobre (Langer, 1981).

Presenta un sistema radicular profundo, fibroso y muy extendido lo que le permite extraer agua de horizontes profundos, lo que la hace una especie capaz de tolerar períodos de déficit hídricos. Gastal y Durand (2000) señalan que la festuca tiene una exploración radicular más profunda respecto a dactylis.

Su implantación es lenta debido a la baja vigorosidad de las plántulas, se sugiere que esto se debería a la baja movilización de reservas de la semilla y en consecuencia el lento crecimiento de la raíz. Debido a lo descrito se debe tener fundamental atención en el manejo al estado de plántula dado que especies de rápido crecimiento inicial como malezas anuales u otras especies forrajeras pueden llevar a la muerte de plantas (Cowan, 1956).

A pesar que una vez establecida la pastura la planta presenta un crecimiento vigoroso, este comportamiento no es demostrado generalmente en las etapas tempranas de crecimiento. Cowan (1956) destaca como fundamental la obtención de una buena cama de siembra para lograr un rápido establecimiento. El mejor procedimiento para obtener dicha sementera es la que proviene de un suelo que proviene de cultivos, ya que entrega la chacra libre de malezas que compiten en gran medida con el lento crecimiento de la plántula de festuca.

La festuca carece de latencia estival lo que hace que exista una buena producción de forraje temprano en el otoño, manteniéndose verde durante todo el año siempre que disponga de suficiente humedad y fertilizaciones adecuadas. Muestra una buena tolerancia a temperaturas frías del invierno y altas del verano.

La festuca es una de las especies que presenta mayor plasticidad en cuanto a rango de suelos (pH 4,5 a 9,5) tolerables. Dada su precocidad otoñal, produce buena cantidad de forraje a fines de otoño e inicios de invierno, presenta una floración temprana en la primavera (setiembre-octubre). La

inflorescencia es una panoja grande que posee de 3 a 10 flores las cuales caen a la madurez (Carámbula 1977, Langer 1981). El macollaje es máximo durante la etapa vegetativa, durante otoño e invierno, reduciéndose a partir de la primavera y el verano (Formoso, 1996).

Según Carámbula (1977), un correcto manejo a la siembra requiere densidades de 9 a 12 kg/ha en mezclas y de 10 a 15 en cultivos puros. Se recomienda la siembra en líneas a profundidad no mayor a 2cm.

Los excelentes atributos que tiene la especie, y que por ello es ampliamente utilizada en Uruguay dependen en gran medida de un correcto manejo de la fertilización, así como un manejo diferencial de la defoliación en las distintas estaciones del año (Carámbula, 2002).

Un aspecto de suma importancia para aprovechar los atributos de esta especie, como ser un rápido rebrote y alta producción es disponer de una alta fertilidad ya sea mediante fertilizaciones o aprovechando el suministro de nitrógeno que le da el componente leguminosa de la mezcla. Los niveles recomendados son de 8 a 10 ppm de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 10 ppm de nitrógeno. Cuando no se tiene estos suministros de nitrógeno esta cambia su comportamiento tornándose amarillenta, rebrotando lentamente siendo su forraje rechazado por los animales (Carámbula, 2002).

Dada su estructura esta especie admite pastoreos intensos y relativamente frecuentes ya que sus reservas se encuentran en las raíces y rizomas cortos (donde no son alcanzados por el diente de animales), además el área remanente luego de una defoliación es alta (Mckee, citado por Carámbula, 1977). Burns, citado por Carámbula (1977) reporta que el 65% del forraje se encontraba en los 5 cm inferiores teniendo esta porción menor digestibilidad que los estratos superiores. El manejo más recomendable para una mejor persistencia de la pastura sería un pastoreo rotativo, entrando con alturas no mayores a 10 ,15 cm para impedir así la formación de maciegas las cuales son menos apetecidas por los animales (Carámbula, 2002).

En cuanto al comportamiento estacional, esta especie al no poseer latencia estival produce temprano en otoño. En esta estación del año y en el invierno los puntos de crecimiento se encuentran a nivel de suelo, por lo tanto para que se dé un buen macollaje y se produzca forraje de alta calidad, es necesario retirar los restos secos del ciclo anterior ya sea por pasaje de rotativa o pastoreo (Carámbula y Elizondo, 1969).

Durante la primavera se da el máximo crecimiento, debiendo ser utilizada a intervalos cortos de no más de 3 semanas para que la pastura se mantenga apetecible y no pierda calidad. En esta época los puntos de

crecimiento se elevan por encima del suelo, elongando los entrenudos. Si bien se da la máxima producción de forraje, la digestibilidad de este material disminuye por un aumento en la proporción de tallos. El manejo del pastoreo aquí debe ser frecuente para romper con la dominancia apical y favorecer así la producción de hojas (Formoso, 1995). Diversos autores coinciden con Formoso (1995), señalando la necesidad de controlar este proceso mediante el corte o pastoreo durante la primavera. Carámbula (2002) recomienda realizar pastoreos frecuentes en este momento para cortar los puntos de crecimiento en ascenso, y poco intensos, de manera de evitar que se resienta el desarrollo radicular al mantener cierta cantidad de hojas verdes absorbiendo radiación solar.

Insúa et al. (2013), determinaron que la temperatura base para el crecimiento de la festuca es 4°C, esto quiere decir que por debajo de esta temperatura no existe crecimiento/desarrollo de las plantas.

Los cultivares de festuca se clasifican según si tienen o no latencia estival. Existen dos grandes grupos:

1. Las festucas de tipo mediterráneo presentan latencia estival, por lo que son mucho más resistentes a la sequía durante el verano. Estos cultivares tienen un potencial de producción mayor durante el invierno, presentan hojas más finas y hábito erecto. Son más precoces en su rebrote primaveral, concentrando su producción en invierno-primavera (Ayala et al., 2010).
2. Los cultivares de tipo continental no presentan latencia estival, por lo que son capaces de continuar su crecimiento durante todas las estaciones si las condiciones ambientales son apropiadas. Son de hoja ancha y su hábito de crecimiento es indeterminado (Ayala et al., 2010). El rebrote primaveral suele ser tardío y la mayor parte de la producción se concentra durante la etapa primavero-estival.

Dado el régimen de precipitaciones, los cultivares de mayor adaptación en la región son los de tipo continental (Ayala et al., 2010).

### 2.1.2 *Trifolium repens*

Es una leguminosa perenne de ciclo invernal, glabra, de hábito postrado y estolonífera. Su rebrote proviene de las axilas de las hojas existentes y dado su hábito postrado el área foliar remanente es abundante por lo tanto el rebrote es rápido. Estas características, sumado a que las hojas maduras se sitúan en el estrato superior y las hojas jóvenes en el estrato inferior, la hacen una

especie muy adaptada al pastoreo intensivo (Carámbula, 2002).

Formoso (1996) establece que el trébol blanco solamente eleva hojas e inflorescencias por encima del horizonte de pastoreo, por ende mantiene los meristemos axilares nodales, los primordios foliares y los meristemos apicales de estolones lejos del diente del animal. Esto implica que los puntos de crecimiento se mantienen protegidos, lo que permite en una segunda instancia mantener tanto el rebrote como la colonización de nuevos espacios por parte de la especie.

Si bien es una especie perenne, puede comportarse como anual, bienal o de vida corta dependiendo de las condiciones ambientales que se den durante el verano ya que déficit hídricos severos pueden ocasionar la muerte de plantas. Tiene un sistema radicular pivotante el primer año que una vez establecida desaparece y quedan raíces fasciculadas adventicias (Carámbula, 2002).

Lo más adecuado para el manejo es aplicar pastoreos intensos, pero que mantengan plantas vigorosas que presenten mayor longitud de estolones por área de suelo e incrementos en el diámetro de los mismos, mayor peso individual de las hojas, así como mayor proporción de hojas cosechables (Carámbula, 2002). Sin embargo, con defoliaciones muy severas se reduce el tamaño de hoja y se afecta el crecimiento de la planta, disminuyendo la capacidad competitiva frente a las gramíneas.

Su uso en general es asociado a una gramínea, dado que tiene un alto riesgo de causar meteorismo (Carámbula, 1977). Sears et al., citados por Langer (1981), encontraron que en praderas mezcla, trébol blanco suministró el doble de nitrógeno a la gramínea asociada respecto de trébol rojo, a pesar que ambas leguminosas fijaron la misma cantidad.

Es una especie de muy bajo vigor inicial, pero responde muy bien a niveles crecientes de fósforo (NC 14 - 16 ppm), la densidad de siembra recomendada en mezcla es de 2 a 4 kg/ha (Carámbula, 2002). Se recomiendan siembras de otoño temprano que permiten un primer pastoreo a fines de invierno principios de primavera (Ayala et al., 2010).

Posee alta digestibilidad y excelente apetecibilidad, superando en estas características a cualquier otra leguminosa forrajera, estos atributos hacen que eleve la calidad de las pasturas cuando es sembrada en mezcla (Carámbula, 2002).

Produce buenos rendimientos en la mayoría de los suelos siempre que tenga buena humedad y cantidades adecuadas de fósforo, no crece

adecuadamente en suelos ácidos y no tolera la sequía (Carámbula, 2002).

Según Gardner et al., citados por Carámbula (1977), para obtener los máximos rendimientos de trébol blanco debe ser pastoreado a una altura que no supere los 7 cm. Manejos controlados de fines de primavera que permiten la semillazón y alivio en el verano principalmente si se dan condiciones de stress hídrico favorecen su persistencia (Ayala et al., 2010).

### 2.1.3 Lotus corniculatus

Es una leguminosa perenne, estival, con crecimiento a partir de corona. Presenta un sistema radicular pivotante, con numerosas ramificaciones. El tamaño de la raíz llega a superar a la del trébol rojo, pero en ningún momento a la de alfalfa (Carámbula, 1977).

Se trata de una especie con características como: poseer un amplio rango de adaptación a diferentes suelos con buenas producciones de forraje (Formoso y Allegri, citados por Formoso, 1993), ausencia de riesgo de meteorismo (Seaney y Henson, Marten y Jordan, citados por Formoso, 1993), menores requerimientos de fósforo en relación a trébol blanco y rojo (Puig y Ferrando, citados por Formoso, 1993).

El lotus no es exigente en cuanto a requerimientos de suelo, se adapta bien tanto a suelos arenosos como arcillosos. A diferencia de *Medicago sativa*, el *Lotus corniculatus* subsiste en suelos moderadamente ácidos o alcalinos, con óptimos según Aldrich, citado por Smethan (1981), entre valores de 6.4 y 6.6, aún con bajos niveles de fósforo, pero de todas formas tiene una buena respuesta a la fertilización fosfatada. Es de las leguminosas forrajeras, una de las que presenta menor exigencia en cuanto a fósforo necesario para óptimo rendimiento (12-13 ppm, Silveira, 2011). Lotus es la especie que se recomienda sembrar en suelos donde *Medicago sativa* no tiene buenos resultados por sus mayores requerimientos de fertilidad (Carámbula, 2002). Un inconveniente que presenta en comparación con otras leguminosas forrajeras es su baja eficiencia para aportar nitrógeno al suelo por fijación biológica (Carámbula, 1977).

En cuanto al aporte de forraje, la especie ofrece un buen potencial de producción primavera/estivo/otoñal, pudiendo producir a fines de invierno en cultivares sembrados tempranos. Carámbula (2002), sostiene que la especie presenta un alto valor nutritivo a lo largo del año, que declina levemente con la madurez en verano. Esta es una característica a resaltar ya que las condiciones de los veranos en Uruguay condicionan el rendimiento del resto de las leguminosas más usadas en el país a excepción de la alfalfa. De todas maneras, esta última se acota a sembrar en suelos de mayor aptitud o mejor fertilidad, lo que la torna más relevante aún.

Gardner et al., citados por Carámbula (2002) observaron que la frecuencia de pastoreo tiene gran influencia en el comportamiento del lotus. Según Carámbula (2002), la especie se beneficia con pastoreos controlados con frecuencias de 20-25 cm en pastoreos rotativos. En caso de pastoreos continuos no se deben dejar rastros menores de 7,5 cm de altura. Debido a la característica morfológica de presentar tallos erectos, las hojas nuevas se encuentran en la parte superior del canopeo, quedando susceptibles a la defoliación y que el animal remueva las hojas fotosintéticamente más activas, así como meristemas apicales y axilares, reduciendo la capacidad de rebrote. Esto provoca que luego del pastoreo el rebrote surja casi exclusivamente de reservas acumuladas previamente (Zanoniani y Ducamp, 2004).

Presenta una buena adaptación a altas temperaturas estivales, que le permiten producir de manera aceptable en esta estación. Si bien no presenta latencia invernal, el crecimiento aquí depende de las condiciones reinantes en dicha estación (Zanoniani y Ducamp, 2004).

Según Formoso (1996), las mayores producciones y longevidades se obtienen cuando se manejan cortes menos frecuentes (20 cm.) e intensidades de 3 y 6 cm. Si bien la especie al igual que otras está adaptada a diversas combinaciones de manejo, pastoreos muy frecuentes e intensos durante todo el año determinan que se vea sobrepasada la plasticidad de esta especie y ocasionen pérdidas de plantas y menor persistencia de la pastura.

Los cultivares de lotus utilizados en el país se clasifican en dos grupos, con diferente comportamiento invernal:

- Tipo europeo: este tipo de cultivares presentan crecimiento en invierno cuando no se dan temperaturas extremadamente bajas. Se definen también como sin latencia o dormancia invernal y son los comúnmente utilizados en el país. San Gabriel, Draco, Baco, Agrosan trueno, Cruz del Sur son algunos de los cultivares que pertenecen a este grupo (Ayala et al., 2010).
- Tipo Empire: presenta largo período de reposo invernal. Este período para Uruguay se extiende desde abril hasta el mes de setiembre inclusive. Existe un solo cultivar del tipo Empire inscripto en el registro Nacional de Cultivares de INASE en 2009: Leo. Si bien este tipo de cultivares pueden producir más forraje en el verano, este potencial está atado a la disponibilidad hídrica de la estación (Ayala et al., 2010).

Para la especie en cuestión, se utilizó el cv. San Gabriel, el cual presenta una estacionalidad de aporte de forraje adaptada a los requerimientos

nutricionales del Uruguay, dado que tiene una excelente producción invernal. Sus características se presentarán en los apartados siguientes.

#### 2.1.4 *Dactylis glomerata*

Es una gramínea perenne, invernal, cespitosa, de color verde azulado que forma matas individuales ya que no produce rizomas ni estolones y forma un tapiz abierto con matas definidas (Carámbula, 2002). Las hojas son glabras de color verde azulado, presenta una nervadura central marcada, no presenta aurícula, con lígula blanca y visible (Langer, 1981).

Crece bien en suelos livianos de media fertilidad, pero se desarrolla mejor en suelos francos de buena fertilidad. Tolera bien la acidez y la sombra por lo que se adapta muy bien a siembras consociadas (Carámbula, 1977). Es resistente a fríos y produce bien aún con temperaturas elevadas, siempre que disponga de humedad suficiente (Carámbula, 2002). Presenta un buen establecimiento, y se implanta más rápido que la festuca. El crecimiento inicial también es más vigoroso, produciendo un rápido aumento en el número de macollos. Estas características le confieren una buena implantación y por lo general mayor rendimiento en el primer año de vida en comparación con *Festuca arundinacea* y *Phalaris aquatica* aunque posteriormente es superado por dichas especies (Carámbula, 2002).

Las sustancias de reserva de esa especie se encuentran ubicadas en las bases de las macollas y en las vainas de las hojas, en un estrato que es alcanzado por el diente de los animales. Por lo tanto esta forrajera acepta defoliaciones frecuentes pero no intensas. Se recomiendan frecuencias de 15 a 20 cm e intensidades de 5 a 7 cm. Posee un sistema radicular muy superficial por lo que previo y durante el verano deberá manejarse de forma que se promueva un buen enraizamiento y mantener áreas foliares adecuadas que favorezcan la persistencia de la especie, dado que no posee latencia estival y su sistema radicular permanece activo durante todo el año (Carámbula, 1977).

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.

La densidad de siembra recomendada es 10-15 kg/ha puro y 8-10 kg/ha en mezclas. Presenta buen macollaje lo que le da una rápida implantación, pero tiene baja agresividad lo cual es muy valioso cuando se siembra en mezcla. Tiene buena digestibilidad y buena apetecibilidad si se mantiene corto, no debe dejarse endurecer ni florecer pues se vuelve fibroso siendo rechazado por los animales (Carámbula, 2002).

En experimentos realizados en La Estanzuela, García (1995) ilustra la sensibilidad de diferentes mezclas a la invasión de la gramilla (*Cynodon dactylon*). Los resultados presentados indican que la mezcla que contiene como componente gramínea a *dactylis* es la que presentó menor grado de engramillamiento. Esta especie ejerce buena competencia con la gramilla en el período estival, reportándose por ende mayor producción de MS. Esto podría estar explicado en parte por la morfología de la hoja, que al estar plegada, reduce la superficie a través de la cual las plantas transpiran, disminuyendo así el consumo de agua en etapas críticas y aumentando por ende la competencia con esta maleza muy invasiva.<sup>1</sup>

#### 2.1.5 Medicago sativa

Es una leguminosa perenne de ciclo estival con muy buen potencial de producción estivo-otoñal y alta capacidad de fijar nitrógeno (Carámbula 2002). Su hábito de crecimiento según Rebuffo et al. (2000) es erecto a partir de corona.

En cuanto al sistema radicular, posee una raíz pivotante que puede llegar a una profundidad de 8-10 m, lo que le permite explorar un gran volumen de suelo y llegar a extraer agua de horizontes profundos. El centro de regeneración más importante según Leach, Langer y Keoghan, citados por Langer (1981), luego que la planta es defoliada proviene de yemas situadas en la corona o próximas a la misma y de yemas axilares de tallos no cortados.

Es considerada como “la reina de las forrajeras” por sus grandes bondades como altos rendimientos en cantidad y calidad de forraje, por su carácter mejorador de suelos y restaurador de la fertilidad en las rotaciones, así como por su gran adaptación a diversas regiones (Carámbula, 2002). Según Carámbula (1977) la especie tiene buenos resultados en suelos francos, profundos, con subsuelo permeable y buen drenaje. Esta leguminosa no se adapta bien a suelos ácidos, con pH menores a 6. La alfalfa cubre sus necesidades de nitrógeno a través de la asociación con una bacteria denominada *Rhizobia meliloti*, la cual no sobrevive con suelos ácidos y/o con bajos niveles de fósforo, además de afectar la nodulación y posterior fijación simbiótica. Se consideran valores óptimos de fósforo (método Bray No. 1) en el suelo a la implantación entre 20 y 25 ppm (Rebuffo et al., 2000).

La alfalfa se adapta a pastoreos rotativos, poco frecuente e intensos y de poca duración. Una vez que la planta es pastoreada y defoliada casi en su totalidad, comienza un proceso de rebrote en el que se forma nuevamente una

---

<sup>1</sup> Zanoniani, R. 2016. Com. personal.

masa de hojas que son generadas principalmente por los tallos provenientes de las yemas ubicadas en la corona. Se recomiendan frecuencias de 35-45 cm. o 10% de floración e intensidades de 2-3 cm. Se debe respetar la altura de entrada de los animales para así respetar el tiempo necesario para acumular reservas y que la raíz no se vea resentida, disminuyendo de esta forma la persistencia de la planta (Formoso, 2000). Tal como fue mencionado anteriormente, las reservas almacenadas en la corona son el sustrato a partir del cual se originan los rebrotes luego del corte o pastoreo. A una altura remanente de 25-30 cm o menor, el nivel de reservas es mínimo, y las hojas y tallos son suficientes para generar el crecimiento y comenzar nuevamente a acumular las reservas (Rebuffo et al., 2000).

Un aspecto problemático de la especie es el elevado grado de meteorismo que genera en el ganado, ocurriendo la mayor problemática en cultivos puros. Es así que la inclusión de gramíneas en la mezcla, es un aspecto fundamental para disminuir las pérdidas por meteorismo, aunque no permite eliminar este problema del todo (Formoso, 2000).

Los cultivares de alfalfa se diferencian de acuerdo a su grado de reposo invernal, característica que le permite a la planta mantenerse latente durante los períodos de bajas temperaturas y alta probabilidad de ocurrencia de heladas. En este período la planta no produce forraje lo que permite mantener las reservas generadas en otoño para un rebrote eficiente en primavera.

Existen en Uruguay tres tipos de cultivares según el grado de reposo invernal que presentan: sin latencia, latencia intermedia y con latencia.

Los cultivares sin latencia pueden crecer durante todo el año. En primavera es cuando crecen a mayores tasas dadas las condiciones ambientales más favorables (Ayala et al., 2010).

Aquellas con latencia intermedia (reposo corto) tienen tasas de crecimiento menores durante el invierno, floración más tardía, presentan corona más grande y mayor persistencia que las que no tienen reposo. Los cultivares más utilizados en el país son de este tipo (Estanzuela Chaná y Crioula, Ayala et al., 2010).

Los cultivares con latencia (reposo largo) producen menos forraje durante el otoño, y casi no presentan crecimiento durante el período invernal. Tienen corona más grande y floración más tardía que el resto de los cultivares (Ayala et al., 2010). Su persistencia es la mayor de todas tanto bajo corte como en pastoreo, están recomendadas para rotaciones largas y en especial para henificar dada la alta producción primavero-estival (Rebuffo et al., 2000).

Según Carámbula (2002) el pico de producción de esta especie se da durante la primavera, cuando las temperaturas junto con un buen aporte de humedad por parte del suelo favorecen su crecimiento. En el verano su comportamiento es un tanto más errático, estando atada la producción al contenido hídrico del suelo. En la siguiente estación la producción es baja, debiendo poner especial recaudo en el manejo de la defoliación para no comprometer la producción futura. La alfalfa entrega entre un 65 y un 75% de su producción durante el período primavera-estival, produciendo en el verano un 30% del total anual (Rebuffo et al., 2000).

El cultivar utilizado en el experimento fue Estanzuela Chaná, el cual posee latencia intermedia. Este será caracterizado a continuación, junto con los demás cultivares utilizados de las diferentes especies.

## 2.2 CULTIVARES

### 2.2.1 Festuca arundinacea cv. Tacuabé

Estanzuela Tacuabé fue obtenido en La Estanzuela por selección de materiales con buena producción otoño-invernal, persistencia y compatibilidad con el trébol blanco. Fue obtenido a partir de materiales recolectados de viejas praderas del país, lo que asegura una buena adaptación a las condiciones ambientales de la región.

Se trata de un cultivar de uso público mantenido por INIA y ampliamente utilizado en el país.

Es un material que presenta una floración temprana, y encaña próximos a la segunda semana de setiembre. Según Ayala et al. (2010), el cultivar si bien puede producir todo el año, presenta dos picos productivos durante el año: uno en el mes de setiembre y otro menor en otoño. La digestibilidad promedio oscila en un rango mínimo de 55% en verano y un máximo de 77% en el mes de julio.

Crece muy bien en gran diversidad de suelos aunque no tiene buenas performances en suelos arenosos. Ayala et al. (2010) definen al cultivar como "rústico y versátil", con buena asociación a todas las leguminosas de probada adaptación al país.

