

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**MORFOGÉNESIS EN *Festuca arundinacea* y *Dactylis glomerata***

**por**

**Santiago BERAZA SÁNCHEZ  
Gastón GUERISOLI PEREIRA  
Emiliano RODRÍGUEZ ECHENIQUE**

**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. (Dr.) Pablo Boggiano

-----  
Ing. Agr. (MSc.) David Silveira

Fecha: 23 de junio de 2017

Autores:

-----  
Santiago Beraza Sánchez

-----  
Gastón Guerisoli Pereira

-----  
Emiliano Rodríguez Echenique

## **AGRADECIMIENTOS**

- Ing. Agr. Ramiro Zanoniani, director de tesis.
- Ing. Agr. Pablo Boggiano.
- Al personal de biblioteca por facilitarnos materiales para la realización de la tesis.
- Al personal del laboratorio de forrajeras de la EEMAC, por su excelente disposición.
- A nuestras familias por su apoyo.

## TABLA DE CONTENIDO

|   | Página |
|---|--------|
| PÁGINA DE APROBACIÓN.....   | II     |
| AGRADECIMIENTOS.....  | III    |
| LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....   | VII    |
| <br>  |        |
| 1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....  | 1      |
| <br>  |        |
| 2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> .....  | 2      |
| 2.1 DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES .....   | 2      |
| 2.1.1 <i>Festuca arundinacea</i> .....  | 2      |
| 2.1.2 <i>Dactylis glomerata</i> .....   | 4      |
| 2.1.3 <i>Medicago sativa</i> .....  | 5      |
| 2.1.4 <i>Lotus corniculatus</i> .....   | 7      |
| 2.1.5 <i>Trifolium repens</i> .....   | 9      |
| 2.2 MEZCLA FORRAJERA.....   | 11     |
| 2.3 EFECTOS DEL PASTOREO .....  | 14     |
| 2.3.1 <u>Introducción</u> .....   | 14     |
| 2.3.2 <u>Parámetros que definen el pastoreo</u> .....   | 14     |
| 2.3.2.1 Frecuencia .....  | 14     |
| 2.3.2.2 Intensidad .....  | 16     |
| 2.3.3 <u>Dinámica del crecimiento de gramíneas y leguminosas</u> .....  | 17     |
| 2.3.3.1 Gramíneas .....   | 17     |
| 2.3.3.2 Leguminosas .....   | 19     |
| 2.3.4 <u>Efecto del pastoreo sobre la pastura</u> .....   | 20     |
| 2.3.4.1 Efecto del pastoreo sobre el rebrote .....  | 22     |
| 2.3.4.2 Efecto del pastoreo sobre el sistema radicular .....  | 23     |
| 2.3.4.3 Efectos sobre la calidad del forraje .....  | 23     |
| 2.3.4.4 Efecto sobre estructura y morfogénesis de la pastura .....  | 24     |
| 2.3.4.5 Efectos sobre la persistencia .....   | 26     |
| 2.3.5 <u>Características morfogenéticas de las gramíneas y estructura de las pasturas</u> .....                               | 27     |
| 2.3.5.1 Tasa de aparición de hojas (TAH) .....  | 28     |
| 2.3.5.2 Tasa de elongación foliar (TEF) .....   | 29     |
| 2.3.5.3 Vida media foliar (VMF) .....   | 29     |
| 2.3.6 <u>Efecto de los factores abióticos sobre los procesos morfogenéticos y variables estructurales de la pastura</u> ..... | 30     |
| 2.3.6.1 Efecto de la temperatura.....   | 30     |

|  |    |
|--|----|
| 2.3.6.2 Efecto de la calidad y cantidad de la luz .....  | 31 |
| 2.3.6.3 Efecto del agua sobre expansión foliar .....   | 32 |
| 3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....   | 33 |
| 3.1 <u>CONDICIONES GENERALES DEL EXPERIMENTO</u> .....   | 33 |
| 3.1.1 <u>Lugar y período experimental</u> .....  | 33 |
| 3.1.2 <u>Descripción del sitio experimental</u> .....  | 33 |
| 3.1.3 <u>Antecedentes del área experimental</u> .....  | 33 |
| 3.1.4 <u>Tratamientos</u> .....  | 34 |
| 3.1.5 <u>Diseño experimental</u> .....   | 34 |
| 3.2 <u>METODOLOGÍA EXPERIMENTAL</u> .....  | 35 |
| 3.2.1 <u>Variables determinadas</u> .....  | 35 |
| 3.2.1.1 Relación parte aérea/raíz .....  | 36 |
| 3.2.1.2 Tasa de aparición de hojas .....   | 36 |
| 3.2.1.3 Número medio de hojas por macollo .....  | 37 |
| 3.2.1.4 Tasa de elongación foliar .....  | 38 |
| 3.2.1.5 Vida media foliar .....  | 38 |
| 3.2.1.6 Tasa de senescencia foliar .....   | 38 |
| 3.2.1.7 Peso específico .....  | 38 |
| 3.2.2 <u>Análisis estadístico</u> .....  | 39 |
| 4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> .....   | 41 |
| 4.1 <u>DATOS METEOROLÓGICOS</u> .....  | 41 |
| 4.1.1 <u>Características morfogénicas y partición de la materia seca en la</u><br><u>relación parte aérea/raíz de <i>Festuca arundinacea</i> y <i>Dactylis glomerata</i></u> ..... | 43 |
| 4.1.1.1 Relación parte aérea/raíz .....  | 43 |
| 4.1.1.2 Tasa de expansión media, tamaño medio de hoja y tasa de<br>senescencia total de <i>Festuca arundinacea</i> y <i>Dactylis glomerata</i> .....                               | 44 |
| 4.1.1.3 Tasa aparición de hojas en festuca y dactylis.....   | 45 |
| 4.1.1.4 Número medio de hojas por macollo para festuca y dactylis.....   | 49 |
| 4.1.1.5 Peso específico de lámina en festuca y dactylis.....   | 50 |
| 4.1.1.6 Vida media foliar de festuca y dactylis .....  | 50 |
| 4.1.1.7 Defoliación total y lámina verde total de festuca y dactylis .....   | 51 |
| 4.1.1.8 Efecto de la defoliación total en la interacción estación por<br>tratamiento .....   | 52 |
| 5. <u>CONCLUSIONES</u> .....   | 54 |
| 6. <u>RESUMEN</u> .....  | 55 |
| 7. <u>SUMMARY</u> .....  | 56 |