### 2.2.2 Festuca arundinacea cv. INTA Brava

INTA Brava es un cultivar sintético de base genética estrecha y muy homogénea. Proviene del cultivar Palenque plus, el cual fue producto del mejoramiento de Palenque, poniendo principal atención en la mejora de las condiciones sanitarias.

Como características distintivas, INTA Brava tiene mayor producción de hojas, más flexibles y anchas que su antecesor, aunque conserva de este su adaptación general, la tolerancia a enfermedades de hoja y con mayor producción de forraje invernal y estival (Rimieri, 2009).

Es de porte semi erecto, de menor altura y más precoz que Palenque Plus INTA. Según lo reportado por Rimieri (2009), INTA Brava se destaca del resto de los cultivares por su alta flexibilidad de hoja, lo que está asociado a mayor digestibilidad del forraje.

### 2.2.3 *Festuca arundinacea* cv. Tuscany II

El cultivar Tuscany II es originario de Estados Unidos y el obtentor es FFR cooperative. Actualmente en el país la licencia es de Procampo Uruguay SRL.

La información presente es escasa, dado que es un cultivar de reciente inserción en Uruguay. Según lo reportado por la empresa encargada de su comercialización (Procampo Uruguay SRL) el cultivar se caracteriza por su rusticidad, excelente sanidad y productividad. La evaluación INIA e INASE del año 2012 arroja un valor de producción el primer año de 3389 kg/ha de MS, mientras que en el total de tres años produce un rendimiento acumulado de 19059 kg/ha MS.

### 2.2.4 *Medicago sativa* cv. Estanzuela Chaná

Estanzuela Chaná es un cultivar de uso público, mantenido por INIA desde la década del 70 y es el resultado de varios ciclos de selección por persistencia a partir de materiales de origen italiano.

Se caracteriza por poseer plantas de porte erecto, coronas de gran tamaño y tallos largos. La floración se extiende desde noviembre hasta marzo. En cuanto a la producción de materia seca, según Ayala et al. (2010), Estanzuela Chaná tiene producciones anuales altas en comparación con otros cultivares, en el orden de las 10-12 tt MS/ha, y ofrecen un 20% aproximadamente en otoño/invierno.

El cultivar se destaca por tener alta productividad durante todo el año, pudiendo producir hasta un 50 % del total en verano. Debido a su rápida recuperación se pueden lograr hasta 6 pastoreos por año, pudiendo alcanzar los 4 años de producción siempre y cuando se respete la siembra en suelos adecuados y el manejo del pastoreo, detallado en los puntos anteriores.

Se caracteriza por su excelente precocidad y vigor de plantas y frente a la mayoría de los cultivares importados se destaca por su buena tolerancia

frente a las enfermedades foliares preponderantes en el país. Esto le permite retener por más tiempo las hojas, manteniendo así una alta calidad del forraje (Ayala et al., 2010).

#### 2.2.5 Trifolium repens cv. Estanzuela Zapicán

Este cultivar fue obtenido por La Estanzuela a partir de introducciones realizadas desde Argentina y es cultivado desde la década del 60 en el Uruguay, siendo uno de los más utilizados en el país lo que prueba la gran adaptación y productividad de este material (Ayala et al., 2010). Unas de sus características más importantes son su rápido establecimiento y excelente producción invernal.

Se encuentra en la agrupación de tamaño de hoja grande, con una floración temprana y abundante y una persistencia productiva promedio de tres años (Ayala et al., 2010). La producción acumulada promedio obtenida de la evaluación INIA e INASE para el período 2011-2013 fue de 24380 kg acumulado, arrojando el primer año valores de 6308 kg/ha MS, 10577 kg/ha MS el segundo, y 3495 kg/ha MS el tercero.

En cuanto al manejo del cultivar, lo reportado por Formoso (1995) indica que en la primavera se debe realizar un pastoreo poco frecuente de manera de disminuir la relación rojo/rojo lejano para así no promover la diferenciación floral, aumentando de esta manera el número de estolones que sobreviven al período estival y por ende inciden en la persistencia vegetativa de la especie. A su vez la mayor sobrevivencia de estolones durante el período estival va a promover la formación de nuevos estolones y hojas durante el período otoño-invernal siguiente.

#### 2.2.6 Lotus corniculatus cv. San Gabriel

Se trata de un cultivar de tipo europeo, utilizados comúnmente en Uruguay y tiene como característica no poseer latencia invernal, por lo que en caso de tratarse de inviernos normales, con fríos no muy extremos, continúan creciendo (Ayala et al., 2010).

Es un cultivar de floración temprana (desde noviembre) y prolongada y de gran adaptación a las condiciones climáticas y edáficas del Uruguay, con una excelente capacidad de producir en suelos marginales respecto a otras especies y cultivares. Supera a otros cultivares en producción invernal y su mayor aporte se da a partir de la primavera temprana junto con el mayor porcentaje de digestibilidad (75%) para luego decaer hacia el verano. Tiene un buen comportamiento sanitario, aunque destacando una fuerte susceptibilidad a podredumbres de raíz y corona que reducen su persistencia (Ayala et al., 2010).

En Uruguay el cultivar San Gabriel se caracteriza por presentar una capacidad continua de producción de forraje durante todo el año. La menor producción se da en el invierno, lo cual puede estar explicado según Formoso (1993) por la ocurrencia de temperaturas infra óptimas para la fotosíntesis neta y no por la activación de mecanismos de latencia.

#### 2.2.7 *Dactylis glomerata* cv. Perseo

El cultivar utilizado fue obtenido en La Estanzuela luego de tres ciclos de selección por rendimiento y sanidad.

Las características que destacan al cultivar son su floración temprana (próximo al 7 de octubre), buena sanidad foliar, rendimientos mayores que INIA LE Oberón a partir del segundo año. En cuanto a la producción estacional, este cultivar presenta ventajas frente a Oberón, uno de los cultivares más utilizados en Uruguay, reportando mayores producciones en verano y otoño. Presenta un hábito de crecimiento semi-erecto.

En cuanto a la sanidad foliar presenta un muy buen comportamiento, aspecto que Ayala et al. (2010) señalan como fundamental en materiales de floración temprana como es el caso, por su mayor susceptibilidad.

El material se adapta a un amplio rango de suelos de arenosos a pesados, aunque son más productivos en los de texturas medias y suelos permeables. Tiene buena resistencia a la sequía y es poco tolerante a excesos hídricos por lo que no se adapta a suelos húmedos, mal drenados. En veranos secos se observa esta ventaja frente al resto de las gramíneas perennes frecuentemente utilizadas.

En cuanto al pastoreo recomendado, Ayala et al. (2010) reportan mayores rendimientos con pastoreos rotativos, no muy intensos (remanentes de 5 cm.). Pastoreos continuos e intensos especialmente en verano reducen su persistencia.

Los datos más recientes reportados por INASE (2013) de ensayos son los sembrados en el año 2011 y reportan producciones de MS (kg/ha) de 8409 en el primer año, 13635 el segundo año y 10961 en el tercero, totalizando 33005 kg/ha en los tres años. Comparando estos valores con los respectivos testigos LE Oberón y Porto para 2011, 2012 y 2013 por más que siempre producen más, no se observan diferencias significativas entre años.

Se trata de un cultivar protegido teniendo como licenciarios a Procampo Uruguay SRL y a la Sociedad de Fomento Rural de Tarariras.

## 2.3 MEZCLAS FORRAJERAS

Carámbula (2010) define una mezcla forrajera como una población artificial formada por varias especies con diferentes características tanto morfológicas como fisiológicas.

Uno de los objetivos de instalar pasturas mixtas es obtener el máximo rendimiento de materia seca por hectárea y aprovechar las ventajas que presentan las dos familias en beneficio de una buena performance animal. Además de una mayor producción se obtiene mayor uniformidad estacional menor variabilidad interanual calidad de forraje en momentos estratégicos, menor riesgo de meteorismo y aumentar la fertilidad de suelo (Schneiter, 2005).

Las mezclas presentan una serie de ventajas en función a cultivos puros, como ser la uniformidad en la producción a lo largo del año, pudiendo compensar su crecimiento frente a diferentes factores climáticos, edáficos y de manejo (Blaser, citado por Carámbula, 2002). A su vez, Herriott, citado por Carámbula (2002), estudió que los animales que pastorean mezclas presentan un mayor consumo frente a los que pastorean cultivos puros, ya que los primeros presentan mayor apetecibilidad del forraje.

Hall y Vough (2007) estudiaron que el uso de mezclas que contengan al menos 40% de gramíneas evitan problemas nutricionales y fisiológicos, al disminuir el riesgo de meteorismo, hipomagnesemia y toxicidad por nitratos. Se ha comprobado también que las mezclas compiten mejor con las malezas en comparación a cultivos puros, por lo tanto presentan menores niveles de enmalezamiento.

Según Carámbula (2002), al instalar una pastura el propósito es lograr una mezcla mixta bien balanceada de gramíneas y leguminosas. Las proporciones que se aceptan son 60- 70% gramíneas, 20-30% leguminosas, y 10% de malezas.

En cuanto a las gramíneas, que son el componente principal de las pasturas mezclas, estas aportan: productividad sostenida a lo largo de los años, adaptación a gran variedad de suelos, capacidad de mantener poblaciones adecuadas y explotación de nitrógeno simbiótico (Carámbula, 2002).

Las leguminosas son las encargadas de enriquecer la mezcla ya que tienen un alto aporte nutritivo que complementa la dieta animal. También son las responsables de que el consumo animal aumente como consecuencia de una mejora en la calidad del forraje. Minson y Milford (1967), observaron que la presencia de 10% de leguminosas en la pastura madura puede aumentar el consumo voluntario en los animales de hasta un 50%. Por otra parte tienen la

capacidad de asociarse con bacterias del género *Rhizobium* y fijar nitrógeno atmosférico que queda disponible inmediatamente para el crecimiento de la planta, y a su vez es luego transferido en parte a las gramíneas a través de los excrementos de los animales y a través de la muerte y descomposición de raíces y nódulos (Stemple 1974, Smetham 1981).

### 2.3.1 Tipos de mezcla

El número de especies que componen una mezcla puede variar desde mezclas ultra simples, las cuales están constituidas por una gramínea y una leguminosa, hasta mezclas complejas, compuestas por un alto número de especies de las dos familias. Si bien las mezclas presentan en su mayoría una ventaja frente a cultivos puros en cuanto a producción y estabilidad, Carámbula (1977) resalta que cuantas más especies contiene una mezcla, tanto más difícil es mantener el balance entre sus componentes. Debido a las condiciones de pastoreo, suelo y clima, ciertas especies predominarán en detrimento de otras las cuales desaparecerán, conduciendo a la simplificación de las mezclas, lo que conduce a una mayor estacionalidad en la producción de forraje (Carámbula, 1977).

Las mezclas ultra simples (compuestas por una gramínea y una leguminosa del mismo ciclo de producción) así como las mezclas simples (una gramínea y dos leguminosas o viceversa), tienen en general un ciclo de producción definido, mientras que mezclas complejas (varias gramíneas y leguminosas) no tienen una estacionalidad marcada ya que justamente se busca que tengan producción estable a lo largo de todo el año (Carámbula, 2002).

Al momento de seleccionar las especies que componen la mezcla hay que tener en cuenta varios factores: aptitud del suelo, tipo de actividad ganadera, presencia y tipo de maleza, manejo de pastoreo a implementar, entre otros (Scheneiter, 2005).

Utilizando mezclas simples de especies compatibles el potencial de crecimiento individual es alcanzado con mayor facilidad debido a que se reduce la competencia interespecífica, generando que el manejo sea más sencillo. Sin embargo, al tener una estacionalidad más marcada dejan mayores espacios que pueden ser ocupados por malezas, o pastos nativos de baja producción (Langer 1981, Carámbula 2002). Según Langer (1981), las mezclas complejas son de difícil establecimiento y manejo, siendo imposible establecer condiciones óptimas para todas las especies, tendiendo a desaparecer aquellas que menos se adapten.

Lo más común es la utilización de mezclas simples frente a las

complejas, esto argumentado principalmente por la complejidad que requiere el manejo de la defoliación que contemple la morfofisiología de cada una de las especies componentes, por lo que dependiendo del manejo siempre se favorecerán unas en detrimento de otras. La elección de las especies entonces es un factor de gran importancia frente a la complejidad de las mezclas cuando se busca maximizar los rendimientos de la pastura (Formoso, 2011).

Con motivo de alargar el período de utilización y aportar forraje durante todo el año, a la hora de elegir las especies que compondrán la mezcla, estas deben ser de ciclos complementarios. Cumplir con dicho objetivo puede ser más importante aún que maximizar la producción total de forraje de la pradera. Es importante también sembrar especies de similar palatabilidad, para impedir la selección preferencial de ciertas especies sobre otras, deteriorando así la pastura (Carámbula, 1977).

Santiñaque y Carámbula (1981), concluyeron que existe una superioridad de las mezclas complementarias frente a las simples por la capacidad de las mezclas complejas de explotar en forma más eficiente el ambiente. Las especies estivales tuvieron mayor producción cuando estuvieron asociadas a especies invernales mientras que las invernales no resultaron perjudicadas en su producción por la presencia de especies estivales.

### 2.3.2 Enmalezamiento

Las praderas mezcla son pasturas artificiales y como tales ofrecen ciertas condiciones para que se desarrolle la población de malezas. El aumento de la fertilidad dado por las fertilizaciones fosfatadas y el aporte de N dado por la fijación simbiótica son aprovechados también por las malezas, que ocupan los espacios dejados por las leguminosas invernales que mueren en verano por efecto de la sequía (Carámbula, 2002).

En suelos degradados o pobres el establecimiento de las gramíneas es deficiente, por lo tanto en un inicio las leguminosas cobran mayor relevancia en la mezcla, haciendo un gran aporte de nitrógeno al suelo. Si bien es cierto que las leguminosas aportan forraje de calidad también son menos persistentes, por lo tanto tenderán a desaparecer y el espacio que dejan así como el nitrógeno fijado será aprovechado por especies más adaptadas pero menos productivas (Carámbula, 1991).

### 2.3.3 Componentes de la mezcla

Como se comentó anteriormente, una mezcla bien balanceada entre gramíneas y leguminosas es aquella que presenta un 60- 70% de las primeras, 20-30 % de leguminosas y el restante de malezas (Carámbula, 2002).

Según Carámbula (1991), la mayoría de las pasturas cultivadas presenta un desequilibrio a favor de la fracción leguminosa en los primeros años de vida. Este comportamiento se acentúa cuando la pradera se realiza sobre chacras viejas donde el contenido de nitrógeno es muy bajo.

Si bien la dominancia de las leguminosas tiene un aspecto positivo, también conduce a pasturas de baja persistencia ya que una vez incrementado el nivel de nitrógeno en el suelo y dado que estas son de vida corta terminan cediendo espacio a especies más adaptadas pero menos productivas (Carámbula, 1991).

A continuación se describen los posibles componentes de las mezclas forrajeras: gramíneas perennes invernales, gramíneas perennes estivales y leguminosas.

#### 2.3.3.1 Gramíneas perennes estivales

En las gramíneas perennes la persistencia puede darse por crecimiento vegetativo de las plantas establecidas y por la población de semillas de las mismas. La primera situación se da a través de subdivisión de estolones, coronas y rizomas así como por el macollaje o división en matas. En cuanto a la persistencia por semillazón, esta es responsable de reponer las plantas que se pierden pero la eficiencia de este mecanismo muchas veces es menor dado que puede tener baja velocidad de rompimiento de latencia, pobre vigor, falta de adaptabilidad de plántulas para sobrevivir en cobertura, o competencia por parte de las plantas instaladas previamente (Carámbula, 1981).

En cuanto a las especies perennes de ciclo estival, estas se destacan por poseer altas tasas de crecimiento en los meses más cálidos y reposo en los más fríos lo que les permite detener su crecimiento y así sobrevivir a las bajas temperaturas invernales (Carámbula, 1981).

Estas especies, tienen menor valor nutritivo que las invernales en cuanto a energía neta, proteína cruda y fósforo, por lo que afectan negativamente la producción animal. Esto se debe principalmente a las altas temperaturas en que se desarrollan y a los bajos niveles de nutrientes (Carámbula, 2002). Dichas insuficiencias pueden ser solucionadas fertilizando con urea (Minson, citado por Carámbula, 2002) o incluyendo un 10 a 20 % de leguminosa en la mezcla (Minson y Milford, citados por Carámbula, 2002).

#### 2.3.3.2 Gramíneas perennes invernales

Estas especies tienen un ciclo de producción otoño-invierno-primaveral, por lo tanto si se manejan adecuadamente cubren los períodos críticos invernales. Presentan buena longevidad, por lo tanto contribuyen a lograr

pasturas más persistentes siempre que reciban un buen aporte de nitrógeno (Carámbula, 2002).

La mayor producción de estas especies se da en primavera, disminuyendo marcadamente en verano determinado por los altos niveles de radiación solar propios de esta estación del año. Según lo reportado por Cooper y Tainton (1968), las temperaturas mayores a 25°C y alta radiación solar, reducen el macollaje y por lo tanto el crecimiento de estas especies.

A pesar de que su pico de producción es durante la primavera, algunas especies como festuca y dactylis no tienen reposo estival por lo tanto continúan produciendo durante el verano y otras como falaris presentan latencia en los períodos de verano por lo tanto cesa su producción.

El valor nutritivo de las pasturas depende no solo de la especie sino además del estado de desarrollo de la misma.

#### 2.3.3.3 Leguminosas

La inclusión del componente leguminosa de la mezcla es de suma importancia según Langer (1981) por dos grandes motivos. El primero refiere al aporte de nitrógeno al sistema, lo que hace independiente en cierta medida al aporte externo de fertilizante nitrogenado, en especial en aquellos sistemas que no lo incluyen en su manejo. En segundo lugar, las leguminosas presentan ciertas ventajas en cuanto a calidad de forraje. El contenido de fibra de estas es menor a la de las gramíneas mientras que a su vez presentan una mayor relación carbohidratos solubles/insolubles. Por otra parte, la alta digestibilidad de las leguminosas promueve un elevado consumo voluntario por parte de los animales (Carámbula, 2002). Johns, citado por Langer (1981) afirma que la inclusión de una leguminosa en la pastura contribuye a acelerar la tasa de crecimiento del ganado. Las leguminosas presentan valores de minerales del doble observados en las gramíneas, lo que representa una ventaja para mitigar los posibles disturbios metabólicos en los animales, generados por bajos niveles de estos elementos.

Otra propiedad de esta especie que la hace recomendable para incluir en mezclas son los altos valores de proteína, aunque en ciertos casos la presencia de proteínas solubles en el citoplasma de ciertas leguminosas puede provocar meteorismo, así como ciertas sustancias estrogénicas que pueden afectar negativamente el comportamiento de los animales (Carámbula, 1977).

Carámbula (2002) afirma que las leguminosas contribuyen a mejorar la estructura del suelo, particularmente contribuye a la descompactación en profundidad. Por otra parte, aporta una masa importante de residuos que

activan la vida microbiana del suelo.

## 2.4 EFECTOS DEL CORTE O PASTOREO

El manejo del pastoreo en las pasturas sembradas tiene dos objetivos principales que son obtener la máxima cantidad y calidad de forraje, así como obtener una buena persistencia y estabilidad favoreciendo la producción animal (Cangiano, 1997).

Es importante entonces conocer en detalle las características de la vegetación y del propio animal que están incidiendo en el comportamiento del pastoreo y consumo de forraje, de manera de alcanzar una alta eficiencia del proceso, obteniendo así buenas ganancias en producto animal y buen comportamiento de la vegetación, por un adecuado manejo de pasturas y animales (Montossi et al., 1996).

Según Carámbula (1991), para manejar correctamente una pradera basta con aplicar correctamente técnicas apoyadas en conocimientos básicos sobre morfología y fisiología de las distintas especies forrajeras, así como conocer la reacción de las mismas frente a diferentes condiciones ambientales.

Las pasturas luego de ser pastoreadas siguen un comportamiento de crecimiento de curva sigmoide. Se diferencian tres etapas: la primera de crecimiento exponencial, donde las tasas de crecimiento aumentan rápidamente. La segunda fase es de tipo lineal, donde las tasas de crecimiento son constantes y máximas, y finalmente una tercera, de comportamiento asintótico, en la cual la tasa de crecimiento disminuye exponencialmente cuando se ha logrado el máximo de producción de materia seca (Romero, 1988).

En dicha curva de crecimiento existe un rango amplio de producción de forraje, y en los extremos es donde ocurre la mayor variación tanto en cantidad como en calidad. En el límite superior de la curva existe alta disponibilidad y baja calidad, mientras que en el inferior baja disponibilidad y alta calidad, existiendo muchas situaciones intermedias (Carámbula, 2002).

Los períodos de tiempo transcurridos entre las diferentes etapas varían según la estación del año, siendo en invierno-verano más lentos, debiendo esperar más tiempo entre pastoreos para producir la misma cantidad de forraje que en primavera-otoño (Carámbula, 2002).

### 2.4.1 Efecto de la defoliación sobre el balance de especies

El efecto que tiene la defoliación sobre una especie varía según la intensidad de la misma, sin embargo el efecto de una misma intensidad de

defoliación también es variable entre gramíneas y leguminosas. A una misma intensidad de defoliación las leguminosas interceptan más luz que las gramíneas debido a la disposición de sus hojas y por lo tanto se recuperan más rápido. También se encuentran diferencias entre gramíneas, aquellas de tipo prostrado presentan rebrote más rápido que las de tipo erecto (Carámbula, 2002).

Sin embargo, a pesar que las gramíneas erectas presentan un rebrote más lento que las gramíneas prostradas y las leguminosas, estas últimas tienen un IAF óptimo menor por lo tanto tienen menor rendimiento de materia seca frente a las gramíneas erectas (Carámbula, 2002).

Según Langer (1981) los máximos rendimientos anuales de forraje se obtienen permitiendo crecer en forma ininterrumpida y cosechando antes que la velocidad de acumulación de materia seca disminuya o se detenga. De esta manera la pastura crece a tasa máxima durante el mayor tiempo posible.

#### 2.4.2 Efecto de la defoliación sobre el rebrote

Cuando se hace una defoliación intensa donde se remueve gran cantidad de hojas, la reposición del área va a depender de las reservas de la planta, pero si esto se produce repetidamente las reservas se agotan debido a que no son repuestas, en estas condiciones algunas plantas tienen la capacidad de modificar su estructura produciendo mayor número de macollos de menor tamaño (Nabinger, 1998).

Fulkerson y Slack (1995), afirman que es posible que se necesiten varias defoliaciones frecuentes sucesivas para que disminuya el nivel de carbohidratos a un nivel que pueda afectar el rebrote. Por otra parte la dependencia de reservas va a depender de la altura del remanente, tanto por el nivel de carbohidratos solubles disponible en las hojas como por el área fotosintética remanente que va a determinar los requerimientos de reservas para el rebrote. Los carbohidratos de reserva son en general muy importantes los primeros días, después la fotosíntesis se convierte en la principal fuente de carbohidratos solubles (Richards, Donaghy y Fulkerson, citados por Cullen et al., 2006).