8. BIBLIOGRAFÍA .....57

9. ANEXOS .....67

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

| Cuadro No.  | Página |
|---|--------|
| 1. Relación promedio parte aérea/raíz según especie   | 41     |
| 2. Tasa de expansión, tamaño medio de hoja y tasa de senescencia total según especie          | 42     |
| 3. Filocrón según especie   | 46     |
| 4. Número medio de hojas por macollo según especie  | 47     |
| 5. Peso específico de lámina según la especie   | 48     |
| 6. Vida media foliar según tratamiento  | 48     |
| 7. Defoliación total y lámina verde total según tratamiento                                   | 49     |
| 8. Defoliación total en la interacción estación por tratamiento                               | 50     |
| Figura No.  |        |
| 1. Croquis de la disposición de los bloques y tratamientos en el área experimental.           | 35     |
| 2. Registro de las precipitaciones durante el experimento comparado con el promedio histórico | 39     |
| 3. Registro de temperaturas medias durante el experimento comparado con la media histórica    | 40     |

|   |    |
|---|----|
| 4. Tasa de aparición de hojas según especie del 18/6-11/7 | 43 |
| 5. Tasa de aparición de hojas según especie del 20/7-11/8 | 44 |
| 6. Tasa de aparición de hojas según especie del 11/8-4/9  | 44 |

## 1. INTRODUCCIÓN

La producción agropecuaria en el Uruguay tiene desde el punto de vista económico una gran importancia, ya que representó en el año 2014 el 6,4% del PBI total (MGAP. DIEA, 2015). A su vez del mismo se destaca la producción pecuaria con el 45%, la agricultura con 47% y 8% la silvicultura.

Un tema que había generado preocupaciones en la cadena cárnica hasta el año 2011 aproximadamente fue el avance de la agricultura de secano (en particular la soja) y en menor medida de la forestación. Pero en la actualidad esta preocupación es inexistente debido a la tendencia a la baja en el precio de los granos. Esto podría llegar a generar un reacomodo de las rentas agropecuarias, tendiendo a un aumento de una ganadería más intensiva debido al mayor uso de praderas (MGAP. OPYPA, 2015).

En la década del 90 la superficie de campo natural ha disminuido, pasando de un 80% a un 71% hacia el 2000, como consecuencias de incrementos importantes en las áreas de pasturas pluri anuales mejoradas, lo que se da en todas las modalidades de mejoramiento (pradera convencional, siembra en cobertura, fertilización sin agregado de semilla, MGAP. DIEA, 2000).

Para el 2010-2011 el área total explotada por el sector agropecuario era de 16.357.000 hectáreas. Donde el 2,95 % corresponde a praderas artificiales permanentes, 3% a campo natural mejorado, 1,4% a verdeos anuales y un 92% a campo natural y rastrojos (MGAP. DIEA, 2015).

Dada la reducción de superficie de pastoreo, para mantener y/o aumentar los niveles de producción en el sector, se buscan alternativas que permitan tanto una mayor producción de forraje así como una mayor eficiencia en su utilización, siendo fundamental un manejo correcto del pastoreo.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del pastoreo en los componentes morfogénicos, tasa de aparición foliar (TAF), tasa de elongación foliar (TEF), vida media foliar (VMF) y consumo animal de *Dactylis glomerata* y *Festuca arundinacea* sembradas en mezcla con leguminosas. Cabe aclarar que ambas especies se encontraban en mezclas diferentes; por un lado *Dactylis glomerata*, *Medicago sativa* y en la otra mezcla *Festuca arundinacea*, *Lotus corniculatus* y *Trifolium repens*.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES

#### 2.1.1 *Festuca arundinacea*

La festuca es indudablemente una de las gramíneas perennes más importantes utilizadas en la región y un componente esencial en la mayoría de las pasturas sembradas (Formoso, 2010).

Es una gramínea perenne, invernada de hábito de crecimiento cespitoso a rizomatoso. Es adaptable a un amplio rango de suelos, prospera mejor en suelos medios a pesados y tolera suelos ácidos y alcalinos (Carámbula, 2002). Crece bien en suelos húmedos, tiene una moderadamente buena resistencia a la sequía y no es muy afectada por las heladas (García, 2003). En cuanto a la densidad de siembra en mezcla el rango de la misma es de 9-12 kg/ha y puro de 10-15 kg/ha (Carámbula, 2002).

Los cultivares de festuca se pueden agrupar en dos grandes tipos, siendo estos mediterráneos o continentales. Los primeros tienen muy buen potencial de crecimiento invernada pero reposan en verano (latencia estival), son de hojas finas y de hábito erecto. Los segundos tienen capacidad de crecer en todas las estaciones del año, son en general de hojas anchas y hábito de crecimiento intermedio, con rendimientos de forraje un 20% superior. El cultivar Estanzuela Tacuabé pertenece a este segundo grupo (Ayala et al., 2010).

El cultivar Tacuabé es una variedad sintética creada en La Estanzuela para mejorar las tres deficiencias agronómicas importantes que presentaba Kentucky 31, el cual en ese momento era el material más sembrado en el país. Estas tres deficiencias eran: el potencial de producción de forraje otoño-invernada, la persistencia productiva y la fuerza de competencia respecto a trébol blanco (Formoso, 2010). Fue el primer cultivar de festuca mejorado en el Uruguay, siendo su liberación comercial a mediados de los 70, representando un salto cualitativo por su marcada superioridad sobre el cv. K31 (Ayala et al., 2010).

Los trabajos realizados en este cultivar permiten definirla como de elevados rendimientos anuales de materia seca, alto potencial de producción de forraje durante el período otoño-invernada, excelente persistencia productiva, de floración temprana y que permite mantener un balance adecuado de la relación festuca-trébol blanco (Formoso,

2010). Tiene una muy buena adaptación ya que reúne en su pedigree genotipos recolectados de viejas praderas de país. Su digestibilidad promedio (DMO) fluctúa desde un pico de máxima en julio de 77% hasta un mínimo de 55% en verano (Ayala et al., 2010).

Las mayores producciones de forraje ocurren en las estaciones de otoño y primavera siendo estas de un 22% y 49% respectivamente (Carámbula, 2002).

Existen algunos caracteres negativos que en general no han sido completamente resueltos. Así, la implantación es lenta dado a que sus plántulas son muy poco vigorosas. Como consecuencia son fácilmente dominadas por especies anuales de crecimiento rápido (Cowan, citado por Carámbula, 2002). Esta lenta implantación es mejorable si se siembra en líneas (García, 2003). Se sugiere que esto podría deberse a una baja movilización de reservas de la semilla y en consecuencia el crecimiento lento de la raíz (Carámbula, 2007a). Como consecuencia la producción durante el primer año es baja, pero si se maneja de forma adecuada puede persistir muchos años (Langer, 1981).

Otro de las principales inconvenientes es la falta de apetecibilidad en etapas avanzadas (etapas reproductivas) razón por la cual en algunas zonas y producciones la utilización es limitada. La festuca es una planta esencialmente de pastoreo que debe ser utilizada de manera que no crezca mucho ni que se endurezca, ya que si pierde terneza pierde digestibilidad y apetecibilidad como se mencionó anteriormente; por lo tanto el animal la rechaza. En éste sentido, dicha especie, exige un manejo estricto de lo contrario se transforma en un forraje tosco y despreciable (Carámbula, 2002).