Según Cangiano (1998), el rebrote de la pastura depende de 3 factores: si existió o no eliminación de meristemos apicales, la cantidad de reservas de carbohidratos disponibles, y el área foliar remanente y su eficiencia fotosintética.

La frecuencia e intensidad de los cortes modifica la cantidad de meristemas refoliadores, los niveles de energía disponibles para éstos y la tasa

de crecimiento de los rebrotes (Formoso, 1995).

Una adecuada defoliación debería cosechar solo las hojas más viejas de menor eficiencia fotosintética, sin afectar las más nuevas que emergen dentro de la vaina. Cuando la defoliación es intensa y provoca la remoción de una gran cantidad de tejidos el rebrote se producirá a partir de reservas, siendo este más lento (Cangiano 1998, Fisher et al. 2000).

#### 2.4.3 Efecto de la defoliación sobre la persistencia

Según Carámbula (2004), la persistencia de una pastura depende del manejo que se le aplique durante el primer año de vida. Si el pastoreo es muy frecuente no se permitirá la acumulación de reservas y se provocará la muerte de plantas cuando lleguen épocas de restricción hídrica.

En la región la duración de las pasturas no suele exceder los 4 o 5 años dependiendo de las especies que conforman la mezcla. Otra característica es que en sus últimos años suelen ser dominadas por gramíneas y malezas, debido a la pérdida de gramíneas perennes y leguminosas menos adaptadas cuyos nichos son ocupadas por especies menos productivas (Carámbula, 2002).

Según Formoso (1995), para favorecer la persistencia de las especies sembradas, principalmente leguminosas se debe permitir rebrotar o acumular reservas en primavera, y en verano el manejo debe permitir la supervivencia de las plantas ante condiciones adversas, por lo tanto el manejo debe ser menos frecuente en primavera y verano.

Los sobrepastoreos en invierno afectan el crecimiento de las raíces por dos razones. La defoliación de la parte aérea hace que disminuya el área fotosintética y por lo tanto con menos carbohidratos disponibles hay un menor desarrollo de raíces. La segunda razón es el exceso de pisoteo por parte de los animales que compacta el suelo y dificulta el desarrollo de las mismas por menor capacidad de penetración (Edmond, citado por Carámbula, 2004).

#### 2.4.4 Efecto de la defoliación sobre la calidad

Cortes frecuentes en la pastura permite tener forraje con mayor nivel de proteína, extracto etéreo y menores niveles de fibra cruda que aquellas pasturas que se mantienen con cortes menos frecuentes. Por otra parte, estos manejos permiten también mantener constante la energía bruta de la pastura durante la estación (Langer, 1981).

La calidad de la pastura puede variar según el estado fisiológico de las plantas, la estación del año y de la edad de la misma. Para lograr forrajes de

alta calidad y mantener altas producciones en la pastura es necesario realizar manejos de pastoreo que favorezcan la presencia de elevados porcentajes de hojas verdes (Munro y Walters, 1986).

#### 2.4.5 Manejo estacional de la pastura (primaveral)

En primavera se dan condiciones de temperaturas en aumento, alargamiento del fotoperiodo e intensidades lumínicas elevadas. Estas condiciones permiten producir una gran masa de forraje dado principalmente por el incremento de peso de macollos y tallos (Carámbula, 1977).

En gramíneas como festuca y dactylis, en primavera, los meristemas apicales de las macollas que se encuentran en fase reproductiva son elevados por encima del horizonte de pastoreo (Formoso, 1995).

Desde el punto de vista morfogénico, el crecimiento ininterrumpido hasta plena floración, permite la obtención de la máxima producción de forraje. Esto se debe a la acción de un alto número de meristemas que presentan máxima actividad mitótica, promoviendo la elongación. No obstante, esta alta producción de materia seca está compuesta en gran parte por tallos de menor calidad, por lo que la mejor estrategia es la eliminación temprana de los meristemas apicales. Esto trae aparejado una pérdida de producción en términos de cantidad, pero una mejora en términos de calidad de forraje y cantidad de estructuras foliares de menor edad (Formoso, 1995).

#### 2.4.6 Defoliación y rebrote

Las pasturas son defoliadas varias veces por año, lo cual implica perder casi la totalidad de la superficie foliar encargada de interceptar luz. Consecuentemente, la producción depende estrechamente del rebrote y de los factores que lo afectan (Davies, citado por Cangiano, 1996).

El rebrote de la pastura entonces dependerá de 3 factores: si hay o no eliminación de meristemo apical, nivel de carbohidratos del rastrojo remanente y el área foliar remanente y la eficiencia fotosintética de la misma (Cangiano, 1996).

La velocidad con que la planta recupera hojas luego de la defoliación está dado por la cantidad de meristemas refoliadores y de la disponibilidad de energía que tengan los mismos. Una vez ocurrida la defoliación existe un orden de prioridad en los meristemas refoliadores, activándose primero los más eficientes del punto de vista energético en desarrollar área foliar. Según Formoso (1995), se puede asumir el siguiente orden en términos de activación secuencial decreciente, ya sea para gramíneas o leguminosas:

- Meristemo de láminas o folíolos
- Meristemo de vainas o pecíolos
- Meristemas intercalares generadores de estructuras foliares
- Primordios foliares localizados en meristemas apicales o axilares
- Meristemas basilares

En términos generales, Formoso (1995), resume una serie de características de estos meristemas tomados de diversos autores para un mejor entendimiento de este proceso (Davies et al. 1971, Hyder 1973, Langer 1974, Dahl y Hyder 1977, Smith 1981, Thomas 1987, Teuber y Brick 1988).

**Meristema apical:** se encuentra en el extremo superior de pseudotallos de gramíneas, tallos y estolones de leguminosas y gramíneas. Son los encargados de originar el resto de los tejidos meristemáticos.

**Meristema o primordio foliar:** se diferencia en meristema intercalar, y este en meristema generador de pecíolos, peciolulos, y folíolos en leguminosas, o en meristemo de lámina y en meristemo de vaina en gramíneas.

**Meristema axilar:** se localiza en la axila de la hoja y presenta capacidad morfogénica equivalente al apical, dando origen en la fase vegetativa a macollas en gramíneas, tallos en alfalfa, lotus y trébol rojo, y estolones en trébol blanco. Mientras tanto en fase reproductiva da origen a las estructuras de las inflorescencias de gramíneas y leguminosas.

**Meristema nodal intercalar:** se localiza en los nudos, conformando un plato meristemático nodal, a partir de cuya base crece hacia la parte distal el entrenudo. Es el responsable del crecimiento de entrenudos y consecuentemente del crecimiento longitudinal de estolones, rizomas y tallos aéreos vegetativos y reproductivos de gramíneas. Los meristemas nodales en rizomas y estolones pueden presentar primordios radiculares que dan lugar a raíces, o primordios axilares, que originarán tallos o macollas.

**Meristema basilar:** denominado así por estar localizado en los nudos basales de macollos, tallos o corona de leguminosas como alfalfa, lotus o trébol rojo. Se ubica generalmente próximo a la superficie del suelo, en la zona inmediatamente superior o inferior a la misma. Este meristemo presenta diferentes grados de latencia, desde estrictamente latentes, hasta activos para reiniciar nuevo crecimiento.

En el caso de las leguminosas como trébol blanco, el principal mecanismo para el rebrote luego de una defoliación es el área verde remanente, que consiste en pequeñas hojas jóvenes con buena eficiencia fotosintética, y por estolones. Por lo tanto pastoreos intensos no afectan al

mecanismo de rebrote ni las yemas responsables de reanudar el crecimiento (Pagliaricci y Sarof, 2008).

En todas las especies perennes independientemente del grupo al que pertenezcan es muy importante mantener las sustancias de reserva en niveles adecuados para no afectar los mecanismos de rebrote. Para esto es necesario conocer los mecanismos mediante los cuales cada especie acumula reservas (Pagliaricci y Sarof, 2008).

#### 2.4.6.1 Índice de Área Foliar (IAF)

El término IAF se refiere a la relación existente entre el área de hojas y el área de suelo cubierto por las mismas (Watson, citado por Carámbula, 2010), y expresa la densidad de hojas de una pastura determinada. A medida que el índice aumenta, crece la intercepción de luz por las hojas, hasta un valor llamado IAF óptimo, en el cual la producción de forraje y la fotosíntesis son máximas. Dicho valor equivale al 95% de la radiación solar interceptada y depende de la especie y pastura en particular, siendo mayor en las gramíneas que en las leguminosas (Carámbula, 2002).

Cuando a una pastura en estado vegetativo se le permite crecer ininterrumpidamente, llega a un punto donde el crecimiento es máximo y posteriormente existe decrecimiento de la producción. Esto ocurre a causa de descomposición y pérdida de material (Carámbula, 2002).

Según Lemaire y Agnusdei (2000), el IAF indica tres variables: la densidad de tallos o macollos, el número de hojas/tallo y el área de cada hoja, pudiéndose simplificar mediante la siguiente ecuación:

$$\text{IAF} = \text{tallos.m}^{-2} \cdot \text{hojas.tallo}^{-1} \cdot \text{área.hoja}^{-1} \text{ (m}^2\text{)}$$

Lo reportado por Lemaire (2015) establece que un mismo valor de IAF en una pastura puede obtenerse mediante diferentes combinaciones de los tres componentes de la ecuación anterior, siendo los mismos el resultado de la actividad morfogenética de la población de tallos.

Las principales respuestas fotomorfogenéticas de las plantas están mediadas por pigmentos fotosensibles: fitocromo (sensible en la porción del Rojo (R) y el Rojo Lejano (RL) del espectro lumínico), criocromo (sensible a la porción Azul) y UVcromo (sensible a los rayos Ultra Violeta). Una baja cantidad de luz y una baja relación R/RL provocan tres respuestas principales en las plantas: aumento de asignación de recursos a la parte aérea (tallo: raíz alta), alargamiento de los órganos ya existentes, reducción del macollaje (Deregibus et al., 1985). Por esta razón, cuando las pasturas acumulan excesivo material y se genera un ambiente sombreado (pasturas cerradas), la estructura de la

cubierta se caracteriza por una baja densidad de macollos de tamaño grande respecto de pasturas mantenidas en un ambiente bien iluminado (Colabelli et al., 1998).

El área foliar y las sustancias de reserva afectan el comportamiento de las diferentes especies de forma determinante. Ambas están íntimamente relacionadas entre sí, ya que la acumulación de sustancias de reservas depende del proceso de fotosíntesis y éste, a su vez, del área foliar de las plantas (Carámbula, 2002).

Según Brougham (1957), el índice de área foliar varía según la época del año, siendo menor en invierno (IAF=3) que en verano (IAF=4.5/5) para pasturas mixtas de gramíneas y leguminosas. Así, el manejo de la pastura en cuanto al IAF remanente dependerá de la estación del año, la composición de especies, del estado fenológico y las condiciones ambientales.

En el verano, debido a las probables condiciones de altas temperaturas y déficit hídricos, el área foliar remanente toma mayor importancia. En dichas circunstancias la planta utiliza cantidades elevadas de reservas debido al gasto que le ocasiona una excesiva respiración. De aquí se desprende que en verano los remanentes tienen que ser apropiados para así tener una mayor superficie fotosintetizante y elevar las cantidades de metabolitos, aún bajo regímenes reducidos de humedad (Carámbula, 2002).

A igual área foliar remanente, las leguminosas interceptan más luz que las gramíneas, debido a la disposición de sus hojas, por lo que se recuperan más fácilmente de una defoliación. Las gramíneas erectas tienen una mayor producción siempre y cuando se dejen más tiempo de descanso que las gramíneas postradas y las leguminosas. Estas últimas presentan rebrotes más rápidos y alcanzan antes el IAF óptimo, con rendimientos inferiores a las gramíneas erectas (Carámbula, 2002).

#### 2.4.7 Parámetros que definen el pastoreo

##### 2.4.7.1. Frecuencia

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

Cuanto mayor es la frecuencia de cosecha, menor es el tiempo de crecimiento entre dos aprovechamientos sucesivos, y por tanto la producción de forraje será más baja. A medida que aumenta la frecuencia de defoliación, las especies presentan progresivamente decrementos en su capacidad para producir forraje (Carámbula, 2002).

La frecuencia de utilización depende de cada especie o de la composición de la pastura y la época del año en que se realice. Sin embargo, lo que determinará la longitud del período de crecimiento será la velocidad de la pastura en alcanzar el volumen adecuado de forraje, lo que está dado por el IAF óptimo. Existen especies con IAF óptimos bajos, lo que posibilita realizar manejos más frecuentes y así obtener un aprovechamiento más intenso como aquellas pasturas dominadas por trébol blanco (IAF=3), mientras que en pasturas dominadas por leguminosas erectas (IAF=5) o gramíneas erectas (IAF=9/10) la frecuencia debe ser menor para un mejor aprovechamiento (Carámbula, 2002).

#### 2.4.7.2. Intensidad

La intensidad de pastoreo se define como la altura del rastrojo al retirar los animales, lo cual afecta el rendimiento de cada defoliación, condiciona el rebrote y por tanto la producción total de forraje (Carámbula, 2002).

Según Langer (1981), una vez que las pasturas alcanzan un área foliar que intercepta casi la totalidad de la luz incidente (IAF crítico) la tasa de crecimiento se hace máxima. Sin embargo el tiempo hasta alcanzar este IAF crítico depende no solo de la época del año, sino y fundamentalmente a la altura a la que la pastura fue previamente pastoreada, es decir, a la intensidad de pastoreo. Así, cuanto más corta es la altura de remanente, mayor es el período de tiempo para alcanzar el IAF crítico.

Es muy importante que el rastrojo que se deje sea eficiente. Para esto, este debe estar formado por hojas nuevas, las cuales son fotosintéticamente más eficientes, con porcentajes mínimos de mortandad.

Cada especie posee una altura mínima a la cual puede dejarse sin condicionar el rebrote posterior. Las especies de hábito de crecimiento postrado admiten alturas menores de defoliación que las especies erectas, aunque estas últimas puedan adquirir cierto hábito rastrojero en respuesta al manejo intenso (Carámbula, 2002).

#### 2.4.7.3. Momento

El momento de pastoreo está determinado por la época del año y el estado de desarrollo en que se encuentra la pastura.

Para realizar un manejo eficiente hay que correlacionar los estados fenológicos de las diferentes especies de las pasturas con la estación del año.

Las especies de ciclo invernal registran su etapa vegetativa en los meses de otoño e invierno, finalizando a fines de invierno principios de

primavera, que es cuando entran en una etapa transitiva que posteriormente se transforma en etapa reproductiva. Mientras tanto, las especies de ciclo estival florecen en los meses de otoño (Carámbula, 2002).

Según Langer (1981), normalmente el crecimiento vegetativo joven de una pastura es de digestibilidad alta, mientras que si se permite alcanzar el estado reproductivo, la misma disminuye notablemente. Esta disminución ocurre por una lignificación progresiva de las paredes celulares, que en las gramíneas ocurre cuando estas comienzan a elongar los tallos florales y es máxima cuando las semillas están madurando.

Para el caso de las gramíneas invernales (*Festuca arundinacea* y *Dactylis glomerata*) de la presente tesis, el buen manejo incluye el control de la floración de forma temprana en la primavera, con el objetivo de impedir que descienda la calidad, enternecer la pastura así obteniendo un mayor porcentaje de digestibilidad. No obstante esto, cualquier intento por mejorar la calidad de forraje en esta etapa, es acompañado siempre por una disminución en la cantidad de forraje producido (Carámbula, 2002).

## 2.5 MORFOLOGÍA DE FORRAJERAS

Según Marchegiani (1985) las plantas forrajeras tienen como particularidad su gran capacidad de rebrotar luego de un corte o pastoreo en el cual se retiró una importante porción de la biomasa aérea.

Luego del corte o pastoreo distintos mecanismos actúan en conjunto o en forma independiente para suministrar energía a las plantas, a partir de reservas acumuladas previamente y/o a partir de área foliar remanente con capacidad de sintetizar energía para el rebrote (Pagliaricci y Sarof, 2008).

Por otra parte, también se caracterizan por poseer puntos de crecimiento alejados del alcance de la boca del animal durante buena parte del ciclo productivo.

Las pasturas son entidades dinámicas en las cuales la producción y pérdida de forraje ocurren en forma simultánea como consecuencia de los procesos de crecimiento y senescencia (Hodgson, citado por Colabelli et al., 1998). Cuantificar los procesos de aparición, expansión y senescencia foliar a nivel de macollos de gramíneas brinda información básica para comprender la dinámica de la producción y pérdida de forraje (Colabelli et al., 1998).

### 2.5.1 Morfogénesis de gramíneas

La unidad morfofisiológica básica de la gramínea es la macolla (Colabelli et al., 1998). Esta se compone de unidades básicas que se conectan

entre sí y se denominan fitómeros, los cuales se originan a partir de yemas axilares y meristemas apicales. Estos se componen por nudos y entrenudos, hojas o primordio foliar cuando el fitómero aún no está desarrollado, yema axilar y un meristema intercalar, encargado de la elongación.

La yema axilar ubicada en la unión de cada hoja con el nudo es capaz de originar a un nuevo tallo o macollo que reitera el crecimiento secuencial de la planta. Los meristemas apicales son menos vulnerables al accionar del pastoreo debido a su ubicación basal en la planta (Formoso, 1996).

Según lo reportado por Langer (1981), las hojas de cada macollo contienen yemas en sus axilas, formándose en determinado momento un complejo entramado de macollos de distinto orden. El macollo principal origina macollos secundarios, éstos terciarios y así sucesivamente. Los macollos que son originados en última instancia son por lo general los de menor tamaño, por lo que no van a comportarse de igual manera frente a una misma condición ambiental.

Chapman, citado por Colabelli et al. (1998), define morfogénesis como aquellos cambios estructurales que se producen a través del desarrollo de un organismo, y puede ser definido a partir de los procesos de formación expansión y muerte de órganos. La formación de hojas involucra tres parámetros morfogenéticos básicos que son:

- Tasa de aparición foliar (TAF): es definido como el intervalo entre la aparición de dos hojas sucesivas y es expresado en días, dado que está estrechamente relacionado con la temperatura, puede ser expresado también como una suma térmica, en este caso se conoce como Filocrono y se expresa en °C/día (Colabelli et al., 1998).
- Tasa de elongación foliar (TEF): la elongación de la hoja es la principal expresión de crecimiento de la misma, esta variable se refiere al crecimiento en longitud de la lámina verde en un intervalo de tiempo o suma térmica (Colabelli et al., 1998).
- Vida media foliar (VMF): es el intervalo transcurrido entre la aparición de una hoja y el comienzo de su senescencia, se expresa en °C/día (Colabelli et al., 1998).

Los parámetros descritos anteriormente están determinados genéticamente, pero son fuertemente controlados por factores ambientales como temperatura, luz y disponibilidad de agua y nutrientes. Dichos parámetros se analizarán brevemente más adelante.

### 2.5.2 Adaptación al pastoreo

La característica principal que determina la adaptación al pastoreo en gramíneas es la posición del ápice del tallo, que queda fuera del alcance del diente del animal. Así, el proceso de formación de hojas no se interrumpe y luego de cada defoliación aparecen hojas nuevas por encima de los restos no defoliados.

Muchas veces el ápice del tallo no escapa del alcance del diente de los animales o es afectado por el pisoteo de los animales por un excesivo pastoreo, o es afectado por insectos. En estos casos una defensa adicional de las gramíneas es la iniciación de nuevos macollos que reemplacen a los dañados, para que esto se de las condiciones para el macollaje deben ser favorables. Esta capacidad se vuelve más importante una vez iniciada la floración, dado que el ápice de tallo se eleva y queda susceptible al pastoreo. La producción de hojas se detiene en los macollos que formaron estructuras reproductivas, pero una vez cortado el ápice de tallo se producirán nuevos macollos (Langer, 1981).

### 2.5.3 Morfogénesis de leguminosas

Las leguminosas de porte erecto como alfalfa, lotus y trébol rojo presentan un crecimiento alternado de hojas en el tallo inicial el cual permanece corto contra el suelo. Luego en las axilas de estas crecen tallos secundarios, así se va dando forma a un órgano llamado corona. La corona constituye el asiento de los meristemas axilares desde los cuales se desarrolla el rebrote luego de un período de stress o luego de un pastoreo (Carámbula, 2002).

Según Langer (1981), el tallo permanece corto hasta que los vástagos florales son producidos, de forma que las hojas se ubican muy próximas unas de otras.

El crecimiento inicial en la estación para estas leguminosas se produce a partir de los meristemas basales de la corona, los rebrotes que se producen luego de un corte se originan a partir de meristemas axilares presentes en los entrenudos del remanente de los tallos pastoreados (Smith, citado por Formoso, 1996).

En el caso de leguminosas de porte rastroso como trébol blanco los meristemas axilares producen tallos que horizontales sobre la superficie del suelo (estolones) o debajo de la misma (rizomas, Carámbula, 2002).

En el caso de trébol blanco los estolones alargan sus entrenudos aún en estado vegetativo, y los meristemas ubicados en sus nudos desarrollan hojas cuyos meristemas axilares pueden originar estolones secundarios o inflorescencias. Cuando los nudos que acompañan a los estolones han

enraizado estos pueden volverse una planta hija totalmente independiente de la planta madre, y se multiplicaran de igual manera. En cambio, si originan inflorescencias no van a poseer raíces; este comportamiento debilita a la planta y la hará menos resistente a sequías (Carámbula, 2002).

#### 2.5.4 Adaptación al pastoreo

El trébol blanco posee una arquitectura considerada ideal para el pastoreo, dado que los estolones permanecen rastreros y por lo tanto todos los meristemas que son el asiento básico del crecimiento se ubican por debajo del horizonte de pastoreo. Por otro lado la disposición de sus hojas también es ideal dado que las hojas más viejas que son las menos eficientes se ubican en el horizonte superior mientras que las más nuevas se ubican más abajo.

En el caso de las leguminosas erectas su adaptación depende de la posición de la corona, si tiene una alta proporción de tallos y yemas axilares al alcance del diente necesitará periodos de recuperación prolongados (Langer, 1981).

#### 2.5.5 Factores que afectan el desarrollo de forrajeras

##### 2.5.5.1. Temperatura

La temperatura es el factor abiótico que mayor influencia tiene sobre los procesos morfogenéticos de las pasturas (Carámbula, 2002). La suma térmica afecta los procesos de formación, expansión y muerte de órganos. Variables como tasa de aparición foliar (TAF), tasa de elongación foliar (TEF) y vida media foliar (VMF) son controladas por la temperatura por lo tanto tienen estrecha relación con la suma térmica acumulada.

La materia verde producida se genera de un equilibrio entre fotosíntesis y respiración, esta última es más sensible a la temperatura, es por esto que la respiración es mayor a altas temperaturas (Baruch y Fisher, 1988). Por lo explicado anteriormente se dice que existe un óptimo térmico característico para cada especie y las tasas de crecimiento disminuyen con temperaturas tanto por encima como por debajo de este óptimo. Para las especies forrajeras de clima templado la temperatura óptima de crecimiento foliar es de entre 15 y 20°C (Carámbula, 1981).

La velocidad de los procesos morfogenéticos es proporcional al incremento de la temperatura, por encima de una base, para el caso de las pasturas templadas se toma como temperatura base 4-5°C. La tasa de aparición de hojas para las gramíneas es el parámetro que está más relacionado a la temperatura, esta puede expresarse como filocrono (°C día). El filocrono es definido como el intervalo de tiempo térmico entre la aparición de

dos hojas y suele ser estable a variaciones ambientales para pasturas vegetativas (Anslow, citado por Colabelli et al., 1998). Sin embargo, condiciones contrastantes y los cambios fisiológicos de las plantas pueden determinar variaciones en este parámetro.

En condiciones controladas se observó que la temperatura óptima para el crecimiento de trébol subterráneo fueron 18° a 21°C mientras que para trébol blanco esta fue entorno a los 24°C.

Para el caso de *Festuca arundinacea* Lemaire (1985) reporta un filocrono de 220 °C día mientras que para *Dactylis glomerata*, Calviere y Duru, citados por Colabelli et al. (1998) estudiaron que el filocrono es de 110°C día. Esto quiere decir que con una temperatura media de 15°C la festuca durará 22 días en desarrollar completamente una hoja mientras que dactylis durará 11 días.

La tasa de elongación foliar (TEF), al igual que la tasa de aparición de hojas aumenta a medida que aumenta la temperatura, la relación entre estas variables es generalmente exponencial. Pearsons, citado por Colabelli et al. (1998) afirma que a una misma temperatura, la extensión foliar es mayor en primavera que la observada en otoño. Este fenómeno está asociado con el desarrollo reproductivo primaveral de las gramíneas templadas y el efecto positivo de esta condición fisiológica sobre el crecimiento aéreo.

Para el caso de la vida media foliar (VMF) la relación con la temperatura es inversa, debido a que como se ha visto el número máximo de hojas por macollo tiende a ser estable, normalmente 3 hojas por macollo, por lo tanto la vida media foliar tiende a ser más corta en periodos de activo crecimiento (Colabelli et al., 1998). Villarreal González et al. (2014) señalan que la ocurrencia de heladas son determinantes de la muerte de hojas, produciéndose así una pérdida de MS cosechable a partir de los 5 cm. de altura. Asimismo, determinaron que es en otoño cuando se acumula mayor cantidad de material muerto en mezclas que contienen *Dactylis glomerata*.

#### 2.5.5.2. Agua

Carámbula (2004), establece que en líneas generales el déficit hídrico tiene los siguientes efectos sobre las pasturas:

- Reducción de la expansión foliar
- Reducción del macollaje
- Aumento en la senescencia foliar y muerte de macollos
- Aumento de la relación raíz/tallo
- Aumento de la exploración radicular

- Disminución de la FBN
- Disminución en la absorción de nutrientes
- Menor tamaño de células

Passioura, citado por Colabelli et al. (1998), afirma que las plantas pueden responder con cambios morfológicos y fisiológicos con el objetivo de reducir la pérdida de agua y aumentar la eficiencia en el uso de la misma.

El déficit hídrico así como la disponibilidad de N tienen un marcado efecto de sobre la demanda de fotoasimilados que tienen las hojas y por lo tanto estos factores tienen un efecto directo sobre la morfogénesis (Durand et al., citados por Nabinger, 1996). En general la deficiencia de agua tiene un efecto directo de reducción en la expansión foliar y la elongación celular, también se ve afectada negativamente la tasa de macollaje. La vida media foliar es otro parámetro que se ve afectado por deficiencias hídricas, se observa una menor cantidad de hojas vivas por macollo por un incremento en la senescencia foliar (Turner y Begg, citados por Colabelli et al., 1998).

Una restricción en el suministro de agua puede a su vez traer aparejado déficit de nutrientes minerales dado que el agua actúa como vehículo de ingreso de los mismos hacia la planta (Lemaire y Agnusdei, 2000).

La falta de agua tiene implicancias diferenciales según las especies que componen la mezcla, algunas especies pueden hacer grandes cambios en la arquitectura del canopeo para reducir el consumo de agua (Gastal y Durand, 2000). La festuca por ejemplo, enrolla sus hojas cuando el contenido de agua en el suelo es bajo, esto disminuye la intercepción de radiación.

Según Li y Peng (2012) el estrés hídrico es la principal limitante de origen abiótico para alcanzar el potencial productivo en trébol blanco. La inhibición de la capacidad fotosintética es citada como la principal consecuencia del bajo aporte de agua en esta especie. La disminución de la capacidad fotosintética está relacionada a una baja conductancia estomática, un descenso en la eficiencia de carboxilación o impedimentos asociados a la inhibición de las reacciones fotoquímicas, causando una baja asimilación neta de CO<sub>2</sub>.

La capacidad de las especies para tolerar déficit hídrico está generalmente relacionada con la capacidad de exploración radicular que tiene la especie. En el cuadro No. 1 se resume información en este sentido de todas las especies que componen la mezcla recabada de diversos autores.

Cuadro No. 1. Profundidad de exploración radicular de distintas especies

Especie	Tipo de suelo	Edad pastura	Exploración radicular	Autor(es)
<i>M. sativa</i>	Vermiculita	2º . año	+ 100cm. prof. total <ul style="list-style-type: none"> <li>● 0-15cm.=60-70%</li> </ul>	Barnes y Sheaffer (1995), Fan et al. (2015).
<i>F. arundinacea</i>	Arcilloso	3er . año	90cm. prof. total <ul style="list-style-type: none"> <li>● 0-30cm.= 84,2%</li> <li>● 75-90cm.= 2,85%</li> </ul>	Cougnon et al. (2013).
<i>D. glomerata</i>	Arenoso	3er . año	32cm. prof. total (medida) <ul style="list-style-type: none"> <li>● 0-8cm. = 75%</li> </ul>	Deru et al. (2012).
<i>T. repens</i>	Arenoso	1er. -2º . año	60cm. prof. total <ul style="list-style-type: none"> <li>● 0-20cm. = 80%</li> </ul>	Nichols et al. (2007).
<i>L. corniculatus</i>	Arenoso	1er . año	40cm. prof. total (medida) <ul style="list-style-type: none"> <li>● 0-10cm. = 46%*</li> <li>● 10-20cm. = 28%*</li> <li>● 20-30cm. = 19%*</li> </ul>	Barnes y Sheaffer (1995), Boldt-Burisch et al. (2015).

La información presentada es evidencia de la capacidad que tiene cada especie para extraer agua del suelo. Como se puede observar en el cuadro No.1 festuca, alfalfa y lotus son las especies que desarrollan sistemas radiculares más profundos. Estas especies por lo tanto deberían ser menos susceptibles al déficit hídrico por la capacidad de explorar volúmenes mayores de suelo. Dactylis y trébol blanco desarrollan sistemas radiculares más superficiales que las especies mencionadas anteriormente, por lo tanto deberían ser las primeras en disminuir su crecimiento ante deficiencias hídricas.

La producción y distribución de materia seca de *Lotus corniculatus* de acuerdo a la disponibilidad hídrica fue analizada por Nabinger (1996), éste estableció que existe una reducción del 69% en la producción de MS total cuando la disponibilidad de agua es del 50% de la capacidad de campo. La deficiencia hídrica afecta tanto el crecimiento aéreo como el crecimiento

radicular, este autor encontró que el área foliar era un 76% menor cuando se sometió a la planta a las condiciones de restricción hídrica.

El crecimiento radicular de esta especie también se ve afectado por condiciones de restricción hídrica pero en menor medida que la parte aérea, Nabinger (1996) estableció que la afección al crecimiento radicular es del 50% aproximadamente, respecto a la parte aérea. Este mecanismo permite a las plantas reducir la pérdida de agua que se da a través del área foliar, y a su vez tratar de alcanzar zonas con mayor disponibilidad hídrica dado que el crecimiento de raíces se ve menos afectado.

Carámbula (2002a), describe que como respuesta a la sequía algunas especies aumentan la exploración radicular en profundidad. Gilgen y Buchmann (2009) señalan que el aumento en la producción de ácido abscísico es el responsable de promover la exploración radicular e inhibir el crecimiento aéreo de las especies.

#### 2.5.5.3. Nutrición mineral

La disponibilidad de nitrógeno tiene poco efecto sobre la TAF, Colabelli et al. (1998) afirman que esta relativa independencia es explicada por la translocación de asimilatos y minerales, y su uso prioritario en la formación de nuevos órganos.

La elongación foliar es la actividad que más se ve afectada frente a diferentes niveles de nitrógeno, a su vez es el componente más importante en el crecimiento aéreo de gramíneas (Gastal y Lemaire, 1988). El nivel de nitrógeno, fósforo y potasio en suelo también tiene un efecto importante sobre el macollaje y sobre la duración del área foliar dado que si el nivel de nutrientes minerales es bajo las hojas envejecen y mueren antes de lo normal (Langer, 1981).

Los tréboles en general poseen una capacidad menor de absorción de nutrientes, dado por una menor capacidad de intercambio catiónico. Esto determina una respuesta diferencial frente a las fertilizaciones que afecta el equilibrio de especies en las pasturas.

#### 2.5.5.4. Intensidad de luz

En la medida que la intensidad de luz disminuye lo hace también en forma considerable la tasa de aparición de hojas, las gramíneas que crecen en un sombreado profundo producen hojas con mayor lentitud que las que crecen en plena luz (Langer, 1981).

El efecto más importante de la intensidad de luz sobre las plantas se

relaciona con la tasa fotosintética. En este punto se pueden diferenciar las gramíneas que son originarias de climas templados de aquellas que están adaptadas a climas más tropicales. Las primeras aumentan su tasa fotosintética a medida que aumenta la intensidad de luz pero se saturan a un nivel medio de intensidad en el cual la tasa fotosintética se hace constante, las gramíneas provenientes de climas subtropicales siguen aumentando su tasa fotosintética a medida que son expuestas a mayores intensidades de luz. Las intensidades de luz a las que son expuestas en verano pueden ser 3 o 4 veces mayores al nivel en el cual se saturan las gramíneas templadas (Langer, 1981).

Las leguminosas son plantas que demandan una gran intensidad de luz, experimentos realizados por Blackman, citado por Langer (1981), sobre una pastura mezcla de gramíneas con trébol blanco demostraron que reduciendo la intensidad de luz en un 40% el trébol era eliminado en gran parte.

Beinhart, citado por Langer (1981), encontró que una de las respuestas más marcadas en trébol blanco cuando se baja la intensidad de luz es una reducción en la formación de estolones a partir de yemas axilares, mientras que la producción de hojas parece ser el parámetro menos afectado.

### 3 MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 CONDICIONES EXPERIMENTALES

##### 3.1.1 Lugar y período experimental

El presente trabajo se realizó en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni (Facultad de Agronomía, Universidad de la República), ubicada en Ruta 3 km. 363, Departamento de Paysandú, en el potrero No. 34 (32°22'31.69" de latitud Sur y 58° 3'45.56" de longitud Oeste), durante el período comprendido entre el 14 de setiembre y el 17 de noviembre del 2015.

##### 3.1.2 Descripción del sitio experimental

Según la Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay, escala 1:1000000 (Altamirano et al., 1976) el área se encuentra sobre la Unidad San Manuel, correspondiente a la formación geológica Fray Bentos. Los suelos dominantes son Brunosoles Eutricos típicos (háplicos), superficiales a moderadamente profundos de textura limo arcillosos (limosas). Los asociados corresponden a Brunosoles Eutricos Lúvicos y Solonetz solodizados melánicos, de texturas limosa y franca respectivamente.

##### 3.1.3 Características agroclimáticas

Las temperaturas medias en Uruguay oscilan entre 16°C para el Sudeste y 19°C para el Norte. Durante el mes más cálido del año (enero) las temperaturas varían entre 22°C y 27°C, mientras que para el mes más frío (julio) éstas están comprendidas entre 11°C y 14°C para las regiones mencionadas (Berreta, citado por Álvarez et al., 2013).

Según datos de la Dirección Nacional de Meteorología registrados para una media histórica 1961-1990 en la estación de Paysandú, la temperatura máxima se da en el mes de enero y es de 31.5°C, mientras que los registros mínimos de temperatura se dan en el mes de junio con 6.9°C.

Las precipitaciones medias para Paysandú en el periodo 1961-1990 durante los meses de primavera según la INUMET fueron 91 mm. en setiembre, 122 mm. en octubre, y 118 mm. en noviembre.

##### 3.1.4 Antecedentes del sitio experimental

Las pasturas estudiadas en este trabajo corresponden a praderas de segundo año que fueron sembradas el 23 de mayo de 2014.

La siembra se hizo sobre praderas viejas que fueron quemadas con 4 l/ha de glifosato aplicados el mes de enero y una segunda quema con 3 l/ha a principios de abril.

Las parcelas fueron sembradas con cuatro mezclas forrajeras, tres variedades de *Festuca arundinacea* (Tuscany II, Brava, Tacuabé), a razón de 15 kg/ha en mezcla con *Trifolium repens* (cv Zapicán) 2 kg/ha y *Lotus corniculatus* (cv INIA San Gabriel) 8 kg/ha, y la cuarta mezcla de *Dactylis glomerata* (cv INIA Perseo) 10 kg/ha con *Medicago sativa* (INIA Chaná) 12 kg/ha.

Con respecto a la fertilización se aplicaron 100 kg/ha a la siembra de un fertilizante binario 7-40-0, y en agosto del mismo año se refertilizó con 100 kg/ha de urea (46-0-0). En el segundo año se aplicaron 100 kg de 7-40-0 en abril y 70 kg de urea (46-0-0) en el mes de mayo.

Para el control de malezas luego de implantada la mezcla se aplicó preside a razón de 400 cc/ha en agosto de 2014 con el objetivo de combatir malezas de hoja ancha.

### 3.1.5 Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar. Se dividió el área del experimento en 16 parcelas, 4 bloques de 1,28 ha, en cada uno de los bloques se ubica una repetición de los tratamientos evaluados. El área de cada una de las 16 parcelas fue de 0,32 ha. Los tratamientos evaluados corresponden a tres variedades de festuca en mezcla con una variedad de trébol blanco y una de *Lotus corniculatus* y el cuarto tratamiento corresponde a una variedad de *Dactylis glomerata* en mezcla con alfalfa. En la figura No. 1 se muestra los bloques y la ubicación de las repeticiones en el potrero No. 34.

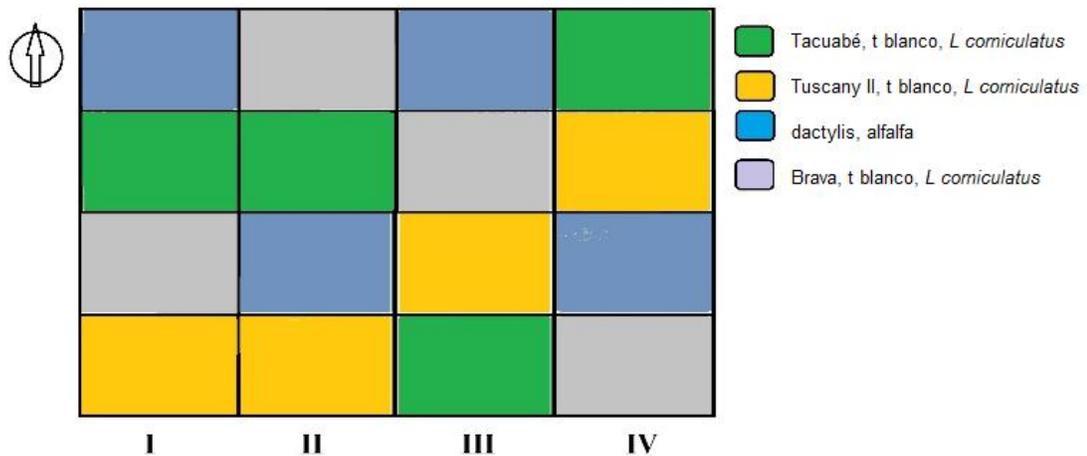


Figura No. 1. Distribución de los bloques y repeticiones del experimento

En la figura No. 2 se muestra la disposición de las subparcelas donde se realizaron los cortes para medición de crecimiento. Estas subparcelas estaban delimitadas con cinta eléctrica para que los animales presentes en las praderas no afecten mediante pastoreo y pisoteo las zonas de corte. Los números representan las semanas de crecimiento que tenía cada franja al momento de ser cortada a 5 cm.

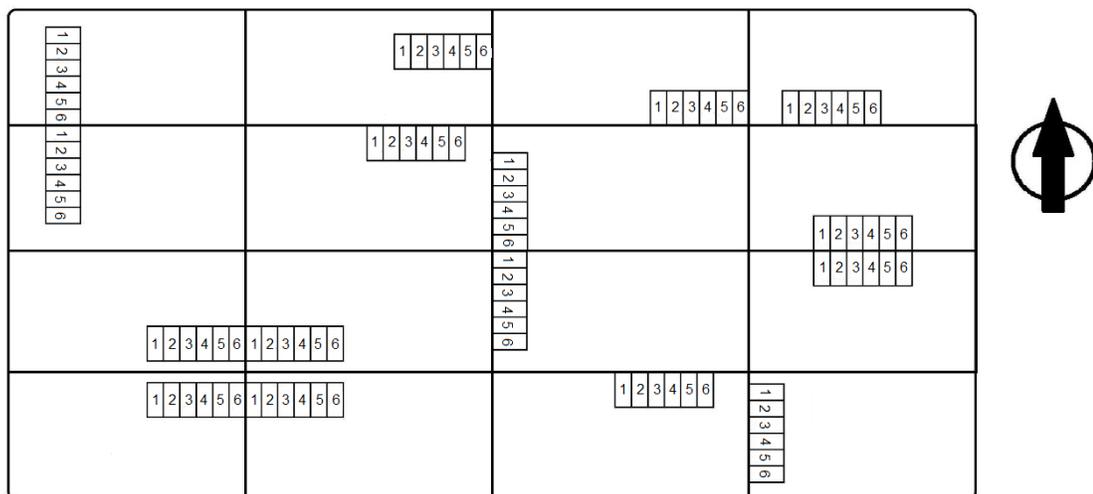


Figura No. 2. Distribución de las subparcelas de corte

## 3.2 DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES

### 3.2.1 Forraje disponible (kg/ha)

La materia seca disponible se determinó como la cantidad de materia seca que hay en la parcela por encima de los 5 cm de altura que es a la que se efectuaron los cortes. Esta medición se realizó semanalmente en cada parcela del experimento durante las 6 semanas que duró el estudio.

En cada una de las 16 parcelas (correspondientes a las 4 repeticiones de cada tratamiento) se delimitó un área dividida en 6 subparcelas iguales de 1.0m\*2.0m, los cuales corresponden cada una a una semana de crecimiento. Esta área fue cerrada con cinta eléctrica para evitar que los novillos que pastoreaban las praderas afecten el crecimiento acumulado de los cortes. Previo al inicio de las mediciones se realizó un corte a 5 cm en todas las subparcelas como punto de partida de la determinación.

El 30 de septiembre se procedió a medir la primera semana de crecimiento. Como se mencionó anteriormente, cada tratamiento consta de un área de 2m<sup>2</sup> que fueron cortados con una máquina cuyo ancho operativo es de 0.5m para determinar el crecimiento por encima de 5 cm de altura. El resto de la subparcela su utilizó para realizar la composición botánica que será explicada posteriormente. A la semana siguiente se realizó el siguiente corte y así sucesivamente hasta llegar a la semana 6. Se procedió a cortar comenzando por un lado elegido al azar y cada semana la parcela inmediatamente contigua a la anterior.

El forraje de cada corte se colocó en bolsas previamente identificadas y fueron llevadas al laboratorio para minimizar posibles errores en la pesada de pasto por viento, mala calibración de la balanza etc., es decir, imprecisiones que pueden ocurrir a nivel de campo. Una vez anotado el peso fresco en la planilla se colocó en una estufa a 60°C durante 48 h y se determinó el peso seco. Con los datos de peso fresco y peso seco, % de MS de las muestras y área cortada se procedió a calcular la disponibilidad de MS en kg/ha.

### 3.2.2 Producción de MS/ha acumulada total

Este parámetro se calcula sumando los pesos de los cortes sobre una misma franja. La suma de estos cortes debe totalizar las 6 semanas de crecimiento, esto no es una acumulación real dado que para que esta exista no debe mediar corte en el periodo. La producción acumulada total nos sirve para evaluar el efecto de los cortes sobre el crecimiento de la pastura ya que se puede comparar con la acumulación real de las franjas cuando no existe el efecto del corte sobre las pasturas.

### 3.2.3 Tasa de crecimiento promedio

La tasa de crecimiento promedio se calculó como la acumulación de MS entre un corte a evaluar, dividido la cantidad de días de crecimiento totales. La cantidad de días se toman desde la realización del corte de todas las parcelas que se marcó como punto de partida para la medición hasta la realización del corte de evaluación de cada subparcela.

### 3.2.4 Tasa de crecimiento instantáneo

La tasa de crecimiento instantánea es el crecimiento que tuvo la pastura en un periodo de tiempo determinado. Se calculó como la acumulación de MS entre el corte a evaluar menos lo acumulado hasta el corte anterior, dividido la cantidad de días transcurridos entre ambos cortes.

### 3.2.5 Composición botánica

Durante tres momentos diferentes a lo largo del período experimental se determinó la composición botánica para conocer la proporción o el peso de cada componente de la planta en el total de la materia seca. Dichos momentos corresponden a los 14, 23 y 51 días de comenzado el experimento.

Como se explicó anteriormente la medición se realizó en el área de 1.0m<sup>2</sup> que se dejaba sin cortar con la máquina. Se utilizó un cuadro de 0.5m x 0.2m se cortó con tijera a una altura de 5cm y el contenido se embolsó y llevó al laboratorio para separar en bandejas diferentes según componentes. Posteriormente se pesaron las mismas determinando así el peso fresco de cada uno.

El cuadro se posicionó en zonas consideradas como representativas del estado actual de las pasturas y los componentes que se contabilizaron fueron los siguientes:

- pecíolo, hoja, inflorescencia (leguminosas)
- lámina, vaina, inflorescencia (gramíneas)

Una vez separado los componentes y pesados se colocaron en las estufas durante aproximadamente 48 h (dependiendo del volumen de la muestra) para luego pesarse en seco una vez alcanzado la temperatura ambiente.

## 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA

En la figura No. 3 se muestran los datos de precipitaciones para el año 2015 así como también un promedio histórico mensual a lo largo de 30 años entre 1961-1990 de la estación meteorológica de Paysandú.