En cuanto al manejo del pastoreo la misma admite defoliaciones intensas y relativamente frecuentes debido a que no solo las sustancias de reserva se encuentran en las raíces y los rizomas cortos que forman las coronas de las plantas, sino también porque por lo general, las plantas presentan área foliar remanentes altas luego de los pastoreos (Mckee et al., 1967).

El manejo exitoso depende de que sea pastoreada cuando la pastura tiene una altura de alrededor de 10 cm. Más allá de esta etapa la festuca parece perder valor alimenticio (Langer, 1981). Con este manejo de defoliación se tratará de que no se formen maciegas, lo cual junto a un buen aporte de nitrógeno, biológico o químico, favorecerán rendimientos altos por muchos años (Carámbula, 2002).

No se resiembra naturalmente por lo cual se debe cuidar la pastura desde el primer año para tratar de minimizar las pérdidas de plantas, sobre todo en verano ya que ésta especie no posee reposo estival ni posibilidad de acumular grandes volúmenes de reserva. Por esto es necesario promover el desarrollo de un gran sistema radicular desde fines de invierno (Carámbula, 2007a), evitando regímenes de pastoreo excesivamente

intensos y proporcionándole ciertos períodos de descanso (López et al., citados por Carámbula, 2007a).

### 2.1.2 *Dactylis glomerata*

Es una gramínea perenne invernal, cespitosa con macollos achatados. Las hojas son de color verde azulado, presentan una nervadura central marcada, pero no tienen aurículas. La lígula es blanca y visible. Tanto la hoja como la vaina no presentan pelos (Langer, 1981).

Vulgarmente conocida como pasto azul, se caracteriza por formar matas individuales ya que no produce rizomas y estolones y forma un tapiz abierto con matas definidas (Carámbula, 2002).

Se adapta a un amplio rango de suelos, desde arenosos a pesados aunque su mejor desempeño se obtiene en suelos de texturas medias y permeables. Es poco tolerante a excesos hídricos por lo que no debe utilizarse en suelos húmedos mal drenados y tiene menores requerimientos de fertilidad que festuca, falaris y raigrás (Ayala et al., 2010). Se destaca por su resistencia a la sequía y crecimiento durante el verano (García, 2003), aunque según Carámbula (2007a), posee un peor comportamiento que festuca ya que presenta un sistema radicular superficial por lo que deberá promoverse su expansión antes y durante el verano, a través del mantenimiento de áreas foliares adecuadas.

Su crecimiento inicial es más vigoroso que el de festuca, produciendo un aumento rápido en el número de macollas, lo que propicia una buena implantación y generalmente un mayor rendimiento que festuca en el año de siembra (Bautés y Zarza, citados por Carámbula, 2007a). Presenta buen establecimiento aún en suelos ácidos. Mayor digestibilidad y apetecibilidad que festuca si se mantiene corto el tapiz. Es la gramínea perenne que mejor controla la gramilla (Carámbula, 2002).

Es más susceptible que festuca al daño por pisoteo. Se asocia bien con todas las leguminosas. Tolerancia muy bien la sombra por lo que admite siembras asociadas con cereales y otras gramíneas (Ayala et al., 2010). La densidad de siembra pura es de 10-15kg/ha y en mezcla de 8-10 kg/ha (Carámbula, 2002).

La producción total y estacional de esta especie depende de la intensidad del manejo del pastoreo. En un estudio se evaluó el rendimiento de *Dactylis glomerata* en una pastura mezcla, pastoreada en forma intensa y frecuente (7,5 a 2,5 cm) o aliviada y frecuente (18 a 7,5 cm) o pastoreada en forma intensa en un período estacional solo, seguido de un pastoreo aliviado el resto del año. Cuando fué pastoreada de continuo la pastura alcanzó una altura de 7,5 cm, y el dactylis produjo 706 kg/ha/año de MS, en

cambio el pastoreo aliviado resultó en 3228 kg/ha/año de MS. Con respecto al pastoreo intenso en una sola estación el más perjudicial fue el realizado en el verano, pero en el otoño el dactylis se vió favorecido ya que disminuyó la competencia de las restantes especies en la mezcla. Por lo tanto esta especie, sometida a un pastoreo rotativo y aliviado, produce mejor durante el verano y el otoño, pero esta característica no tiene la oportunidad de manifestarse si se practica un pastoreo intenso (Brougham, citado por Langer, 1981).

De acuerdo con García (1995a), los resultados que se lograron cuando se comparó durante tres años un manejo frecuente (15 cortes por año) con un manejo normal (7 cortes por año), este último permitió obtener 23% más de forraje por año. Asimismo este autor, observó que al cuarto año, estos tratamientos no presentaron diferencias en el stand de plantas entre sí, demostrando la buena versatilidad de la especie para adoptar hábitos de crecimiento distintos, volviéndose más postrado ante manejos más frecuentes.

Esta especie permite lograr mezclas bien balanceadas debido a su baja agresividad frente a las leguminosas. Si se la combina con alfalfa hay que buscar cultivares de esta última que sean resistentes al frío y que tengan crecimiento temprano en primavera (Carámbula, 2007a).

El cultivar INIA Perseo fue obtenido en La Estanzuela luego de tres ciclos de selección con énfasis en rendimiento y sanidad (Ayala et al., 2010). Tiene una floración temprana, en octubre (próximo al 07/10, Ayala et al., 2010). Es un cultivar resistente a royas; a manchas tiene peor comportamiento teniendo en algunos años mucha AF afectada por las mismas (INASE, 2010, 2011). A pesar de esto en general tiene una buena sanidad foliar, aspecto muy destacable en materiales de floración temprana, que son generalmente los más susceptibles. Presenta un hábito de crecimiento semierecto. Posee rendimientos de forraje destacables y superiores que el testigo de INIA LE Oberón en verano y otoño (Ayala et al., 2010).

### 2.1.3 *Medicago sativa*

Es una especie leguminosa perenne estival, con crecimiento erecto a partir de corona, que concentra su producción en el período primavero-estival (64 a 75%), independientemente del grado de latencia del cultivar. La producción netamente estival es del 28 al 33% del total anual. El reposo invernal determina la producción otoño-invernal, donde los cultivares con reposo producen 6-10%, mientras que aquellos sin reposo 16-20% de la producción total anual en dicho período (Rebuffo, 2000). En otoño su producción baja relativamente, lo cual unido a un manejo cuidadoso para favorecer su persistencia hace que no tenga una gran contribución (Carámbula, 2007a).

La alfalfa requiere un suelo bien drenado y condiciones no demasiado ácidas para una producción y persistencia óptimas (Langer, 1981).