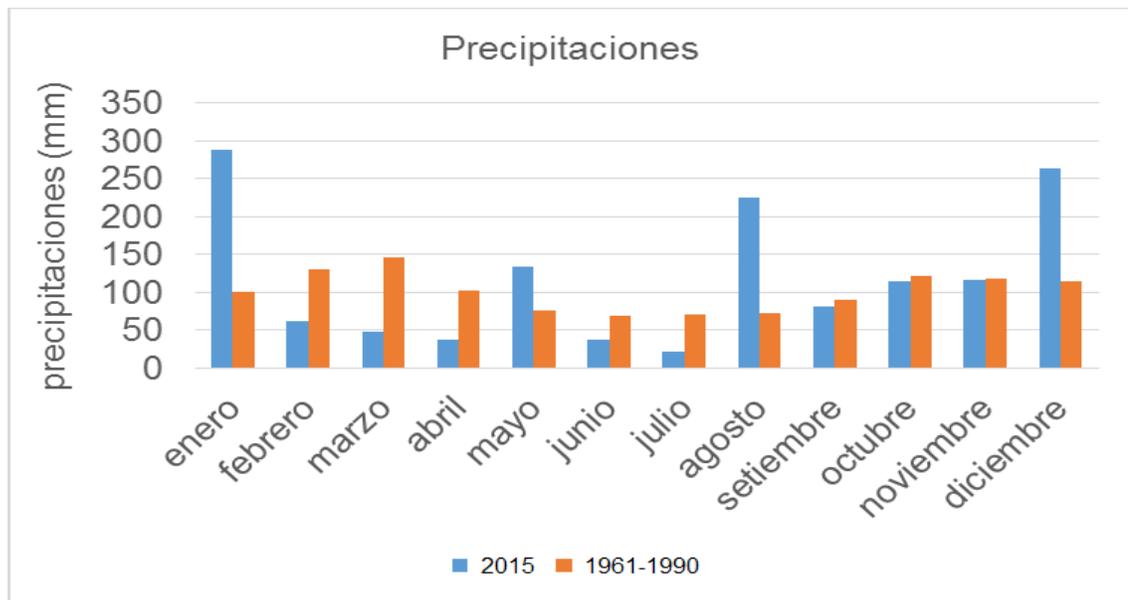


Figura No. 3. Distribución de las precipitaciones (mm) durante el año 2015 y media histórica 1961-1990

Cabe destacar que al analizar las precipitaciones del período setiembre-noviembre que fue cuando se realizó el trabajo de campo se puede ver que las precipitaciones son muy similares a las que se registraron en el promedio histórico. Sin embargo si se analizan los meses previos se observa que se dieron pocos meses con lluvias por encima del promedio y varios meses con déficit hídricos severos. Este comportamiento trajo aparejado serias dificultades para el crecimiento de las pasturas durante el período otoñal.

La media de precipitaciones en Paysandú para el período 1961-1990 fue de 1218 mm anuales, mientras que en el año 2015 se registraron precipitaciones por 1461 mm. Como se mencionó anteriormente la distribución de las lluvias se dio de manera muy irregular, por lo tanto a pesar de que se dieron lluvias por encima del promedio estas no se lograron capitalizar dada la capacidad limitada del suelo de retener agua de lluvia.

De las mezclas evaluadas es de suponer que FBL haya sido más

afectada por el déficit hídrico, dado que el trébol blanco es la especie potencialmente más afectada por las condiciones de sequía dado su escaso desarrollo radicular (Carámbula, 2002).

En la figura No. 4 se presentan los datos de temperatura máxima, mínima y promedio de Paysandú para el año 2015, también se presenta la temperatura media para una serie histórica 1961-1990 para la misma localidad.

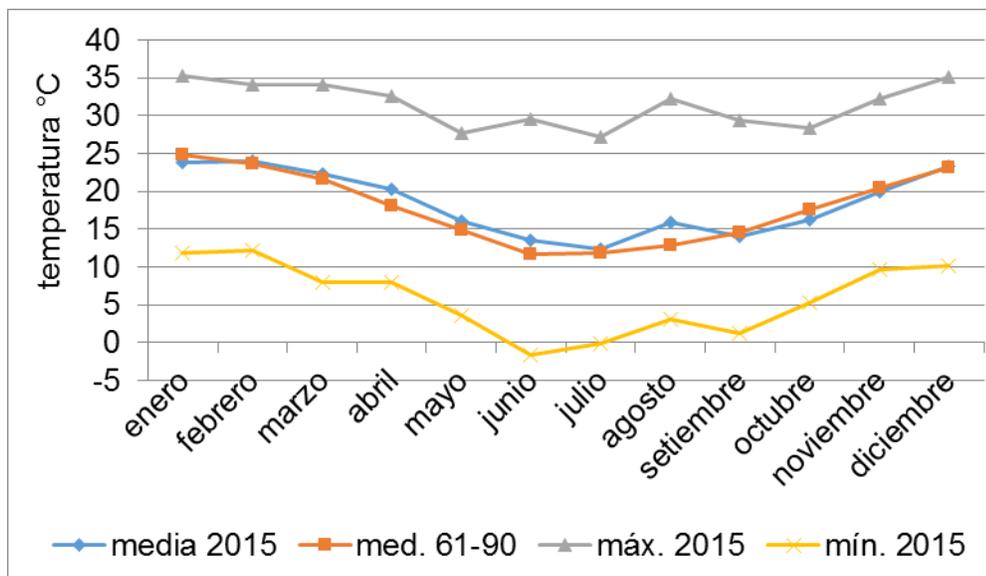


Figura No. 4. Temperaturas (°C) máxima, mínima, media 2015 y media histórica 1961-1990

A partir de los datos de precipitaciones y de temperaturas durante el período estudiado se puede observar que durante la primavera de 2015 se dieron condiciones óptimas para el desarrollo de las especies en estudio.

Según Carámbula (2002), el rango óptimo para el desarrollo de las especies C3 que componen las mezclas *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens*, *Dactylis glomerata*, *Lotus corniculatus* y *Medicago sativa* es de 15 a 20°C. Se puede observar que durante el período experimental las temperaturas se encontraban dentro del rango para un óptimo desarrollo.

#### 4.2 PRODUCCIÓN DE FORRAJE SEGÚN TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN

En la figura No. 4 se puede observar que las temperaturas medias durante el período previo al inicio del experimento (otoño-invierno) fueron superiores a las registradas en la serie histórica 1961-1990. Estas diferencias de hasta 3°C podrían haber significado un mayor crecimiento de todas las

especies que componen la mezcla dada las condiciones de temperatura más adecuadas. Esto no fue así dado que se dieron condiciones de disponibilidad hídrica muy adversas durante el mismo período. Durante el otoño-invierno las lluvias fueron por debajo de lo normal, esto condiciona el crecimiento de las especies durante la estación y compromete la supervivencia de plantas para la primavera.

Los datos que se tienen de las praderas en estudio del período estivo-otoñal corresponden a los reportados por Antonaccio et al.<sup>2</sup> (enero a abril) del año 2015. En comunicación personal con los autores, los mismos facilitaron una breve descripción de las características climáticas ocurridas en dicho período, así como el estado general de las pasturas en cuestión.

Durante el primer período de pastoreo (7/1 al 4/3) las pasturas lograron desarrollar una buena performance gracias a las precipitaciones abundantes ocurridas en el mes de enero, en el que se registró una precipitación de 288 mm. A partir de aquí las precipitaciones hasta el mes de abril fueron inferiores al promedio de la serie 1961-1990 lo que sumado a altas cargas haya provocado un aumento en la intensidad de pastoreo y por ende existan muerte de plantas que son ocupadas por malezas a su vez que aumenta la proporción de restos secos.

Durante el segundo período de pastoreo (5/3 al 9/4) las precipitaciones se hicieron cada vez más restrictivas ocasionando producciones muy bajas de MS, lo que sumado al aumento de restos secos y enmalezamiento determinaron que los animales tuvieran que ser retirados antes de tiempo (9/4).

Como se ha reportado en la revisión bibliográfica por Gastal y Lemaire (2015) en una pastura en estado vegetativo, los componentes del crecimiento determinados por la morfogénesis de hojas y macollas están genéticamente determinados y a su vez influenciados por variables ambientales como temperatura, estatus hídrico y disponibilidad de nutrientes. A su vez, a través de la defoliación se inducen cambios en la intercepción y calidad de la luz. Como fue comentado anteriormente Antonaccio et al.<sup>2</sup> tuvieron que retirar el ganado antes de tiempo porque las tasas de crecimiento de las mismas no soportaban la capacidad de carga de la pastura, lo cual se atribuye a la falta de agua en el suelo.

En lo que respecta a la estación invernal, las precipitaciones registradas por la estación experimental en los meses de junio y julio para las pasturas que se estudian en el presente trabajo, estuvieron muy por debajo de la serie

---

<sup>2</sup> Antonaccio Guedes, M. A.; Mailhos Algorta, M.; Zerbino Méndez, J. C. 2016. Com. personal.

histórica 2002-2014.

Según lo reportado por Mocchi y Regueiro<sup>3</sup> los 116 mm acaecidos en los primeros días de mayo permitieron que el perfil se recargue de agua, pero de este momento hasta mediados de julio (fecha cúlmine de su período de estudio) el contenido hídrico desciende sin recuperación. Es posible a partir de lo reportado en meses anteriores inferir que las pasturas hayan resentido su producción por probables pérdida de plantas y/o pérdida de productividad tanto en la parte aérea como radicular.

En la figura No. 5 se analiza la producción de materia seca en cada semana de crecimiento para un promedio de las diferentes mezclas estudiadas junto con la precipitación ocurrida en el período en estudio. Como se puede observar, el nivel de precipitaciones a diferencia de períodos anteriores no fue para nada restrictivo, existiendo del 23 de septiembre al 11 de noviembre un total de 238 mm distribuidos de manera bastante homogénea.

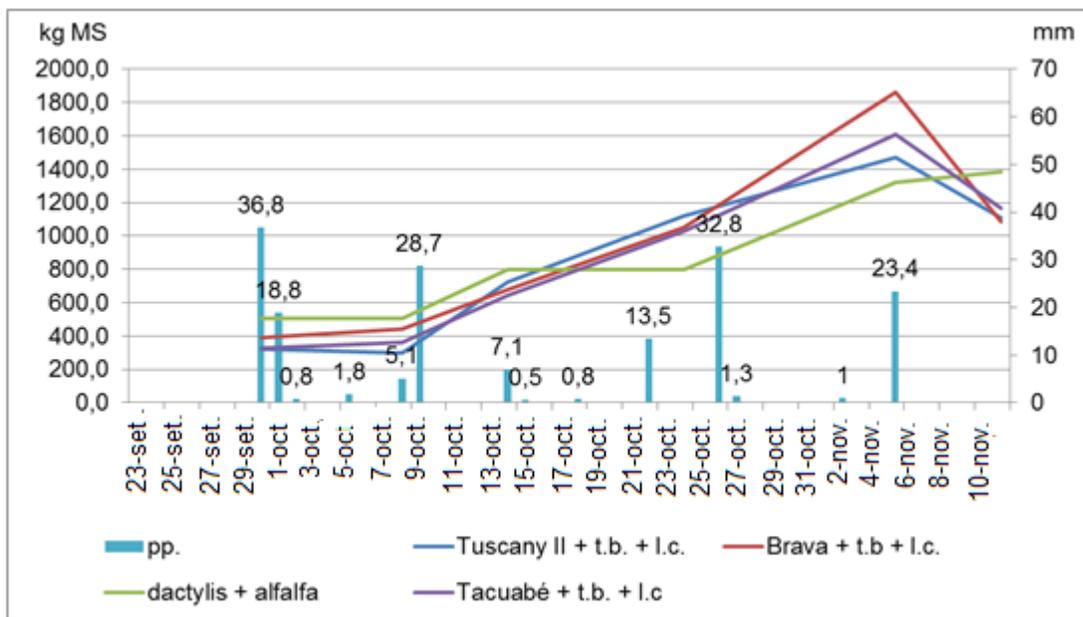


Figura No. 5. Distribución de las precipitaciones (mm) y acumulación de MS (kg/ha) durante el período de estudio para las distintas mezclas

El nivel de precipitaciones registrados en las 6 semanas que duró el estudio fue similar al de la serie histórica, con este nivel de precipitaciones es

<sup>3</sup> Mocchi Cavelli, G.; Regueiro Candia, S. s.f. Evaluación del crecimiento de dos mezclas forrajeras en el período otoño invernal. (en prensa).

de suponer que no hayan existido limitaciones hídricas para el crecimiento vegetal dado que el perfil de suelo debería haberse mantenido con suficiente contenido de agua. Se debe tener en cuenta que la máxima capacidad de almacenar agua disponible en el suelo para la unidad San Manuel difiere entre autores, siendo según Arce et al. (2013) de 77,5mm mientras que para Álvarez et al. (1990) es de unos 117,3mm.

Con fin de seguir analizando las variables climáticas que están afectando la producción es que a continuación se analiza la variación diaria de la temperatura durante el período en estudio y la producción de forraje en base seca.

Como fue comentado anteriormente, el rango de temperatura óptima para las especies que componen la mezcla es de 15-20 °C. Al descomponer las medias correspondientes a los meses comprendidos en el estudio se puede observar como hay días que se registran temperaturas inferiores a dicho rango que podrían estar explicando la menor producción en este momento. Un claro ejemplo de este comportamiento puede observarse entre la semana 1 y 2, en la cual casi no se registraron aumentos en la acumulación de materia seca.

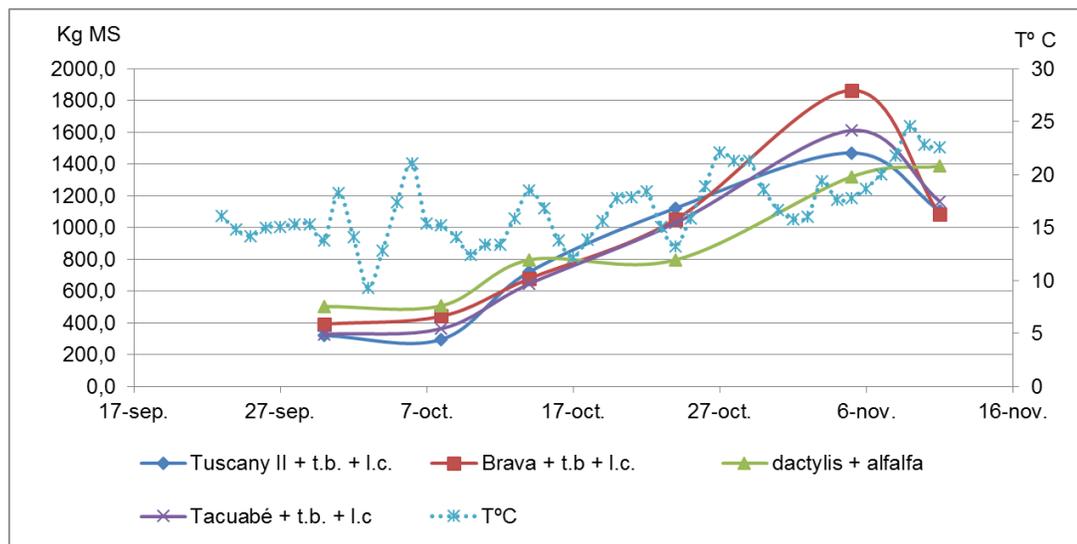


Figura No. 6. Temperatura media (°C) para el período de estudio, y acumulación de MS (kg/ha)

La temperatura y la radiación son los principales factores ambientales no controlables que definen el crecimiento estacional de una pastura, siendo la temperatura el factor considerado como determinante de la tasa de crecimiento de la biomasa aérea (Guillet et al., citados por Azanza et al., 2004). Se puede observar en el gráfico un progresivo aumento de la temperatura diaria a medida que avanza la estación de crecimiento, lo cual determina junto con otros

factores (agua, nutrientes, calidad de la luz) la curva de acumulación de biomasa.

Existe otra hipótesis que puede explicar que entre la semana uno y dos no se observan aumentos en acumulación de biomasa y es que la pastura probablemente estuviera resentida por las condiciones climáticas ocurridas durante el período otoño-invernal, mostrando una clara recuperación en las semanas siguientes.

De esta manera se puede concluir que ambas variables climáticas (temperatura y precipitaciones) han sido propicias para la producción y persistencia de los diferentes componentes de las mezclas estudiadas al menos en el período considerado. En cuanto a la persistencia, las especies de las mezclas más sensibles al déficit hídrico *Dactylis glomerata* y *Trifolium repens* presentaron un muy buen stand de plantas a pesar de las condiciones hídricas desfavorables acontecidas en el período invernal.

#### 4.3 PRODUCCIÓN DE FORRAJE Y TASA DE CRECIMIENTO

En las figuras No. 7, No. 8, No. 9 y No. 10 se muestran las producciones de MS de cada una de las 4 mezclas forrajeras del presente estudio según los días de crecimiento que tengan al momento de corte.

También se colocó en los gráficos con referencia al segundo eje las tasas de crecimiento instantánea y promedio para cada mezcla. Se puede observar que la tasa de crecimiento aumenta al aumentar las semanas de acumulación, esto es explicado por varios factores, pero el más importante es el IAF que cuanto más semanas de crecimiento tiene la pastura mayor intercepción de luz por parte de las hojas y por lo tanto se producen más fotoasimilados que permiten aumentar la tasa de crecimiento.

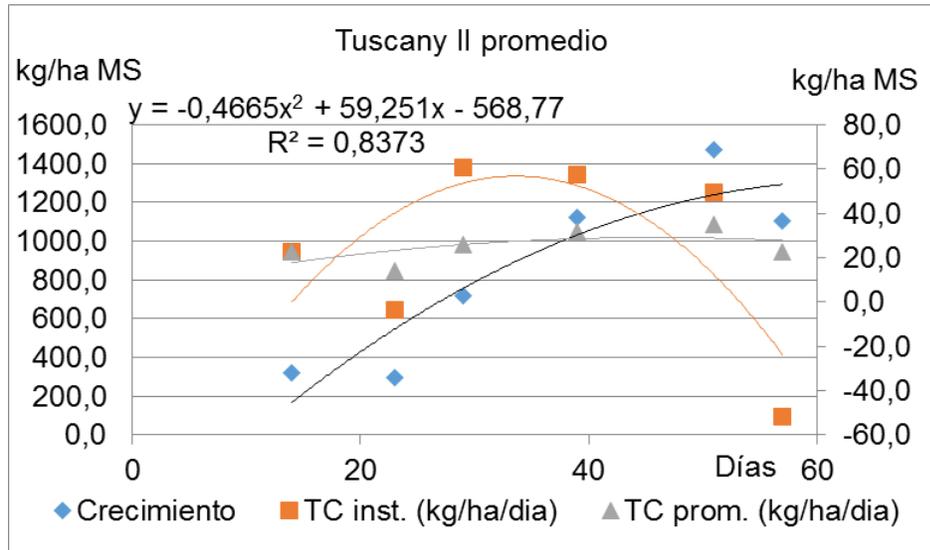


Figura No. 7. Acumulación de MS (kg/ha) según días al corte, tasa de crecimiento promedio y tasa de crecimiento instantánea, para mezcla de *Festuca arundinacea* cv. Tuscany II, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*

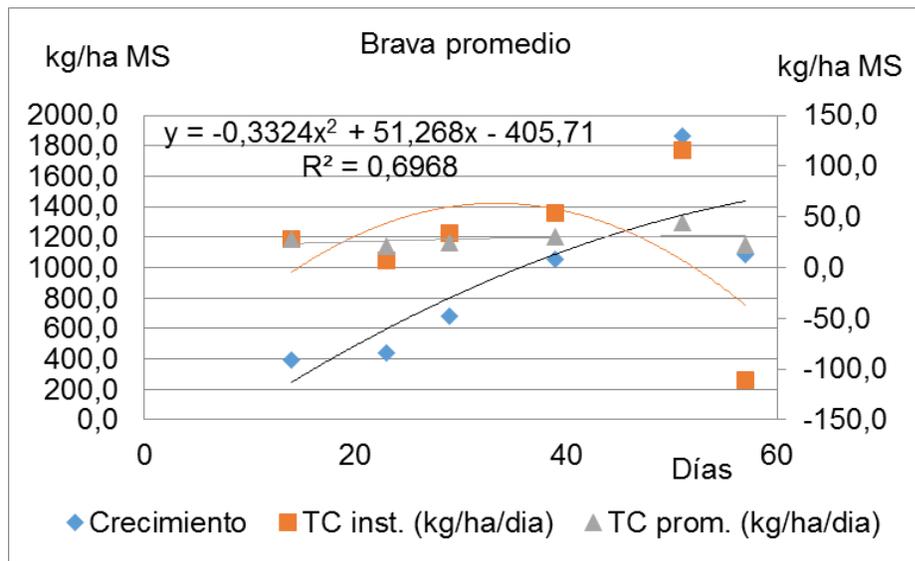


Figura No. 8. Acumulación de MS (kg/ha) según días al corte, tasa de crecimiento promedio y tasa de crecimiento instantánea, para mezcla de *Festuca arundinacea* cv. Brava, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*

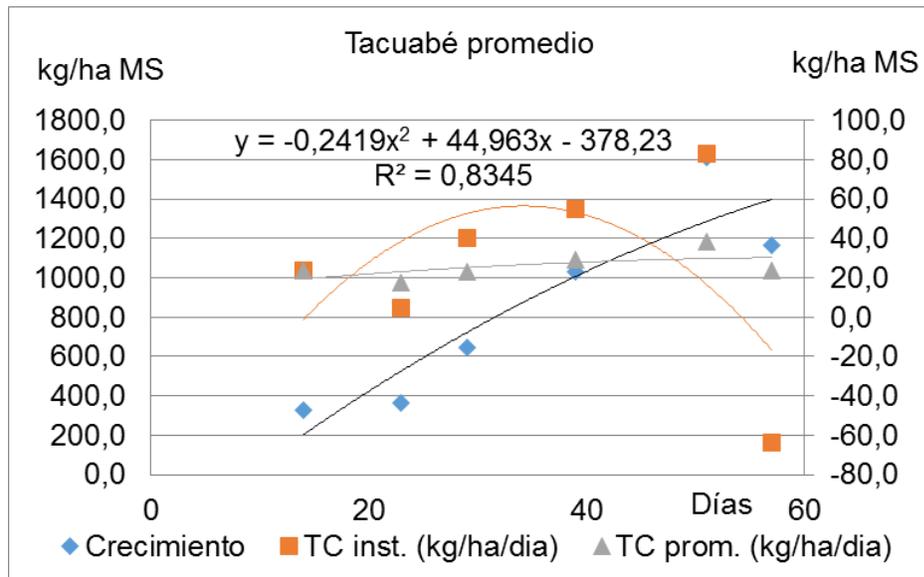


Figura No. 9. Acumulación de MS (kg/ha) según días al corte, tasa de crecimiento promedio y tasa de crecimiento instantánea, para mezcla de *Festuca arundinacea* cv. Tacuabé, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*

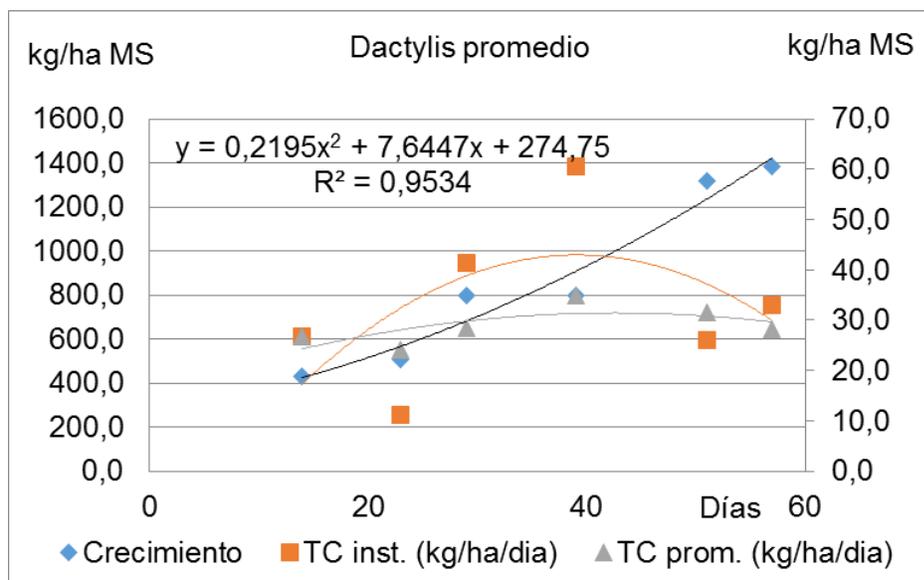


Figura No. 10. Acumulación de MS (kg/ha) según días al corte, tasa de crecimiento promedio y tasa de crecimiento instantánea, para mezcla de *Dactylis glomerata* y *Medicago sativa*

Como se puede observar en los gráficos a medida que se dejan pasar más días para realizar el corte se logra mayor acumulación de MS total, esto no solo es consecuencia del mayor tiempo de acumulación, sino que también se logran mayores tasas de crecimiento instantánea y promedio.