Requiere suelos fértiles con altos niveles de fósforo. Tiene un muy alto valor nutritivo, aunque con cambios constantes a lo largo del año, siendo superiores en primavera y principalmente en estado vegetativo lo que tiene como consecuencia un elevado consumo por parte de los animales. A su vez tiene alta capacidad fijadora de nitrógeno sumado a su carácter mejorador y restaurador de la fertilidad en las rotaciones. Tiene un buen vigor inicial y establecimiento, aunque no se implanta en siembras en cobertura (Carámbula, 2007a).

Dicha especie posee una raíz pivotante que se orienta de forma perpendicular pudiendo penetrar en el suelo hasta 8 o 10 metros de profundidad, lo que le permite llegar al agua de las capas profundas. Además presenta entre los 30 y los 60 cm una cabellera de raíces que le permite la absorción de los nutrientes. La especie en cuestión se clasifica según su reposo o latencia invernal; en las cuales las plantas no crecen, no producen. Dicha clasificación se basa en, sin reposo, con reposo corto y con reposo largo (Carámbula, 2002).

La alfalfa cuando es defoliada, pierde los puntos de crecimiento de los tallos altos de manera que la disponibilidad de yemas para el crecimiento de nuevos tallos es muy importante. En general, existe una secuencia rítmica en la actividad de las yemas, por lo que el crecimiento activo de nuevos tallos comienza en la planta cuando el cultivo previo ha alcanzado un cierto estado de madurez, que coincide normalmente con la primera aparición de flores jóvenes (Langer, 1981).

Estudios detallados, Leach et al., citados por Langer (1981), han demostrado que las yemas situadas en o próximas a la corona son los centros de regeneración más importantes, luego que la planta ha sido cortada o pastoreada. Sin embargo, cuando la defoliación ocurre especialmente en una etapa inmadura de crecimiento pueden surgir nuevos tallos a partir de las axilas de las hojas que quedan, con frecuencia a cierta distancia por encima del nivel del suelo. Aunque estos tallos aparecen antes que aquellos que surgen de las yemas basales, contribuyen solo en forma limitada a la regeneración de la planta, la que es pronto acometida por lo tallos basales de importancia mucho mayor.

Con respecto al manejo de la alfalfa en particular, Langer (1981), señala que la defoliación cuando la planta alcanza el estado de comienzos de la floración producirá el máximo rendimiento de materia seca y preservará la persistencia de la pastura. La alfalfa puede ser dañada con facilidad y así, quedar vulnerable al ingreso de malezas, por el corte o pastoreo realizado con demasiada frecuencia en un estado inmaduro.

Es compatible para siembras consociadas con gramíneas perennes y anuales (Carámbula, 2007a). Más allá de esto, O' Connor, citado por Langer (1981), sostiene que existe una importante dificultad de realizar un manejo correcto y adecuado a un componente sin imponer al mismo tiempo un estrés sobre el otro. Inevitablemente, la alfalfa o la gramínea deberán ser cortadas en un estado inferior al óptimo, lo cual tiende a desequilibrar el balance delicado que existe entre las dos especies.

También es muy apropiada para henificación. Puede provocar un alto grado de meteorismo en etapas previas a la floración por lo que hay que manejarla de forma adecuada. Es susceptible a varias plagas y enfermedades sobre todo de corona. No se resiembra naturalmente, con una producción de semillas complicada e impredecible (Carámbula, 2007a).

El cultivar Estanzuela Chaná fue seleccionado por persistencia sobre viejos alfalfares de origen italiano. Es característica por sus plantas de porte erecto y tallos largos, de coronas grandes con numerosos tallos, de reposo invernal corto y floración intermedia poco profusa. A pesar de que no tolera mucho la podredumbre de la raíz en su implantación, su excelente precocidad y vigor de plántulas determinan su alto rendimiento en el primer año cuando se la siembra en el otoño temprano. Se destaca por su alta producción en todo el ciclo, entregando el 50% del forraje total en el verano. Su rápida recuperación después del corte permite obtener hasta 6 cortes al año (Rebuffo, 2000). El cultivar Estanzuela Chaná es uno de los mejores cultivares frente a roya pero es algo más afectado por manchas en general. Presenta comparativamente frente al resto de los cultivares una muy buena persistencia, presentando un 87% de las plantas a fin del tercer año, un 75% a principios del cuarto año y un 52% a fines del cuarto año (INASE, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011). Su vida productiva es de cuatro a cinco años con pastoreo rotativo, ya que los pastoreos frecuentes reducen su persistencia (Rebuffo, 2000).

#### 2.1.4 *Lotus corniculatus*

Es una leguminosa perenne estival, que presenta un crecimiento erecto a partir de la corona. Posee un sistema radicular vigoroso de profundidad intermedia, compuesto por una raíz pivotante y raíces laterales que le confieren resistencia a las deficiencias hídricas (Zanoniani y Ducamp, 2004).

Se trata de una especie adaptada a variadas condiciones de suelo con buenas producciones de forraje (Formoso y Allegri, citados por Formoso, 2004). Se ha observado que crece bien donde el pH del suelo varía entre 6,4 y 6,6 (Hughes et al., citados por Langer, 1981). Es poco apto para suelos superficiales ya que no le permite un buen desarrollo radicular (Zanoniani y Ducamp, 2004). También se adapta a un cierto grado de salinidad (Peterson et al., citados por Langer, 1981). Su adaptación a suelos

hidromórficos es ambigua, siendo buena para algunos autores (García, citado por Zanoniani y Ducamp, 2004) o mala si se dan las condiciones de drenaje imperfecto (Peterson et al., citados por Langer 1981, Smethan, citado por Zanoniani y Ducamp 2004). En estos tipos de suelos además es esperable que se dé una mayor probabilidad de ocurrencia de enfermedades de raíz y corona que disminuyen la persistencia de las plantas (Zanoniani y Ducamp, 2004).

Responde muy bien a la fertilización con fósforo y al encalado, pero pudiendo subsistir con bajos porcentajes de éste nutrientes (Carámbula, 2007a).

No presenta reposo invernal pero su producción es muy dependiente de las condiciones ambientales (Zanoniani y Ducamp, 2004). Cuando las temperaturas invernales son bajo cero durante la mayor parte del tiempo, la planta se agota hasta la corona (Peterson et al., citados por Langer, 1981). Tiene un buen potencial de producción primavera – estivo – otoñal con posibilidades de producción a fines de invierno en cultivares tempranos. El alto valor nutritivo (declina poco en verano con la madurez) que posee la hace recomendable para incluirla en mezclas forrajeras, sin embargo puede sembrarse en cultivos puros (Carámbula, 2007a), ya que la presencia de taninos facilita el manejo del pastoreo, permitiendo acceder a alta calidad de forraje sin producir meteorismo (Ayala et al., 2010).

Su patrón de crecimiento es parecido al de la alfalfa, pero se destaca por poseer un mejor comportamiento bajo temperaturas frescas a frías. También su calidad es mejor que la de la alfalfa al avanzar el ciclo (Carámbula, 2007a).

La defoliación hace que se retiren folíolos pero también meristemos apicales y axilares que se encuentran por encima de la altura de corte, debido a que tiene un alargamiento en altura de los entrenudos. Esto también hace que las hojas más nuevas sean removidas y que el área foliar remanente luego del pastoreo tenga una baja fotosíntesis, dependiendo el rebrote mayormente de las reservas acumuladas, a pesar de que comparativamente no es de las especies que más almacena (Zanoniani y Ducamp, 2004). Es una especie muy sensible al manejo que se le realice, beneficiándose de pastoreos controlados (Carámbula, 2007a). Según Formoso (1996), las mayores producciones y longevidades se dan con frecuencias del entorno de los 20 cm e intensidades entre 3 y 6 cm, decayendo en gran proporción la supervivencia de plantas si esto no se cumple en verano.

Presenta una incidencia importante de enfermedades a hongos de la raíz y la corona como lo son algunos del género *Fusarium* (Altier, citado por Carámbula, 2007a). A su vez es problemática su persistencia por resiembra natural (Carámbula, 2007a), a diferencia de otros autores que afirman que presenta una buena persistencia si se le permite semillar, para lo cual debe realizarse un manejo intenso en otoño, permitiendo la entrada de luz junto con la ocurrencia de adecuadas condiciones climáticas, de modo de

lograr un buen reclutamiento otoñal de plantas para reemplazar aquellas que han muerto (Zanoniani y Ducamp 2004, Pereira 2007).

Los cultivares de esta especie se pueden agrupar en dos grandes grupos: tipo europeo y tipo empire. Todos los cultivares utilizados en Uruguay corresponden al primer tipo, los cuales poseen crecimiento en invierno cuando no se presentan fríos extremos. También son definidos como sin latencia o dormancia invernal. Los de tipo empire fueron los primeros cultivares seleccionados en Estados Unidos y tienen un largo período de reposo invernal que en Uruguay se prolonga desde abril hasta setiembre (Ayala et al., 2010).

El cultivar San Gabriel es de origen brasileño (Zanoniani y Ducamp, 2004), siendo su población introducida desde São Gabriel, Rio Grande do Sul (Ayala et al., 2010). Es de tipo europeo, con una excelente adaptación al pastoreo, comprobada versatilidad y amplia adaptación ambiental. Está recomendado para siembra directa y también en mejoramientos de campo. Este cultivar florece temprano, desde noviembre, y tiene un período de floración muy prolongado. Se destaca de otros cultivares por su rendimiento anual e invernal debido a que se mantiene activo durante el inicio del invierno, pero también a que crece activamente desde la primavera temprana. Sus niveles de digestibilidad son más altos en primavera temprana donde alcanzan valores de 75% decreciendo luego hacia el verano. No presenta problemas de enfermedades o plagas específicas, pero es susceptible a podredumbres de raíz y corona, que reducen su persistencia (Ayala et al., 2010).

Según las evaluaciones de INASE (2004), cuenta con un 61% de cobertura de la fila al tercer año, siendo esto un dato de persistencia promedio dentro de los cultivares evaluados.

#### 2.1.5 *Trifolium repens*

Es una leguminosa perenne estolonífera de ciclo invernal, aunque su mayor producción se da en primavera. Sufre enormemente la falta de agua y muchas plantas pueden morir en el verano, por lo que puede comportarse como anual, bianual o de vida corta. En años severos donde ocurra la muerte de plantas o de estolones se deber regenerar la población a partir del banco de semillas del suelo (Carámbula, 2007a).

Esta especie es glabra, de hábito postrado con muchos tallos extendiéndose por la superficie del suelo y produciendo raíces adventicias en cada nudo. El sistema radicular primario se pierde una vez que la planta se establece (Langer, 1981).

Se adapta a suelos de textura media a pesada, con pH neutro, de alto contenido de materia orgánica y buena capacidad de almacenamiento de agua. Además, tolera condiciones de drenaje deficiente (Brito del Pino et al., 2008).

Posee atributos muy positivos como son un alto rendimiento de materia seca de alta calidad, adaptándose bien a manejos intensos. Esto se debe fundamentalmente al porte rastrero, meristemas contra el suelo, índice de área foliar (IAF) bajo, hojas maduras ubicadas en el estrato superior y las jóvenes en el inferior (Carámbula, 2007a). La velocidad de rebrote después de un pastoreo o corte, depende del área foliar residual, la cual en general es considerable dado su hábito tan postrado (Langer, 1981).

A pesar de aceptar pastoreos intensos, las plantas se desfavorecen si estos son exagerados. Se deben mantener las plantas vigorosas, que presenten estolones largos y con un buen diámetro, hojas de mayor peso individual, además de una mayor proporción de hojas cosechables. Ésta especie no es de floración terminal y aunque florezca, el estolón puede seguir creciendo (Carámbula, 2007a).

En pasturas sometidas a un pastoreo muy intenso una cierta proporción de inflorescencias logran producir semillas, habiendo siempre una elevada proporción de semillas duras. Por lo tanto, un sobrepastoreo o una sequía no necesariamente significa perder todas las plantas, ya que aparecerán otras que las reemplazarán (Suckling, citado por Langer, 1981).

Según Veribona (2006), el trébol blanco beneficia la ganadería intensiva de varias maneras, entre ellas, el valor de la pasturas con esta especie es superior, debido a su mayor contenido energético y de proteína cruda y a que la ingesta voluntaria de estas pasturas por el ganado son superiores debido a incrementos en la palatabilidad, lo que incrementa directamente el rendimiento y la producción ganadera.

Sin embargo, según Bretschneider (2008), los riesgos por meteorismo en la época de crecimiento primaveral son elevados. Una de las medidas para mitigarlo es sembrarlo en mezclas ultra simples con una gramínea, a excepción de que sea destinado a producir semillas, casos en los que obviamente se siembra puro.

El cultivar Estanzuela Zapicán fue obtenido en La Estanzuela a partir de introducciones realizadas de Argentina. Es un cultivar de hoja grande, erecto, con floración temprana y abundante. Tiene probada adaptación a la región donde se cultiva desde los años 60. Sus cualidades más destacadas son su rápido establecimiento y excelente producción invernal. Tiene abundante semillazón que asegura un banco de semillas adecuado para los años de buena resiembra. A su vez presenta una muy buena adaptación a la región y es muy versátil, pudiéndose adaptar a distintos usos (Ayala et al., 2010).