Las curvas de tasa de crecimiento instantánea tienen una forma parabólica característica. Esto según Lemaire et al. (2011) se da porque luego de cada defoliación los niveles de fotosíntesis caen a niveles residuales ya que dependen de hojas viejas que han crecido a la sombra y tienen por lo tanto menor capacidad fotosintética. La expansión de nuevas hojas depende también de la removilización de reservas de carbohidratos y proteínas que es un proceso lento. Otro factor que podría explicar la baja tasa de crecimiento luego de una defoliación es la baja capacidad de las hojas defoliadas para generar presión hidrostática y absorber agua del suelo (Brougham, 1957). La fotosíntesis comienza a incrementarse a medida que aparece nueva área foliar de alta capacidad fotosintética, esta nueva área foliar más eficiente hace que las tasas de crecimiento aumenten hasta llegar a un máximo.

La segunda fase del crecimiento vegetal se da a tasas de crecimiento máximas, pero estas no son crecientes debido a la competencia intra e inter específica por recursos. En situaciones nutricionales no limitantes el factor de competencia es principalmente la luz. Esta competencia se da desde la fase uno de desarrollo pero se va incrementando hasta hacerse máximo cuando se alcanza a interceptar el 95% de radiación incidente. Otro factor que Brougham (1957) describe como importante es la descomposición vegetal, este factor comienza durante esta etapa y se va incrementando hasta hacerse máximo en la etapa 3 de crecimiento.

En la etapa 3 de crecimiento vegetal el potencial fotosintético comienza a descender dado que se incrementan las pérdidas por respiración y como se dijo anteriormente se da un aumento de la senescencia y descomposición foliar. La curva de acumulación de MS en esta etapa entra en un plateau dado que el crecimiento iguala a la senescencia.

El rango donde la tasa de crecimiento instantánea se hace máximo para luego comenzar a descender y corta la línea de tasa de crecimiento promedio se considera el IAF óptimo donde debería pastorear la mezcla para obtener la máxima producción de forraje promedio por unidad de tiempo (Lemaire et al., 2011). Este punto es alcanzado para todas las mezclas de festuca, blanco y lotus entorno a los 40 a 50 días de crecimiento, esto es lógico debido a los componentes de la mezcla, principalmente trébol blanco cuyo IAF óptimo es 3. Para la mezcla de dactylis y alfalfa no se alcanza el IAF óptimo aun con 60 días de crecimiento debido a que la alfalfa tiene un IAF óptimo mucho mayor a TB, este es de 7 (Carámbula, 2002). De esto se desprende que con las mezclas dominadas por tréboles es posible realizar un aprovechamiento más intenso con defoliaciones más frecuentes que en pasturas dominadas por leguminosas y/o gramíneas erectas, las cuales se va a demorar más tiempo en alcanzar el valor de IAF óptimo (Brougham, citado por Carámbula, 2002).

Puede verse como la curva de acumulación de MS para todas las mezclas de festuca, t. blanco y lotus comienza a entrar en un plateau (etapa 3) luego de los 45 días, esto se debe a que ya se alcanzó el IAF óptimo, a partir de este momento se sigue acumulando MS pero a menores tasas debido a que aumenta mucho la senescencia y la fotorrespiración (Colabelli et al., 1998).

En la figura No. 10 de dactylis y alfalfa se puede observar que a diferencia de las mezclas de FBL la curva de acumulación de forraje no llega a un plateau (etapa tres) y tampoco se dio el cruce entre las curvas de tasa de crecimiento promedio y tasa de crecimiento semanal. Esto puede explicarse porque no se llega al IAF óptimo para el corte del forraje en el período de duración de este trabajo (57 días). Según Carámbula (2002) la alfalfa tiene un IAF óptimo de 7, mientras que el trébol blanco tiene un óptimo de 3. Esta característica de la alfalfa hace que la máxima tasa de crecimiento de esta mezcla se alcance en un período de acumulación que excede los 60 días.

No se encontraron diferencias significativas de producción entre las distintas mezclas con variedades de festuca así como para la mezcla de dactylis y alfalfa. Este resultado se mantuvo para todas las fechas de corte, es decir que para todos los periodos de acumulación estudiados el resultado de rendimiento fue estadísticamente igual entre las mezclas.

La razón por la cual no se encontraron diferencias en la producción de MS entre las mezclas es atribuida a la ausencia de estrés durante el periodo de estudio, esto permitió que todas las mezclas rindieran de acuerdo a su potencial de crecimiento.

#### 4.4 PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA RESPECTO A ACUMULACIÓN TÉRMICA

Como se puede observar en las figuras, tanto para las distintas mezclas de FBL así como para la de DA, la acumulación de MS está positivamente relacionada con la suma térmica acumulada. Para todos los casos se puede afirmar que el modelo es buen predictor dado que el  $R^2$  es alto, por lo tanto, se puede concluir que en gran medida la acumulación de MS es explicada por la suma térmica.

Como se ha visto anteriormente existe una relación positiva entre la temperatura y la acumulación de MS. Con los registros diarios de temperatura máxima y mínima, se calculó la suma térmica con base 5°C.

La gran dispersión de los puntos se da por un efecto de los bloques que tienen distinto potencial productivo, por fertilidad natural, o mejores condiciones para el crecimiento de estas especies. Por lo tanto, las parcelas de los bloques

con mayor potencial siempre van a tener mayor acumulación de MS que aquellas con menor potencial de producción. Cuando se analiza el  $R^2$  de las regresiones sin considerar los bloques estos son de 0,35 a 0,65, en cambio cuando en infostat se incluye el efecto bloque se obtienen  $R^2$  de 0,76 a 0,86, estos son mucho más cercanos a 1, lo cual quiere decir que para el caso de la mezcla de festuca Tacuabé, trébol blanco y *Lotus corniculatus* un 86% de la acumulación de MS está positivamente relacionada con la acumulación térmica.

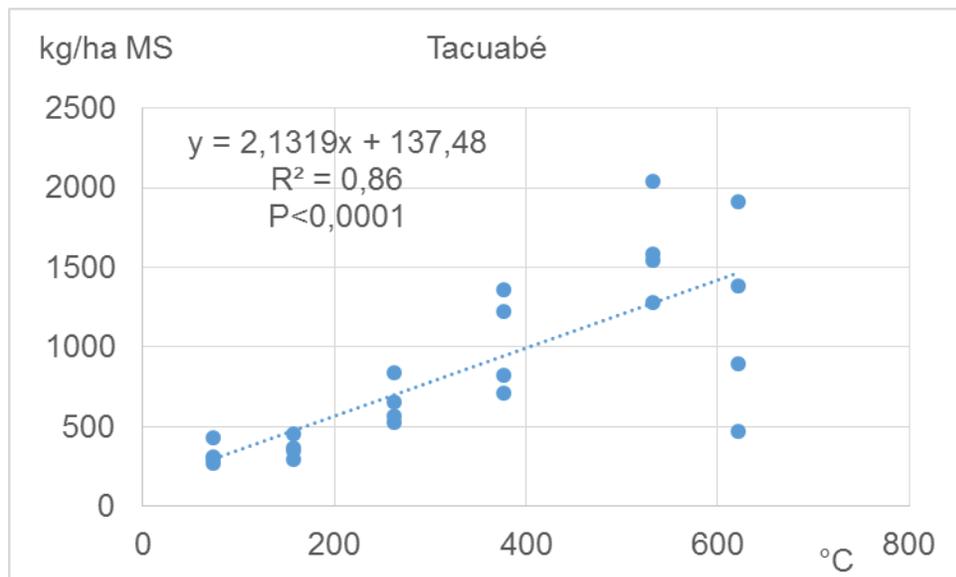


Figura No. 11. Producción de MS de festuca Tacuabé en función de la temperatura acumulada

La regresión para mezcla de festuca Tacuabé, trébol blanco y lotus fue la que obtuvo el  $R^2$  más alto, esto quiere decir que un 86% del crecimiento de MS es explicado por la acumulación térmica, el 14% restante se debe a otros factores. Del gráfico se desprende que por cada grado día acumulado, la producción de MS incrementa su valor en 2,1319 kg/ha.

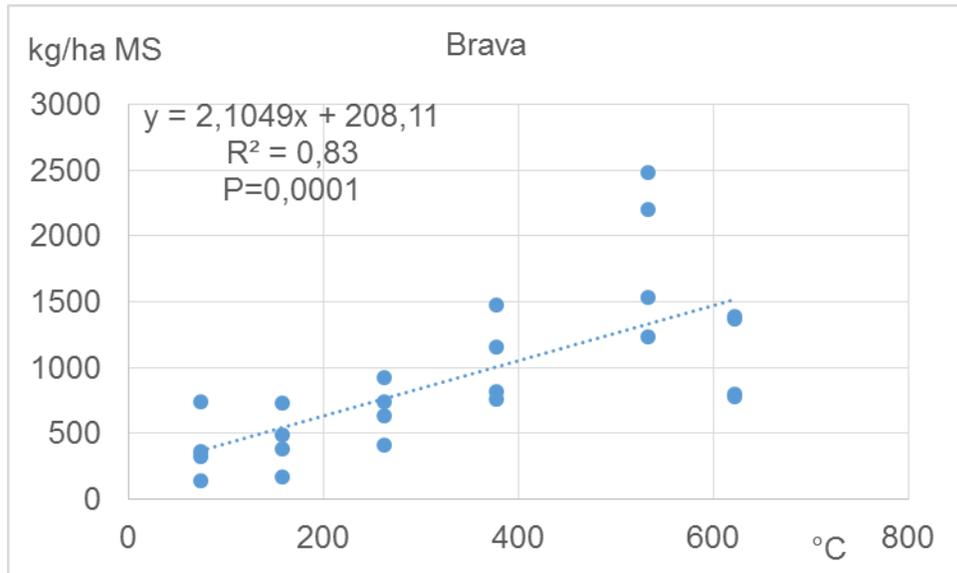


Figura No. 12. Producción de MS de festuca Brava en función de la temperatura acumulada

Para el caso de la mezcla de festuca Brava, blanco y lotus, el modelo se ajustó en buena medida dado que arrojó un  $R^2$  de 0,83.

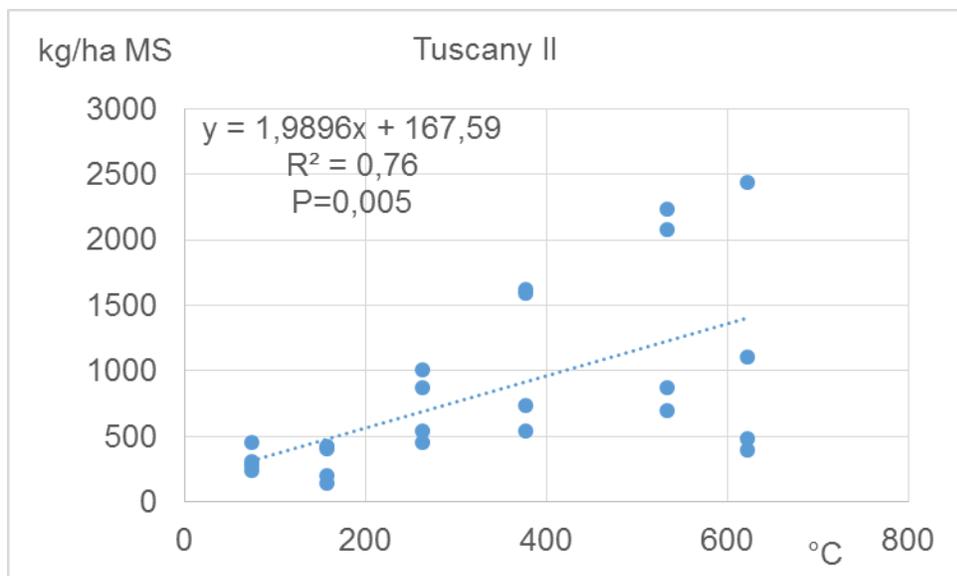


Figura No. 13. Producción de MS de festuca Tuscany II en función de la temperatura acumulada

La mezcla que incluía festuca Tuscany II es la que arrojó el menor  $R^2$ , esto significa que esta es la mezcla en la cual ambas variables estuvieron menos relacionadas, igualmente cabe destacar que la relación entre ambas fue

bastante alta.

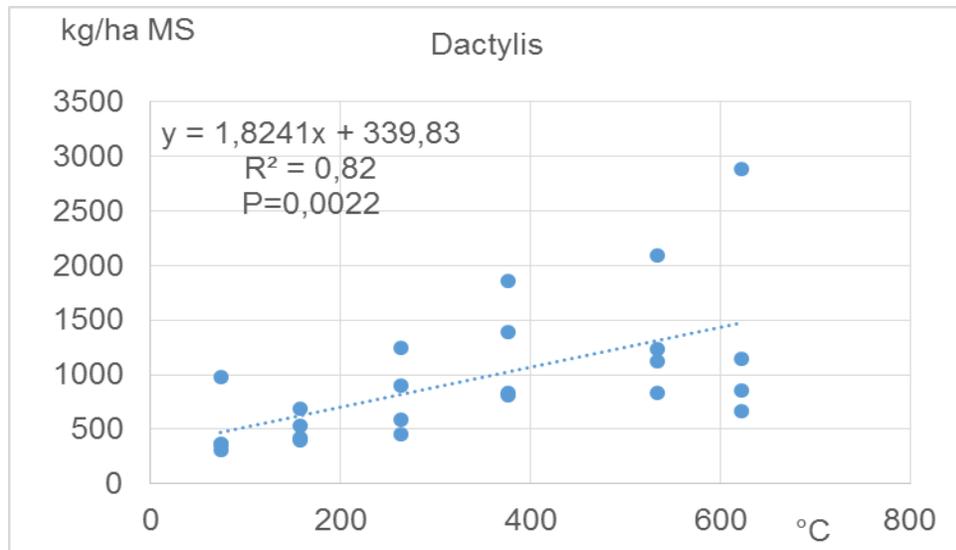


Figura No. 14. Producción de MS de *Dactylis glomerata* en función de la temperatura acumulada

Para el caso de la mezcla de DA se obtuvo un  $R^2$  de 0,82, muy similar a los obtenidos en las mezclas de festuca, por lo tanto, se dice que para el caso de dactylis y alfalfa la producción de forraje también está directamente relacionada y de manera positiva con la suma térmica acumulada.

En todos los tratamientos se obtuvo un  $P < 0,01$ , este valor indica que los resultados son muy significativos aun con un nivel muy estricto de tolerancia del 1%. Esto quiere decir que existe una probabilidad menor al 1% de que el R obtenido en cada uno de los tratamientos esté influenciado por el azar. Estos resultados permiten corroborar la hipótesis que existe una relación positiva entre acumulación térmica y crecimiento de MS.

#### 4.5 PRODUCCIÓN ACUMULADA DE MS

En la figura No. 15 se muestra el resultado promedio de la producción para varias acumulaciones de MS. Todas las columnas suman 57 días de crecimiento total con la diferencia que algunas fueron cortadas en distintos momentos como está indicado en la referencia y se sumó la MS de los cortes, o se dejó crecer todo el periodo y recién al final se cortó y pesó.

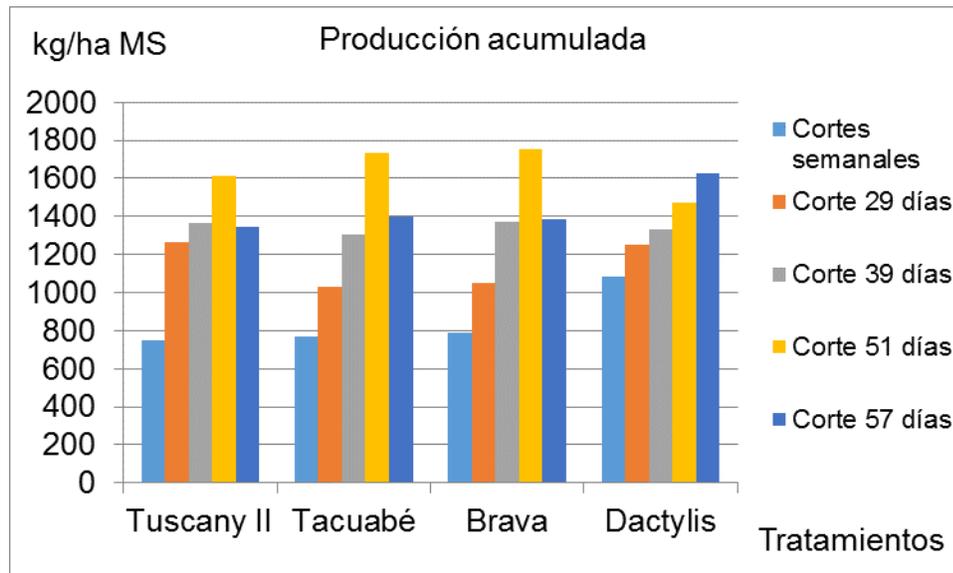


Figura No. 15. Producción acumulada de MS (kg/ha)

Se puede observar en el gráfico una clara tendencia en todos los tratamientos que mayor tiempo entre los cortes redundaría en una mayor producción de materia seca total hasta un óptimo donde el acumulado comienza a descender. No se encontraron diferencias significativas entre las distintas mezclas para una misma acumulación. Este resultado coincide con lo reportado por Carámbula (2002), que expresa que al aumentar la frecuencia de defoliación, las especies presentan progresivamente decrementos en su capacidad para producir forraje.

A mayor cantidad de días de descanso se logra mayores tasas de crecimiento hasta un óptimo a partir del cual la tasa de crecimiento disminuye y las pérdidas por senescencia y fotorrespiración aumentan hasta que el crecimiento neto es nulo.

Los resultados de acumulación de MS siguen la tendencia de las curvas de acumulación real donde se vio que el IAF óptimo para cosechar el forraje para todas las mezclas de festuca, t. blanco y lotus se daba con 51 días de crecimiento. Los resultados de acumulación son coincidentes dado que cuando se hace un solo corte de la pastura a los 57 días aumentan las pérdidas por senescencia y se logra menor acumulación total respecto a dejar acumular biomasa 51 días y sumarle el corte de una semana de crecimiento.

Como fue explicado en el párrafo anterior, cuando se logran 57 días de crecimiento, mediando con un corte a los 51 días, se da la máxima acumulación de biomasa para todos los tratamientos. Cuando se analiza la composición de esta acumulación de los cortes se observa que la mayor parte está aportada por

el crecimiento que se dio hasta el primer corte. La MS acumulada en el segundo corte aporta el 10% en Tuscany II, 7% en Tacuabé, 6% Brava y 10% dactylis. Estos porcentajes son poco significativos al acumulado total debido a que luego de un corte la tasa de crecimiento instantánea es muy baja por una suma de factores, entre ellos el depender de removilización de reservas para el rebrote (Brougham, 1957), y también depender del área foliar que creció a la sombra y por lo tanto es poco eficiente para la realización de fotosíntesis (Nabinger, 1996).

Los resultados obtenidos se explican porque como se mencionó anteriormente entre los 40 a 50 días de crecimiento se llega al IAF óptimo para las mezclas de FBL. Cuando se pasa a 57 días de crecimiento sin corte, la senescencia y pérdidas por fotorrespiración comienzan a ser significativas, y la acumulación neta de esa semana seguramente fue muy baja. A medida que el IAF aumenta, crece la interceptación de luz por parte de las hojas hasta llegar al IAF óptimo mencionado antes, en el que la fotosíntesis y la producción de forraje verde son máximos. Tal como se mencionó, este valor depende de cada especie y pastura en particular, siendo mayor en las gramíneas que en las leguminosas (Carámbula, 2002). Brown y Blaser, citados por Carámbula (2002) sostienen que existen ciertas especies como la alfalfa, en el cual el crecimiento se mantiene alto durante un lapso importante de tiempo sin que luego se produzca una reducción como ocurre en la mayoría de los casos.

Si se toma la tendencia de las gráficas se puede ver que la mayor acumulación de MS se obtiene al dejar crecer la pastura durante varias semanas frente a las sumas de los cortes. Este resultado sigue la tendencia de las curvas teóricas de crecimiento.

A medida que el IAF aumenta, menor va a ser la luz que llega al suelo (no interceptada) y mayor la tasa de crecimiento. Cuando prácticamente toda la luz es interceptada (95%) la tasa de crecimiento se hace máxima y se llega al IAF óptimo. Cuando la pastura se deja crecer con exclusión de pastoreo o sin mediación de cortes como en este caso, el IAF óptimo es superado y las hojas basales no reciben suficiente luz por efecto del sombreado dejando así material senescente de baja calidad. Por otro lado, condiciones de sobrepastoreo o cortes muy frecuentes significarán rebrotes lentos, con agotamiento de la planta y menor producción de forraje (Bavera y Beguet, 2001).

Las mezclas están compuestas por diferentes especies de diferentes familias, y no todas se comportan de igual forma frente a manejos en la defoliación debido a la diferente disposición de los meristemas refoliadores y ubicación de las reservas.

#### 4.6 COMPOSICIÓN GRAVIMÉTRICA

Dependiendo de la intensidad y frecuencia con que se manejan los cortes o pastoreos, se puede modificar la composición de la mezcla a favor de gramíneas o leguminosas, generando un desequilibrio que lleve a una menor producción de materia seca (Carámbula, 2002).

La composición botánica depende además de otros factores como son enfermedades, plagas, malezas, competencia entre especies de la mezcla, déficit y excesos hídricos, heladas, etc. que determinan mayor o menor persistencia o productividad de la/las especies.