## 2.2 MEZCLA FORRAJERA

Algunas de las razones por las que se justifica el empleo de una mezcla en lugar de un cultivo puro son mayor y más uniforme distribución estacional de la producción de forraje, menor variabilidad interanual y ventajas en la alimentación como mayor calidad y menor riesgo de meteorismo (Scheneiter, 2005).

La elección de la composición de la mezcla a sembrar depende de varios factores, siendo el principal la aptitud del suelo que define en principio las especies que pueden prosperar en él. Además el tipo de actividad ganadera (cría, invernada, ciclo completo), la presencia de ciertas malezas, el manejo del pastoreo que se esté dispuesto a llevar a cabo, la homogeneidad del lote, y otros aspectos técnicos actúan sobre la decisión de la composición (Scheneiter, 2005).

En términos generales, entre las especies forrajeras que componen la mezcla pueden establecerse dos tipos de relaciones, de competencia que es el fenómeno más frecuente o bien de complementación que es más esporádica (Scheneiter, 2005).

En países templados y húmedos existe dificultad por parte de las leguminosas en competir con las gramíneas, salvo con un manejo muy adecuado. Se ha indicado que las gramíneas tienen mayor capacidad que las leguminosas para absorber fosfatos, sulfatos, nitratos y potasio de una solución nutritiva (Muslera y Ratera, 1984).

A su vez se determinó que las leguminosas necesitan la totalidad de la luz del día, para crecer a su máxima capacidad fotosintética, mientras que las gramíneas pueden alcanzar la misma tasa de crecimiento solo con el 80% de dicha capacidad (Black, citado por Muslera y Ratera, 1984).

Las leguminosas rastreras como el trébol blanco tienen mayores dificultades en competir por la luz que las gramíneas de tipo erecto que pueden asociarse con ellas, consecuentemente, salvo que se pastoree intensamente la pradera y no dejar sobrepasar las gramíneas una determinada altura, puede llegar a desaparecer la leguminosa de la mezcla (Muslera y Ratera, 1984).

Las leguminosas de crecimiento más erecto como lotus, pueden competir mejor por la luz, pero aun así solo sobreviven espaciando notablemente los pastoreos (Muslera y Ratera, 1984).

Estas consideraciones son válidas solo para suelos y climas en las que puede desarrollarse a igualdad de condiciones tanto gramíneas como leguminosas. En cuanto el medio ambiente sea más favorable a una especie u otra, por más adecuado que sea el manejo el equilibrio se desplazará inexorablemente del lado de aquella cuya situación ecológica sea la más favorable (Muslera y Ratera, 1984).

En cuanto a la producción anual y estacional de forraje, la respuesta que expresa una mezcla, dependerá de las especies sembradas y del ambiente que experimentan durante su crecimiento y desarrollo, adicionalmente el efecto ambiente puede ser modificado mediante la defoliación y el uso de insumos como fertilizantes, herbicidas con lo que también puede controlarse en parte la composición y producción de las pasturas (Scheneiter, 2005).

Cuando se instala una pastura la idea es lograr una mezcla mixta bien balanceada de gramíneas y leguminosas, para lo cual se recomienda 60-70% de las primeras, 20-30% de las segundas, admitiendo un posible 10% de malezas. Ambas familias se complementan de forma más productiva y rentable (Carámbula, 2002).

En este tipo de mezclas mixtas las especies pueden compensar su crecimiento frente a factores climáticos, edáficos y de manejo, no solo manteniendo más homogénea la producción en ciertas épocas del año sino también alargando el período de productividad de la pastura, ofreciéndole a su vez una mayor flexibilidad en su utilización (Blaser et al., citados por Carámbula, 2002).

Según Langer (1981), en lugares donde las gramíneas dependen únicamente de las leguminosas como fuente de nitrógeno, las pasturas de gramíneas y trébol tienden a ser autolimitantes en su rendimiento en los períodos de descanso prolongados y un crecimiento muy vigoroso de la gramínea produce mayores rendimientos de materia seca, pero deprimen a los tréboles más que los períodos de descanso cortos y las gramíneas menos vigorosas. Los tréboles más pequeños fijan menos nitrógeno y por lo tanto las gramíneas no crecen de forma tan vigorosa, como consecuencia los tréboles prosperan.

Las pasturas nuevas de gramínea/trébol en donde los niveles de nitrógeno son bajos muestran esta oscilación desde el predominio inicial del trébol hasta el predominio de la gramínea, retrocediendo nuevamente hacia un predominio parcial del trébol. Eventualmente se alcanza un equilibrio similar a un 70% de gramíneas y 30% de trébol (% de suelo cubierto), en pasturas sometidas a pastoreo. Por lo tanto para obtener una máxima producción de materia seca sostenida, de una pradera mixta gramínea/trébol que depende del nitrógeno fijado por el trébol, el manejo debe incluir intervalos de descanso entre períodos de pastoreos lo más prolongados posibles, pero no tan largos que supriman a los tréboles provocando un rendimiento total menor (Langer, 1981).

Actualmente la mayoría de las mezclas consisten en dos gramíneas y dos leguminosas (Harris, citado por Langer, 1981) o una gramínea y una leguminosa permitiendo alcanzar así el potencial de crecimiento individual con mayor facilidad al disminuir la competencia interespecífica y permitiendo un manejo más fácil de la misma (Langer, 1981).

El rol de las leguminosas en la mezcla es aportar nitrógeno a las gramíneas, aporte de valor productivo para la dieta del animal como promotoras de la fertilidad en suelos naturalmente pobres o degradados (Carámbula, 2002). Las mezclas formadas por trébol blanco y lotus como componente leguminosa, son las más comunes en la región, es una mezcla de gran adaptación a distintas condiciones climáticas, a diferentes tipos de suelo y a manejos bastantes indefinidos, mostrando ambas, amplia versatilidad. Además al ser especies de distinto género presentan diferentes susceptibilidades a plagas y enfermedades. Otro aspecto a tener en cuenta es que la presencia de lotus disminuye las probabilidades de ocurrencia de meteorismo (Carámbula, 2002).

Moliterno (2000), registró a los 70 días de la siembra, mayor peso de materia seca a favor de trébol blanco, siendo 23% para la parte aérea y 53% para la subterránea, dejando en manifiesto que el lotus es la leguminosa perenne con menor vigor inicial, teniendo un crecimiento débil. Según Carámbula (2002), la vida productiva de ambas especies en una pastura está condicionada por el proceso de formación y enraizamiento de estolones hijos de trébol blanco, y el reclutamiento de plantas nuevas por resiembra natural en ambas especies. La importancia con que ocurra una alternativa u otra depende de las condiciones ambientales prevalentes y de las condiciones ambientales dadas.