En las figuras No. 16 y No. 17 se puede observar la composición gravimétrica de las mezclas para las fechas de corte en las que se hizo esta separación. Tanto en las mezclas de festuca, trébol blanco y lotus como la de dactylis y alfalfa, la composición gravimétrica y la composición botánica es similar cuando se toma como referencia la misma fecha de corte.

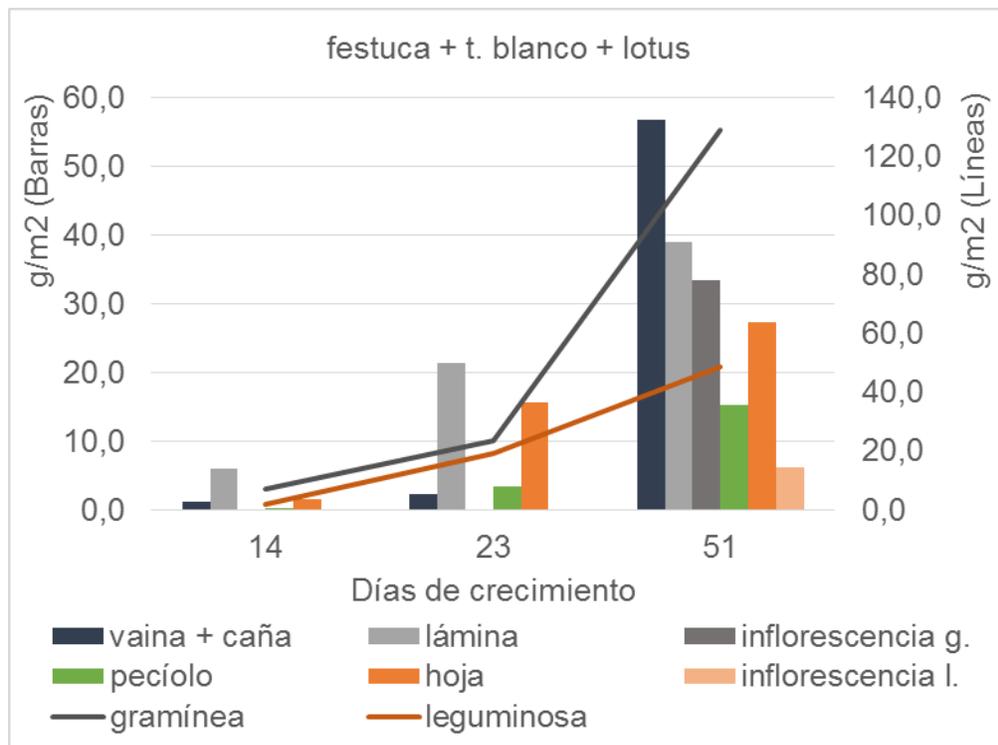


Figura No. 16. Composición gravimétrica (kg/ha) de las mezclas de FBL para 14, 23 y 51 días de acumulación

No se encontraron diferencias significativas entre los valores de producción de las distintas variedades de festuca, por eso se presentaron los

valores medios de producción para las tres mezclas en conjunto.

Como era de esperar, a medida que transcurren los días de crecimiento, la mayoría de los componentes de las respectivas especies que componen la mezcla aumentan significativamente.

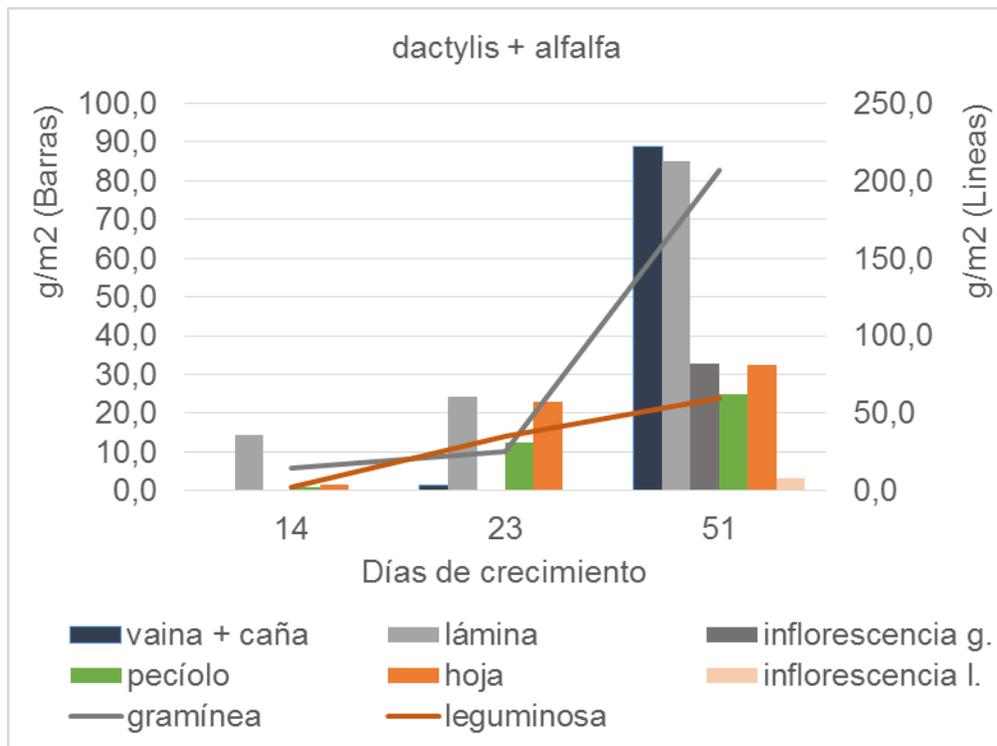


Figura No. 17. Composición gravimétrica (kg/ha) de las mezclas de dactylis y alfalfa, para 14, 23 y 51 días de acumulación

En el primer corte (14 días), la lámina de gramínea es la que aparece en mayor medida en ambas mezclas, esto es lógico si se considera que las gramíneas durante la primavera se encuentran en activo crecimiento vegetativo. Cuando existen 23 días de crecimiento, aparecen en similar cantidad tanto la lámina de gramínea como la hoja de las leguminosas, que son las porciones más significativas. También se puede observar en los gráficos que el peso total de gramíneas y leguminosas durante el primer y segundo corte es similar.

Cuando se pasa a 51 días de crecimiento acumulado se ve que el peso total de gramíneas aumenta respecto al de las leguminosas en ambas gráficas, esto está explicado principalmente por un gran aumento en la porción de caña que pasa a ser el componente más importante en peso. Este resultado se debe a que este corte se realizó el 5 de noviembre, en esta fecha comienza la inducción a florecer tanto de dactylis como de festuca, cuando se da esta

inducción se elevan los ápices florales y por lo tanto las pasturas tienden a encañarse y disminuir su calidad. El proceso de floración y encañado de estas especies puede ser retrasado cuando existe corte o pastoreo ya que la mutilación del ápice floral corta la dominancia apical y se promueve el crecimiento vegetativo.

En las figuras No. 16 y No. 17 puede verse como ambas mezclas están dominadas por el componente gramínea, la leguminosa comienza a tomar relevancia a los 23 días de crecimiento, pero luego se ve superada por la floración de las gramíneas. En las primeras dos mediciones (a los 14 y 23 días) de crecimiento el principal componente es la lámina, luego a los 51 días vaina y caña toman mayor relevancia, y la inflorescencia pasa a ser un componente muy significativo.

En las parcelas de dactylis y alfalfa no aparecen casi inflorescencias de leguminosa en ninguno de los cortes dado que la alfalfa es de ciclo estival, por lo que no florece en esta época. Aparecen en forma significativa solo en el último corte inflorescencias de gramíneas, ocupando un 12% del total de la producción dado que fue hecho a principios de noviembre, época en la cual se da la floración del dactylis. Cuando se da el encañado de estas especies gramíneas debe tomarse en cuenta que si bien se produce un aumento en la producción de MS, se da una rápida pérdida de calidad en las pasturas debido a que la caña de las gramíneas tiene mucha lignina, que es un componente voluminoso de baja calidad alimenticia.

En cuanto al componente maleza, tanto en la mezcla FBL como DA al momento de la separación no se encontraron valores que hicieran peso en la producción de materia seca. Esto se le puede atribuir a varios factores, uno de ellos es que la pastura es de segundo año, manteniendo un tapiz vigoroso que impida la invasión de las mismas. Otro factor no menos importante es el hecho que las subparcelas se encontraban excluidas de pastoreo incluso antes de iniciar el experimento, por lo que los efectos del pisoteo y/o selectividad por parte del animal no estarían involucrados y por ende la generación de espacios libres en el tapiz que podrían ser rápidamente colonizados por malezas.

## 5. CONCLUSIONES

No se encontraron diferencias en producción de MS para las distintas mezclas en el período primaveral, esto se atribuye a que fue un período sin restricciones hídricas y con temperaturas óptimas para el crecimiento de estas especies. Esto permitió que las especies tuvieran un crecimiento óptimo durante el periodo.

Se encontró una correlación positiva entre acumulación de MS y días de crecimiento, esto es explicado por la caída de la tasa de crecimiento instantánea luego del corte, y el menor IAF existente luego del corte, así como una menor eficiencia fotosintética del área foliar remanente. En esta variable sí se encontró diferencia entre la mezcla de *Dactylis glomerata* y *Medicago sativa* respecto a las otras mezclas. La mezcla de dactylis y alfalfa no alcanzó su máxima tasa de crecimiento instantánea aun con 57 días de crecimiento, mientras que las mezclas que tenían *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*, alcanzaron su máxima tasa de crecimiento entre los 40 a 50 días.

Para la variable crecimiento de MS en función de suma térmica acumulada, se encontró también una correlación positiva. Los valores de  $R^2$  para estas variables oscilaron entre 0,76 y 0,86 esto quiere decir que la producción de MS estuvo explicada en un 76 a 86% por la acumulación térmica.

La mayor producción acumulada de MS se obtuvo para todas las mezclas de festuca cuando se hizo el corte a los 51 días y luego se cortó nuevamente a los 6 días, mientras que para dactylis la mayor producción se obtuvo a los 57 días, un solo corte al final del periodo experimental. Este resultado al igual que el obtenido en la acumulación real es explicado por el IAF óptimo de los componentes de la mezcla, en el caso de las mezclas de festuca blanco y lotus el iaf óptimo se alcanza a los 51 días mientras que en el caso de la mezcla de dactylis y alfalfa no se llega al IAF óptimo aun con 57 días de crecimiento.

De la composición gravimétrica se puede concluir que a lo largo del periodo experimental el componente que hizo mayor aporte en todas las mezclas fue siempre la gramínea, con 14 y 23 días de acumulación la lámina de gramínea es el componente de mayor peso en la mezcla seguido por hoja de leguminosa. Cuando se acumulan 51 días sin mediar corte se puede observar que en todas las mezclas el aporte de las gramíneas aumenta mucho, este gran aumento es explicado no solo por el aporte de la lámina sino principalmente por el componente vaina más caña debido a que a mediados de primavera estas gramíneas reciben los estímulos para iniciar su etapa reproductiva. El aporte de

MS de las gramíneas cuando comienzan su floración es muy alto pero es de muy baja calidad, esto se debe a que el mayor aporte de MS está dado en este momento por el componente caña más vaina, con un alto contenido de pared celular (hemicelulosa, celulosa y lignina).

## 6. RESUMEN

El objetivo del presente trabajo consistió en evaluar la producción de forraje, composición botánica, y tasas de crecimiento de la pastura para cuatro mezclas forrajeras diferentes en su segundo año de vida, en el período primaveral. Las mezclas evaluadas fueron: *Dactylis glomerata* cv. Perseo y *Medicago sativa* cv. Chaná por un lado y las restantes mezclas compuestas por *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens* cv. Zapicán y *Lotus corniculatus* cv. San Gabriel. Las variedades de festuca estudiadas corresponden a Tacuabé, Tuscany II e INTA Brava. El experimento se llevó a cabo en la Estación Experimental "Mario A. Cassinoni" (Facultad de Agronomía, Universidad de la República; Paysandú, Uruguay) en el potrero No. 34 (32°22'31.69" de latitud Sur y 58° 3'45.56" de longitud Oeste) en el período comprendido entre el 14 de setiembre y el 17 de noviembre de 2015. El diseño utilizado fue el de bloques completamente al azar dentro del cual se estudiaron cuatro tratamientos con cuatro repeticiones cada uno, correspondiendo cada uno a una mezcla forrajera diferente. Los resultados indican que no existieron diferencias significativas en producción de MS entre las diferentes mezclas para el período en estudio. Existió una correlación positiva entre acumulación de MS y días de crecimiento, aunque para esta variable se encontraron diferencias entre las mezclas. La mezcla de dactylis con alfalfa no alcanzó su máxima tasa de crecimiento instantánea aun con 57 días de crecimiento, mientras que las mezclas que tenían festuca, trébol blanco y lotus, alcanzaron su máxima tasa de crecimiento entre los 40 a 50 días. En cuanto a la variable producción acumulada, la mayor acumulación se dio con el corte a los 51+6 días para FBL y para DA se dio a los 57 días, este resultado explicado por las diferentes IAF óptimos de las diferentes especies de las mezclas. La composición botánica fue similar en las cuatro mezclas, encontrando un aumento importante en producción de MS a los 51 días, esto atribuido principalmente al componente vaina+caña, producto de la floración de las gramíneas invernales que componen la mezcla.

Palabras clave: Mezclas forrajeras; Índice de área foliar; Producción de forraje; *Festuca arundinacea*; *Trifolium repens*; *Lotus corniculatus*; *Dactylis glomerata*; *Medicago sativa*.

## 7. SUMMARY

The aim of this work is to evaluate the forage production, botanical composition, and growth rates of pasture of four different forage mixtures in their second year of life, during the spring period. The mixtures evaluated were: *Dactylis glomerata* cv. Perseo and *Medicago sativa* cv. Chaná on the one hand and the other mixtures composed by *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens* cv. Zapicán and *Lotus corniculatus* cv. San Gabriel. The varieties of fescue studied were Tacuabé, Tuscany II and INTA Brava. The experiment was carried out at the Experimental Station "Mario A. Cassinoni (Agronomy Faculty, University of the Republic; Paysandú, Uruguay) in paddock No. 34 (32°22'31.69" South latitude and 58° 3'45.56" West longitude) during the period covered between 14<sup>th</sup>. of september and 17<sup>th</sup>. of november of 2015. The experimental design is one of complete blocks at random within which were studied four treatments with four repetitions each one, corresponding each one with a different forage mixture. The results obtained indicate that there were no significant differences in dry matter production between different mixtures for the period under study. There was a positive correlation between dry matter accumulation and days of growth, although for this variable differences were found between the mixtures. The mixture dactylis-alfalfa does not reach the maximum instant growth rate even with 57 days of growth, while the mixtures with fescue, white clover and lotus, reach their maximum growth rate between 40 and 50 days. In terms of the variable cumulative production, the major accumulation happened with the cut 51+6 days to FBL and for DA with 57 days, this result explained for the different optimal LAI of the various species of the mixture. The botanical composition was similar between the four mixtures, finding a significant increase in dry matter production after 51 days, this attributable mainly to the vaina+caña component, as a result of the flowering of the winter graminaceous making up the mix.

Keywords: Forage mixtures; Foliar area index; Forage production; *Festuca arundinacea*; *Trifolium repens*; *Lotus corniculatus*; *Dactylis glomerata*; *Medicago sativa*.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. Álvarez, M.; López, L. I.; Zerbino, J. P. 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. 114 p.
2. Altamirano, A.; Da silva, H.; Durán, A; Panario, U.; Puentes, R. 1976. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay: clasificación de suelos. Montevideo, MAP. DSF. t.1, 96 p.
3. Arce, M.; Fernández, P.; Riccetto, S. 2013. Respuesta estival de *Festuca arundinacea*, *Paspalum dilatatum*, *Paspalum notatum* y *Pennisetum purpureum* cv. Mott al riego suplementario. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 133 p.
4. Ayala, W.; Bemhaja, M.; Cotro, B.; Docanto, J.; García, J.; Olmos, F.; Rebuffo, M.; Silva, J.; Real, D. 2010. Forrajeras: catálogo de cultivares 2010. Montevideo, INIA. 134 p.
5. Azanza, A.; Panissa, R.; Rodríguez, H. 2004. Evaluación de la fertilización nitrogenada de campo natural bajo pastoreo de vacunos en el período primaveral. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 79 p.
6. Baruch, Z.; Fisher, M. J. 1988. Factores climáticos y de competencia que afectan el desarrollo de la planta en el establecimiento de una pastura. In: Reunión del Comité Asesor de la RIEPT (6ª., 1988, Veracruz, MX). Establecimiento y renovación de pasturas: memorias. Veracruz, México, CIAT. pp. 103-142.
7. Bavera, G. A.; Beguet, H. A. 2001. Relación suelo – planta - animal. In: Curso de Producción Bovina de Carne (2001, Río Cuarto). Textos. Río Cuarto, Universidad Nacional de Río Cuarto. Facultad de Agronomía y Veterinaria. s.p.
8. Brougham, R. W. 1957. Pasture growth studies in relation to grazing management. (en línea). In: Annual Conference of New Zealand Society of Animal Production (1957, Auckland, New Zealand).

Proceedings. Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production. 17: 46-52. Consultado nov. 2016. Disponible en <http://www.nzsap.org/system/files/proceedings/1957/ab57008.pdf>

9. Cangiano, C.; Escuder, C.; Galli, J.; Gómez, P.; Rosso, O. 1996. Producción animal en pastoreo. Buenos Aires, INTA Balcarce. s.p.
10. \_\_\_\_\_. 1997. Consumo en pastoreo. Factores que afectan la facilidad de cosecha. In: Cangiano, C. ed. Producción animal en pastoreo. Buenos Aires, INTA. Estación Agropecuaria Experimental Balcarce. pp. 41-61.
11. \_\_\_\_\_.; Galli, J. 1998. Relación entre la estructura de la pastura y las dimensiones del bocado y sus implicancias en el consumo en bovinos. Revista Argentina de Producción Animal. 18: 247-261.
12. Carámbula, M.; Elizondo, J. C. 1969. Época de iniciación floral y alargamiento de entrenudos en cinco gramíneas. EEMAC. Boletín Técnico. no. 6: 1-26.
13. \_\_\_\_\_. 1977. Producción y manejo de pasturas sembradas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 463 p.
14. \_\_\_\_\_. 1981. Producción de semillas de plantas forrajeras. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 518 p.
15. \_\_\_\_\_. 1991. Aspectos relevantes para la producción forrajera. Montevideo, Uruguay, INIA. 46 p. (Serie Técnica no. 19).
16. \_\_\_\_\_. 2002. Pasturas y forrajes: potenciales y alternativas de producir forraje insumos, implantación y manejo de pasturas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t. 1, 357 p.
17. \_\_\_\_\_. 2003. Pasturas y forrajes: insumos, implantación y manejo de pasturas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t. 2, 371 p.
18. \_\_\_\_\_. 2004. Pasturas y forrajes: manejo, persistencia y renovación de pasturas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t. 3, 413 p.
19. \_\_\_\_\_. 2007. Pasturas y forrajes: potenciales y alternativas para producir forraje. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 178 p.
20. \_\_\_\_\_. 2010. Pasturas y forrajes: potenciales y alternativas de producir forraje. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t. 1, 357 p.

21. 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.
22. Cooper, J. P.; Tainton, N. M. 1968. Light and temperature requirements for the growth of tropical and temperate grasses. *Herbage Abstracts*. 38: 167-176.
23. Cowan, J. R. 1956. Tall fescue. *In*: Norman, A. G. ed. *Advances in agronomy*. Ann Arbor, Michigan, Academic Press. pp. 283-320.
24. Cullen, B. R.; Chapman, D. F.; Quigley, P. E. 2006. Comparative defoliation tolerance of temperate perennial grasses. *Grass and Forage Science*. 61(4): 405-412.
25. Deregibus, V. A.; Sanchez, R. A.; Casal, J. J.; Trlica, M. J. 1985. Tillering responses to enrichment of red light beneath the canopy in a humid natural grassland. *Journal of Applied Ecology*. 22: 199-206.
26. Fisher, G. E. J.; Mayne, C. S.; Wright, I. A. 2000. Grassland management under grazing and animal response. *In*: Hopkins, A. ed. *Grass: its production and utilization*. Oxford, Blackwell Science. pp.247-291.
27. Formoso, F. 1993. *Lotus corniculatus*. I. Performance forrajera y características agronómicas asociadas. Montevideo, INIA. 20 p. (Serie Técnica no. 37).
28. \_\_\_\_\_. 1995. Época de diferenciación floral y alargamiento de entrenudos en *Festuca arundinacea* cv Estanzuela Tacuabé, *Phalaris aquatica* cv Estanzuela Urunday y *Dactylis glomerata* cv INIA LE Oberón. Montevideo, INIA. 16 p. (Serie Técnica no. 59).
29. \_\_\_\_\_. 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, INIA. pp. 1–19 (Serie Técnica no. 80).
30. \_\_\_\_\_. 2000. Manejo de alfalfa para producción de forraje. *In*: Rebuffo, M.; Risso, D.; Restaino, E. eds. *Tecnología en alfalfa*. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 53-74 (Boletín de Divulgación no. 69).
31. \_\_\_\_\_. 2011. Manejo de mezclas forrajeras y leguminosas puras. *Producción y calidad de forraje. Efectos del estrés ambiental e*

interferencia de *Cynodon dactylon* L. Montevideo, INIA. 302 p. (Serie Técnica no. 188).

32. Fulkerson, W. J.; Slack, K. 1995. Leaf number as a criterion for determining defoliation time for *Lolium perenne*: 2. Effect of defoliation frequency and height. *Grass and Forage Science*. 50 (1): 16-20.
33. García, J. 1995. *Dactylis glomerata* L. INIA LE OBERON. Montevideo, Uruguay, INIA. 16 p. (Serie Técnica no. 49).
34. Gastal, F.; Lemaire, G. 1988. Study of tall fescue sward growth under nitrogen deficiency conditions, In: General Meeting of the European Grassland Federation (12<sup>th</sup>., 1988, Dublin, Irlanda). Proceedings. Dublin, Wicklow. pp. 323-327.
35. \_\_\_\_\_; Durand, J. L. 2000. Effects of nitrogen and water supply on N and C fluxes and partitioning in defoliated swards. In: Lemaire, G.; Hodgson J.; De Moraes, A.; Carvalho, F.; Nabinger, C. eds. *Grassland ecophysiology and grazing ecology*. Wallingford, UK, CABI. pp. 15-35.
36. Gilgen, A. K.; Buchmann, K. 2009. Response of temperate grasslands at different altitudes to simulated summer drought differed but scaled with annual precipitation. *Biogeosciences Discussions*. 6 (1): 2525-2539.
37. Harris, W. 1978. Defoliation as a determinant of the growth, persistence and composición of pasture. In: Wilson, J. R. ed. *Plant relations in pastures*. Melbourne, CSIRO. pp. 67-85.
38. Hall, M.; Vough, L. 2007. Forage establishment and renovation. In: Barnes, R.; Neslon, C.; Moor, K.; Collins, M. eds. *Forages: the science of grassland agriculture*. Ames, Iowa, Blackwell. v.2, pp. 343-354.
39. Insúa, J. R.; Di Marco, O. N.; Agnusdei, M. G. 2013. Calidad nutritiva de láminas de festuca alta (*Festuca arundinacea* Schreb) en rebrotes de verano y otoño. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*. 38 (2): 190-195.
40. Langer, R. H. M. 1981. *Las pasturas y sus plantas*. Montevideo, Hemisferio Sur. 524 p.