La inclusión de trébol blanco en una mezcla permite alcanzar durante primavera-verano, valores de digestibilidad mayores a lo normalmente encontrado en gramíneas puras sin fertilizar. Esto se debe a que esta leguminosa presenta durante todo el año una elevada digestibilidad. Si bien es cierto que en otoño-invierno, el 80% de la contribución de leguminosa consiste en hojas y pecíolos, en primavera-verano, a pesar que esta fracción desciende al 60% como consecuencia de aumentos crecientes de cabezuelas y pedúnculos, la calidad de estos órganos es igualmente alta (Scheneiter y Pagano, citados por Carámbula, 2002).

Por otro lado las gramíneas son consideradas por Carámbula (2002), como la “columna vertebral” de la pastura, aportando productividad sostenida por muchos años, permite la adaptación a gran variabilidad de suelos, facilidad de mantenimiento de poblaciones adecuadas, explotación total del nitrógeno simbiótico, estabilidad de la pastura, baja sensibilidad al pastoreo o corte, baja susceptibilidad a enfermedades y plagas, y por último baja vulnerabilidad a la invasión.

## 2.3 EFECTOS DEL PASTOREO

### 2.3.1 Introducción

El manejo del pastoreo involucra tanto a las pasturas como a los animales y tiene por finalidad alcanzar los máximos rendimientos de forrajes en cantidad y calidad, así como la mejor estabilidad y la mayor persistencia de las pasturas, junto al óptimo de producción animal (Carámbula, 2004).

La defoliación es la influencia más importante del animal sobre la pastura, debido a que no sólo se reduce el área foliar, el desarrollo de plantas y el crecimiento de hoja y raíz, sino que también se altera el microambiente en cuanto a intensidad de luz, temperatura y humedad de suelo (Watkin y Clements, citados por Acosta et al., 1998).

La base del manejo del pastoreo debe ser dirigido a mantener las condiciones ideales para que la pastura produzca el máximo de forraje con el mínimo de pérdidas de recursos naturales, favoreciendo a la vez el mejor comportamiento animal (Carámbula, 2004).

Este objetivo conlleva a la existencia de una gran interacción entre ambos sistemas planta-animal, en una relación que es muy compleja y difícil de explicar en términos prácticos, pero que necesariamente se debe manipular para alcanzar la mayor rentabilidad del sistema de producción en marcha (Carámbula, 2004).

### 2.3.2 Parámetros que definen el pastoreo

Bajo pastoreo, la producción total anual estacional de una pastura depende de dos factores, que normalmente tienen efectos opuestos; ellos son frecuencia e intensidad de pastoreo. La primera se define como el número de pastoreos o cortes y la segunda se refiere al rendimiento de cada pastoreo realizado (Carámbula, 2004).

#### 2.3.2.1 Frecuencia

La frecuencia de defoliación es el intervalo de tiempo entre dos pastoreos sucesivos, la cual es una característica propia del sistema de manejo del pastoreo (Pineiro y Harris, 1978).

Cuando los pastoreos son muy frecuentes generan una reducción en el nivel de reservas y el peso de las raíces, lo cual genera menor producción de forraje y rebrotes

más lentos. El debilitamiento de las plantas por este factor, aumenta su susceptibilidad al ataque de enfermedades, generando la muerte de las mismas (Formoso, 2000).

Cuando las pasturas son sometidas a períodos prolongados de descanso su rendimiento relativo es mayor debido a la posibilidad que tienen de recuperar las reservas (Langer, 1981).

Con referencia al número de pastoreos o cortes, si bien cada especie posee un período de crecimiento limitado, cuanto mayor es la frecuencia de utilización, menor es el tiempo de crecimiento entre dos cortes sucesivos y por tanto más baja será la producción de forraje de cada uno de ellos (Carámbula, 2007b). Según Moliterno (2002), el potencial de producción en el primer año depende más de la combinación de las diferentes especies sembradas en la mezcla, que de la frecuencia de defoliación. Por lo tanto la combinación correcta de especies, junto con un manejo adecuado de la frecuencia de defoliación, son variables que inciden fuertemente en la producción.

La frecuencia de defoliación no sólo tiene impacto sobre el comportamiento en las especies en la estación en que se realiza, sino además sobre las estaciones posteriores (Formoso, 1996).

Si bien la frecuencia de utilización depende de cada especie en particular o de la composición de la pastura y de la época del año en que aquella se realice, el elemento que determinará la longitud del período de crecimiento será la velocidad de la pastura en alcanzar un volumen adecuado de forraje, o sea haber llegado a su IAF óptimo. Por tanto en leguminosas donde su IAF óptimo es relativamente menor que las gramíneas, se podrá hacer una utilización más frecuente de las mismas (Carámbula, 2007b).

Según Fulkerson y Slack (1995), el número de hojas es un indicador de la etapa de crecimiento de una pastura, lo cual es determinante para definir el intervalo de defoliación. Los resultados del trabajo de estos autores indican que el momento óptimo para realizar el pastoreo es a las tres hojas luego de iniciado el rebrote. Esto no sólo permite expresar el máximo potencial de rebrote en ése ciclo de crecimiento, sino también en el próximo.

Cuando la defoliación es frecuente y la pastura no alcanza su índice de área foliar óptimo, la relación rojo/rojo lejano de la luz aumenta, resultando en la formación de plantas con hojas cortas y con una alta densidad de tallos. En cambio, cuando la defoliación es menos frecuente aumenta la competencia por luz entre las plantas, por lo que éstas desarrollan hojas largas y una baja densidad de tallos (Mazzanti et al., 1994). Estos cambios en la calidad de la luz, inhiben o promueven en mayor o menor medida el macollaje.

Según Brougham (1956), cuando una pastura es defoliada con una mayor intensidad, el período de tiempo para lograr interceptar el 95% de la radiación incidente se alarga, determinando un período de tiempo mayor entre pastoreos sucesivos.

Numerosos resultados de la investigación demuestran que incrementando la frecuencia de pastoreo se logra aumentar el porcentaje de utilización de las pasturas y mantener una mayor y más homogénea calidad del forraje consumido (Fernández, 1999).

### 2.3.2.2 Intensidad

La intensidad de cosecha hace referencia al rendimiento de cada pastoreo o corte, el cual está determinado por la altura del rastrojo al retirar los animales. Esto no sólo afecta el rendimiento de cada defoliación, sino que condiciona el rebrote y por tanto la producción total de la pastura. Parsons y Penning (1988), definen una defoliación severa como la eliminación de la mayor parte del área foliar, y lo consideran sinónimo de una eficiente utilización del crecimiento del pasto. De esta forma mayor intensidad tiene como beneficio la cantidad de forraje cosechado pero como perjuicio la producción de forraje subsiguiente (Carámbula, 2007a).

Respecto a lo mencionado anteriormente, Chilibrste et al. (2008), afirman que los pastoreos más intensos reducen la producción de forraje, sin embargo el porcentaje de utilización del forraje producido es mayor, ya que la remoción del forraje verde aumenta y disminuyen las pérdidas por senescencia.