41. Lemaire, G.; Agnusdei, M. 2000. Leaf tissue turnover and efficiency of herbage utilization. *In*: Lemaire, G.; Hodgson, J.; De Moraes, A.; Carvalho, F.; Nabinger, C. eds. Grassland ecophysiology and grazing ecology. Wallingford, UK, CABI. v. 1, cap. 14, pp. 265-287.
42. \_\_\_\_\_; Hodgson, J.; Chabbi, A. eds. 2011. Grassland productivity and ecosystem services. Wallingford, UK, CABI. 287 p.
43. Li, Z.; Peng, Y. 2012. Photosynthetic characteristics and variation of osmoregulatory solutes in two clover (*Trifolium repens* L.) genotypes in response to drought and post-drought recovery. Australian Journal of Crop Science. 6 (12): 1696-1702.
44. Marchegiani, G. 1985. Morfofisiología de plantas forrajeras. AACREA Cuaderno de Actualización Técnica no. 36. pp. 6-16.
45. MDN. DNM (Ministerio de Defensa Nacional. Dirección Nacional de Meteorología, UY). s.f. Normales Climatológicas periodo 1961-1990. (en línea). Montevideo. 20 p. Consultado ago. 2016. Disponible en <http://www.meteorologia.com.uy/ServCli/estadisticasClimatologicas>
46. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2017. Anuario estadístico agropecuario 2016. (en línea). Montevideo. 198 p. Consultado ene. 2017. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/unidad-ejecutora/oficina-de-programacion-y-politicas-agropecuarias/publicaciones/anuarios-diea/anuario2016>
47. Minson, D. J.; Milford, R. 1967. The voluntary intake and digestibility of diets containing different proportions of legume and mature Pangola grass (*Digitaria decumbens*). Australian Journal of Experimental Agricultural Animal Husbandry. 7: 546-551.
48. Montossi, F.; Risso, D.; Pigurina, J. 1996. Consideraciones sobre la utilización de pasturas. *In*: Berretta, E.; Risso, D.; Moron, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, Uruguay. INIA. pp. 93- 106 (Serie Técnica no. 80).
49. Munro, J. M.; Walters, R. J. 1986. The feeding value of grass. *In*: Frame, J. ed. Grazing. Great Malvern, UK, British Grassland Society. pp. 65-78 (Occasional Symposium no. 19).

50. Nabinger, C. 1996. Aspectos ecofisiológicos do manejo de pastagens e utilização de modelos como ferramenta de diagnóstico e indicação de necessidades de pesquisa. In: Reunião do Grupo Técnico Regional do Cone Sul em Melhoramento e Utilização de Recursos forrageiros das Áreas Tropical e Subtropical (16°. 1996, Porto Alegre, Brasil). Relatório. Porto Alegre, Universidade Federale do Rio Grande do Sul. pp. 25-55.
51. \_\_\_\_\_. 1998. Principios de manejo e produtividade de pastagens. In: Ciclo de paslestras em producao e manejo de bovinos de corte, Porto Alegre, ULBRA. pp. 54-107.
52. Pagliaricci, H.; Sarof, C. 2008. Morfofisiología de plantas forrajeras. Río Cuarto, Universidad Nacional de Río Cuarto. Facultad de Agronomía y Veterinaria. 34 p.
53. Rebuffo, M. 2000. Adopción de variedades en Uruguay. In: Rebuffo, M.; Risso, D.; Restaino, E. eds. Tecnología en alfalfa. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 5-17 (Boletín de Divulgación no. 69).
54. Rimieri, P. 2009. Presentación en Bolívar nuevo cultivar Brava INTA. (en línea). Pergamino, INTA. 3 p. Consultado mar. 2017. Disponible en <http://www.inta.gob.ar/variedades/brava-inta>.
55. Romero, O. 1988. Conceptos básicos relacionados con el crecimiento de plantas forrajeras y con el manejo de paraderas perennes sembradas. In: Ruiz Núñez, I. eds. Praderas para Chile. Santiago de Chile, Ministerio de Agricultura. INIA. pp. 200-208.
56. Santiñaque, F. 1979. Estudios sobre la productividad y comportamiento de distintas mezclas forrajeras. Tesis ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 86 p.
57. \_\_\_\_\_.; Carámbula, M. 1981. Productividad y comportamiento de distintas mezclas forrajeras, Paysandú, Facultad de Agronomía. 23 p.
58. Schneiter, O. 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.
59. Silveira, D. 2011. Caracterización agronómica de las leguminosas más utilizadas en el Uruguay. Paysandú, Facultad de Agronomía. 48 p.

60. \_\_\_\_\_.; Lemaire, G. 2015. Defoliation, shoot plasticity, sward structure and herbage utilisation in pasture: review of the underlying ecophysiological processes. *Agriculture*. 4(5): 1146-1171.
61. Smethan, M. L. 1981. Especies y variedades de leguminosas forrajeras. In: Langer, R. H. M. ed. *Las pasturas y sus plantas*. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. pp. 210-270.
62. Stemple, A. T. 1974. *Avances en pasturas naturales y cultivadas*. Buenos Aires, Argentina, Hemisferio Sur. 491 p.
63. Villareal González, J. A.; Hernández-Garay, A.; Martínez Hernández, P. A.; De Dios Guerrero Rodríguez, J.; Velazco Zebadúa, M. E. 2014. Rendimiento y calidad de forraje del pasto ovillo (*Dactylis glomerata*) al variar la frecuencia e intensidad de pastoreo. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 5(2): 231-245.
64. Zanoniani, R.; Ducamp, F. 2004. Leguminosas forrajeras del género *Lotus* en el Uruguay. *Cangüé*. no. 25: 5-11.

## 9. ANEXOS

Anexo No.1. Cantidad de MS en función de días de crecimiento

Cantidad de MS (kg MS) de festuca Brava.

Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Rendimiento	24	0,83	0,74	33,32

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	6770725,83	8	846340,73	9,02	0,0002
Bloque	762441,00	3	254147,00	2,71	0,0822
Días de crec.	6008284,83	5	1201656,97	12,81	0,0001
Error	1407145,50	15	93809,70		
Total	8177871,33	23			

Test:LSD Fisher Alfa=0,01 DMS=638,18504

Error: 93809,7000 gl: 15

Días de crec.	Medias	n	E.E.	
51	1864,50	4	153,14	A
57	1085,50	4	153,14	B
39	1052,00	4	153,14	B C
29	678,75	4	153,14	B C D
23	441,75	4	153,14	C D
14	392,50	4	153,14	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,01$ )

Cantidad de MS (kg MS) de festuca Tacuabé

Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Rendimiento	24	0,86	0,78	29,95

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	5900587,50	8	737573,44	11,18	<0,0001
Días de crec.	5049722,83	5	1009944,57	15,30	<0,0001
Bloque	850864,67	3	283621,56	4,30	0,0224
Error	989835,83	15	65989,06		
Total	6890423,33	23			

Test:LSD Fisher Alfa=0,01 D MS=535,25250

Error: 65989,0556 gl: 15

Días de crec.	Medias	n	E.E.	
51	1611,50	4	128,44	A
57	1166,75	4	128,44	A B
39	1029,75	4	128,44	B
29	646,00	4	128,44	B C
23	363,50	4	128,44	C
14	328,50	4	128,44	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,01$ )

Cantidad de MS (kg MS) de festuca Thuscany II

Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
Rendimiento	24	0,76	0,63	48,83

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	7801717,50	8	975214,69	5,80	0,0018
Días de crec.	4510993,00	5	902198,60	5,37	0,0050
Bloque	3290724,50	3	1096908,17	6,52	0,0048
Error	2521679,00	15	168111,93		
Total	10323396,50	23			

Test:LSD Fisher Alfa=0,01 DMS=854,32285

Error: 168111,9333 gl: 15

<u>Días de crec.</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
51	1470,50	4	205,01	A
39	1123,00	4	205,01	A B
57	1106,75	4	205,01	A B
29	720,75	4	205,01	A B
14	321,00	4	205,01	B
23	296,50	4	205,01	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,01$ )

Cantidad de MS (kg MS) de *Dactylis glomerata*

Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Rendimiento	24	0,82	0,73	33,41

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	7186060,67	8	898257,58	8,80	0,0002
Días de crec.	3279043,83	5	655808,77	6,43	0,0022
Bloque	3907016,83	3	1302338,94	12,76	0,0002
Error	1530729,17	15	102048,61		
Total	8716789,83	23			

Test:LSD Fisher Alfa=0,01 DMS=665,61990

Error: 102048,6111 gl: 15

Días de crec.	Medias	n	E.E.
57	1386,75	4	159,73 A
51	1320,25	4	159,73 A
39	1221,50	4	159,73 A
29	796,75	4	159,73 A B
23	508,00	4	159,73 B
14	503,25	4	159,73 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,01$ )

Anexo No.2. Suma semanal para distintas variedades

Análisis de la varianza

Suma semanal

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Suma semanal	16	0,21	0,01	36,53

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	298279,99	3	99426,66	1,03	0,4125
Columna1	298279,99	3	99426,66	1,03	0,4125
Error	1154205,13	12	96183,76		
Total	1452485,12	15			

Test:LSD Fisher Alfa=0,01 DMS=669,85628

Error: 96183,7606 gl: 12

Columna1	Medias	n	E.E.
Tuscany II	752,27	4	155,07 A
Tacuabé	766,82	4	155,07 A
Brava	792,39	4	155,07 A
dactilis	1084,06	4	155,07 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,01$ )

Semana 3+3

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
Semana 3+3	16	0,14	0,00	27,16

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	184955,37	3	61651,79	0,63	0,6086
Columna1	184955,37	3	61651,79	0,63	0,6086
Error	1171432,95	12	97619,41		
<u>Total</u>	<u>1356388,32</u>	<u>15</u>			

Test:LSD Fisher Alfa=0,01 DMS=674,83695

Error: 97619,4123 gl: 12

<u>Columna1</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
Tacuabé	1033,61	4	156,22 A
Brava	1053,19	4	156,22 A
dactylis	1249,57	4	156,22 A
Tuscany II	1265,80	4	156,22 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,01)

Semana 4+2

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
Semana 4 +2	16	0,05	0,00	36,16

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	174619,47	3	58206,49	0,23	0,8769
Columna1	174619,47	3	58206,49	0,23	0,8769
Error	3098995,33	12	258249,61		
<u>Total</u>	<u>3273614,80</u>	<u>15</u>			

Test:LSD Fisher Alfa=0,01 DMS=1097,61642

Error: 258249,6104 gl: 12

<u>Columna1</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
Tacuabé	1303,43	4	254,09 A
Tuscany II	1368,08	4	254,09 A
Brava	1370,01	4	254,09 A
dactylis	1580,36	4	254,09 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,01)

Semana 5+1

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
Semana 5+1	16	0,10	0,00	37,34

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	555894,71	3	185298,24	0,46	0,7148
Columna1	555894,71	3	185298,24	0,46	0,7148
Error	4825973,85	12	402164,49		
<u>Total</u>	<u>5381868,55</u>	<u>15</u>			

Test:LSD Fisher Alfa=0,01 DMS=1369,72258

Error: 402164,4872 gl: 12

<u>Columna1</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
dactylis	1469,52	4	317,08 A
Tuscany II	1612,80	4	317,08 A
Tacuabé	1733,81	4	317,08 A
Brava	1977,70	4	317,08 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,01$ )

Semana 6

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Semana 6	16	0,03	0,00	65,58

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	227990,42	3	75996,81	0,13	0,9432
Columna1	227990,42	3	759.96,81	0,13	0,9432
Error	7264446,45	12	605370,54		
Total	7492436,87	15			

Test:LSD Fisher Alfa=0,01 DMS=1680,51114

Error: 605370,5371 gl: 12

Columna1	Medias	n	E.E.
Brava	1085,69	4	389,03 A
Tuscany II	1106,64	4	389,03 A
Tacuabé	1166,74	4	389,03 A
dactylis	1386,67	4	389,03 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,01)

Anexo No.3. Análisis de la varianza para suma térmica de distintas variedades

Brava

Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
kgms/ha	24	0,83	0,74	33,32

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	6770725,83	8	846340,73	9,02	0,0002
ST	6008284,83	5	1201656,97	12,81	0,0001
Bloque	762441,00	3	254147,00	2,71	0,0822
Error	1407145,50	15	93809,70		
<u>Total</u>	<u>8177871,33</u>	<u>23</u>			

Tacuabé

Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
kgms/ha	24	0,86	0,78	29,95

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	5900587,50	8	737573,44	11,18	<0,0001
ST	5049722,83	5	1009944,57	15,30	<0,0001
Bloque	850864,67	3	283621,56	4,30	0,0224
Error	989835,83	15	65989,06		
<u>Total</u>	<u>6890423,33</u>	<u>23</u>			

## Tuscany II

### Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
kgms/ha	24	0,76	0,63	48,83

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	7801717,50	8	975214,69	5,80	0,0018
ST	4510993,00	5	902198,60	5,37	0,0050
Bloque	3290724,50	3	1096908,17	6,52	0,0048
Error	2521679,00	15	168111,93		
Total	10323396,50	23			

### Dactylis

### Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
kgms/ha	24	0,82	0,73	33,41

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	7186060,67	8	898257,58	8,80	0,0002
ST	3279043,83	5	655808,77	6,43	0,0022
Bloque	3907016,83	3	1302338,94	12,76	0,0002
Error	1530729,17	15	102048,61		
Total	8716789,83	23			

#### Anexo No.4 Composición gravimétrica en función de días de crecimiento

Dactylis y alfalfa

Análisis de la varianza

Tallo

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
Tallo	12	0,63	0,32	178,77

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	293,79	5	58,76	2,05	0,2044
Días	207,82	2	103,91	3,62	0,0931
Bloque	85,97	3	28,66	1,00	0,4555
Error	172,28	6	28,71		
Total	466,07	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0,01 DMS=14,04760

Error: 28,7137 gl: 6

<u>Días</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
51,00	8,88	4	2,68	A
23,00	0,11	4	2,68	A
7,00	0,00	4	2,68	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,01$ )

## Lámina

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Lámina	12	0,90	0,81	44,87

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	148,10	5	29,62	10,43	0,0064
Días	143,43	2	71,71	25,25	0,0012
Bloque	4,67	3	1,56	0,55	0,6676
Error	17,04	6	2,84		
Total	165,13	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0,01 DMS=4,41760

Error: 2,8396 gl: 6

Días	Medias	n	E.E.	
51,00	8,50	4	0,84	A
23,00	2,41	4	0,84	B
7,00	0,36	4	0,84	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,01$ )

## Inflorescencia

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Inflorescencia	12	0,70	0,45	148,87

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	36,41	5	7,28	2,77	0,1238
Días	28,51	2	14,26	5,41	0,0453
Bloque	7,90	3	2,63	1,00	0,4547
Error	15,80	6	2,63		
Total	52,21	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0,01 DMS=4,25390

Error: 2,6330 gl: 6

Días	Medias	n	E.E.	
51,00	3,27	4	0,81	A
23,00	0,00	4	0,81	A
7,00	0,00	4	0,81	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,01$ )

Pecíolo

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Pecíolo	12	0,83	0,68	55,60

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	14,05	5	2,81	5,78	0,0272
Días	11,83	2	5,92	12,17	0,0077
Bloque	2,21	3	0,74	1,52	0,3035
Error	2,92	6	0,49		
Total	16,96	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0,01 DMS=1,82803

Error: 0,4862 gl: 6

Días	Medias	n	E.E.
51,00	2,48	4	0,35 A
23,00	1,25	4	0,35 A B
7,00	0,04	4	0,35 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,01$ )

Hoja

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
hoja	12	0,84	0,72	52,05

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	31,03	5	6,21	6,54	0,0203
Días	20,88	2	10,44	11,00	0,0098
Bloque	10,15	3	3,38	3,56	0,0868
Error	5,70	6	0,95		
Total	36,72	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0,01 DMS=2,55409

Error: 0,9492 gl: 6

Días	Medias	n	E.E.
51,00	3,23	4	0,49 A
23,00	2,30	4	0,49 A B
7,00	0,09	4	0,49 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,01$ )

Inflorescencia

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
inflorescencia1	12	0,45	0,00	346,41

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,64	5	0,13	1,00	0,4894
Días	0,26	2	0,13	1,00	0,4219
Bloque	0,38	3	0,13	1,00	0,4547
Error	0,77	6	0,13		
Total	1,41	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0,01 DMS=0,93840

Error: 0,1281 gl: 6

Días	Medias	n	E.E.
51,00	0,31	4	0,18 A
23,00	0,00	4	0,18 A
7,00	0,00	4	0,18 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,01$ )

Festuca, t. blanco y lotus

Análisis de la varianza

Tallo

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Tallo	12	0,75	0,54	117,90

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	15874,89	5	3174,98	3,62	0,0743
Días	13360,55	2	6680,27	7,62	0,0225
Bloque	2514,34	3	838,11	0,96	0,4715
Error	5259,26	6	876,54		
Total	21134,15	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0,01 DMS=77,61477

Error: 876,5431 gl: 6

Días	Medias	n	E.E.
51	72,30	4	14,80 A
23	2,08	4	14,80 A
7	0,96	4	14,80 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,01)

Lámina

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Lámina	12	0,86	0,74	36,11

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2315,83	5	463,17	7,20	0,0161
Días	2240,99	2	1120,49	17,43	0,0032
Bloque	74,84	3	24,95	0,39	0,7661
Error	385,79	6	64,30		
Total	2701,62	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0,01 DMS=21,02119

Error: 64,2983 gl: 6

Días	Medias	n	E.E.	
51	39,39	4	4,01	A
23	21,28	4	4,01	A B
7	5,96	4	4,01	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,01$ )

Inflorescencia

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Inflorescencia	12	0,99	0,98	21,64

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2905,10	5	581,02	103,06	<0,0001
Días	2888,18	2	1444,09	256,14	<0,0001
Bloque	16,91	3	5,64	1,00	0,4547
Error	33,83	6	5,64		
Total	2938,92	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0,01 DMS=6,22469

Error: 5,6379 gl: 6

Días	Medias	n	E.E.	
51	32,91	4	1,19	A
23	0,00	4	1,19	B
7	0,00	4	1,19	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,01$ )

Pecíolo

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Pecíolo	12	0,92	0,85	46,25

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	547,20	5	109,44	13,17	0,0035
Días	498,58	2	249,29	30,01	0,0008
Bloque	48,62	3	16,21	1,95	0,2228
Error	49,84	6	8,31		
Total	597,04	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0,01 DMS=7,55567

Error: 8,3067 gl: 6

Días	Medias	n	E.E.	
51	15,16	4	1,44	A
23	3,36	4	1,44	B
7	0,18	4	1,44	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,01$ )

Hoja

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
hoja	12	0,89	0,79	56,50

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1813,87	5	362,77	9,24	0,0087
Días	1582,50	2	791,25	20,16	0,0022
Bloque	231,36	3	77,12	1,97	0,2207
Error	235,45	6	39,24		
Total	2049,31	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0,01 DMS=16,42217

Error: 39,2415 gl: 6

Días	Medias	n	E.E.	
51	27,24	4	3,13	A
23	4,47	4	3,13	B
7	1,55	4	3,13	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,01$ )

Inflorescencia

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
inflorescencia1	12	0,73	0,51	134,71

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	104,90	5	20,98	3,25	0,0921
Días	85,50	2	42,75	6,61	0,0304
Bloque	19,40	3	6,47	1,00	0,4547
Error	38,79	6	6,47		
Total	143,69	11			

Test:LSD Fisher Alfa=0,01 DMS=6,66575

Error: 6,4652 gl: 6

<u>Días</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>
51	5,66	4	1,27 A
23	0,00	4	1,27 A
7	0,00	4	1,27 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,01$ )

Anexo No.5. Interacción días de crecimiento \* variedad  
Análisis de la varianza

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
Rendimiento	96	0,70	0,59	42,89

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	24193292,92	26	930511,27	6,34	<0,0001
bloque	5135294,08	3	1711764,69	11,67	<0,0001
Tratamiento	209954,3	33	69984,78	0,48	0,6994
Días de crec.	17859782,71	5	3571956,54	24,34	<0,0001
Tratamiento	988261,79	15	65884,12	0,45	0,9572
Error	10125142,42	69	146741,19		
Total	34318435,33	95			

Test:LSD Fisher Alfa=0,01 DMS=292,92976

Error: 146741,1944 gl: 69

Tratamiento Medias n E.E.

Dactylis	956,08	24	78,19	A
Brava	919,17	24	78,19	A
Tacuabe	857,67	24	78,19	A
Tuscany II	839,75	24	78,19	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,01)

Test:LSD Fisher Alfa=0,01 DMS=358,76422

Error: 146741,1944 gl: 69

Días de crec. Medias n E.E.

51	1566,69	16	95,77	A
57	1186,44	16	95,77	B
39	1106,56	16	95,77	B
29	710,56	16	95,77	C
23	402,44	16	95,77	C
14	386,31	16	95,77	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,01)

Test:LSD Fisher Alfa=0,01 DMS=717,52845

Error: 146741,1944 gl: 69

Tratam Dias Medias n E.E.

Brava	51	1864,50	4	191,53	A
Tacuabe	51	1611,50	4	191,53	A B
Tuscany II	51	1470,50	4	191,53	A B C
Dactylis	57	1386,75	4	191,53	A B C D
Dactylis	51	1320,25	4	191,53	A B C D E
Dactylis	39	1221,50	4	191,53	A B C D E F
Tacuabe	57	1166,75	4	191,53	A B C D E F G
Tuscany II	39	1123,00	4	191,53	B C D E F G H
Tuscany II	57	1106,75	4	191,53	B C D E F G H I
Brava	57	1085,50	4	191,53	B C D E F G H I
Brava	39	1052,00	4	191,53	B C D E F G H I J
Tacuabe	39	1029,75	4	191,53	B C D E F G H I J K
Dactylis	29	796,75	4	191,53	C D E F G H I J K L
Tuscany II	29	720,75	4	191,53	D E F G H I J K L
Brava	29	678,75	4	191,53	D E F G H I J K L
Tacuabe	29	646,00	4	191,53	E F G H I J K L
Dactylis	23	508,00	4	191,53	F G H I J K L
Dactylis	14	503,25	4	191,53	G H I J K L
Brava	23	441,75	4	191,53	H I J K L
Brava	14	392,50	4	191,53	I J K L
Tacuabe	23	363,50	4	191,53	J K L
Tacuabe	14	328,50	4	191,53	K L
Tuscany II	14	321,00	4	191,53	K L
Tuscany II	23	296,50	4	191,53	L

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,01$ )