El área foliar remanente es determinada por la intensidad de la defoliación y por el tipo de crecimiento de la especie (erecto o postrado). Esto sumado a la eficiencia del rastrojo determina el crecimiento luego de una defoliación. Para que esto suceda debe estar formado por hojas nuevas, con bajos porcentajes de hojas senescentes lo cual compensa temporariamente eventuales bajos IAF (Carámbula, 2007b).

La intensidad del pastoreo afecta el número de plantas, el número de macollos y en particular el peso de los mismos (Grant et al., 1981). Para no afectar negativamente el crecimiento posterior cada especie posee una altura mínima a la cual es recomendable dejar el rastrojo. De esta forma las especies postradas admiten menores alturas de defoliación que las especies erectas, aunque estas pueden adaptarse en parte a manejos intensos (Carámbula, 2007b).

Por tanto, como recomendación general, las especies postradas pueden ser pastoreadas en promedio hasta 2,5 cm y las erectas entre 5 y 7,5 cm. De no hacerlo así se puede causar daños graves en la pastura (Carámbula, 2007b).

### 2.3.3 Dinámica del crecimiento de gramíneas y leguminosas

Teniendo en cuenta que en las pasturas el rendimiento económico está constituido por las macollas o tallos y hojas es fundamental conocer los eventos que ocurren en la formación de ambos componentes del rendimiento y los efectos que pueden ejercer distintos factores sobre estos (Carámbula, 2002).

El objetivo en el manejo de una pradera es la producción de forraje, permitir la renovación de reservas de las plantas para mantener su vigor y lograr la máxima productividad en mediano y largo plazo. Conocer los principios del crecimiento de las plantas de las praderas es de fundamental importancia para el manejo apropiado del pastoreo (Núñez et al., 2000).

#### 2.3.3.1 Gramíneas

En las gramíneas se considera al macollo como la unidad morfológica central, formado por la repetición de unidades similares llamadas fitómeros, diferenciadas a partir del mismo meristema apical. El fitómero consiste en una hoja, nudo, entrenudo, meristema axilar y meristema intercalar (Briske, citado por Colabelli et al., 1998). En la base del macollo se encuentra el ápice del tallo que es un pequeño cilindro que mide de 1 a 2 mm de longitud, formado por varios segmentos superpuestos unidos por nudos. Dichos segmentos se originan por división de células de la parte terminal del ápice del tallo (domo apical, Beguet y Bavera, 2001). El ápice del tallo es el encargado de captar la temperatura (vernalización) recibiendo a su vez las señales del fotoperíodo para la iniciación floral, captado previamente por las hojas (Carámbula, 2002).

Durante la fase vegetativa el domo apical permanece en la base del macollo, cerca del nivel del suelo y por debajo de la altura normal de corte o pastoreo (Beguet y Bavera, 2001).

A medida que va dando origen a nuevos segmentos, los más viejos van produciendo hojas. Las hojas crecen en forma de vaina cubriendo los segmentos más nuevos y el domo apical. Los segmentos más nuevos van dando origen a nuevas hojas que crecen dentro de las vainas y hojas más viejas. Las hojas se van produciendo de forma alternada a cada lado de los segmentos. Al elongarse, las vainas emergen en forma de láminas en el extremo superior de las vainas más viejas (Beguet y Bavera, 2001).

El conjunto de vainas da lugar al pseudotallo o tallo vegetativo (Beguet y Bavera, 2001).

La hoja mientras crece recibe metabolitos de la hoja precedente, a medida que se va haciendo visible, se inicia en su punta los procesos de fotosíntesis y transpiración, comenzando a independizarse desde el punto de vista nutricional. Una vez que la lígula queda expuesta a la luz, toda la hoja deja de crecer. Por lo tanto una vez desarrollada, tiene la capacidad de aportar nutrientes a hojas que le suceden, como macollos hijos y raíces, sin embargo a medida que envejecen, estos aportes van siendo cada vez menores, y aun estando verdes mucho antes de su muerte pueden ser ineficientes (Williams, citado por Carámbula, 1977). Este aspecto es relevante en pasturas mal manejadas, ya que la falta de luz por densidad excesiva puede provocar la muerte anticipada de la hoja madura, provocando pérdida de materia seca. Sin embargo, luego de una defoliación es muy probable que la velocidad de fotosíntesis de la hoja vieja sea incrementada como resultado de una mayor disponibilidad de luz (Carámbula, 1977).

La velocidad de aparición de hojas es mayor cuando la planta crece en un ambiente iluminado, temperaturas apropiadas y un nivel adecuado de nutrientes (Mitchell y Anslow, citados por Carámbula, 2002). El número máximo de hojas producidas en una macolla puede variar de 7 a 8 en anuales y 14 a 16 en perennes, y el número de hojas vivas presentes es el resultado de la velocidad de aparición y la longitud de vida de las mismas. Generalmente la velocidad de mortandad es igual a la de aparición, resultado que puede variar por el medio ambiente (Carámbula, 2002).

Las gramíneas forrajeras tienen un número máximo de hojas vivas, que una vez alcanzado, por cada hoja nueva que se produce, la hoja más vieja muere (Davies, citado por Colabelli et al., 1998). Un ejemplo de esto es el raigrás perenne, donde el número promedio de hojas vivas por macollo raramente excede 3, y la aparición de una cuarta hoja tiende a ser contrabalanceada por la pérdida de la primera que se formó (Colabelli et al., 1998). Según Ryle, citado por Carámbula (2002), el número de hojas vivas en una macolla varía entre 3 y 6 de acuerdo a la especie y el ambiente.

En cuanto a los segmentos del ápice del tallo (domo apical), cuenta con yemas axilares que pueden originar nuevos macollos (Beguet y Bavera, 2001). A su vez las hojas de dichos macollos presentan yemas axilares que dan lugar a nuevos macollos (Carámbula, 2002), lo que se denomina como proceso de macollaje. Este mecanismo según Jewiss, citado por Carámbula (2002), cumple tres funciones: ayuda al establecimiento de las plántulas asegurando rápida producción de área foliar como para interceptar luz y competir con malezas, es esencial para la regeneración de la pastura compensando la mortalidad de plantas vecinas, y confiere perennidad a la planta dada su habilidad para presentar elevada longevidad.

Considerando que morfogénesis hace referencia a cambios estructurales que se producen a través del desarrollo de un organismo y que se lo define a partir de procesos de formación, expansión y muerte de órganos, las variables morfogénicas en un macollo

están relacionadas a los procesos de tasa de aparición de hojas, tasa de elongación foliar y vida media foliar (Champan y Lemaire, citados por Colabelli et al., 1998).

Por lo tanto estas tres variables determinan mayoritariamente los cambios de estructura que experimentan los macollos durante su desarrollo (Davies, citado por Colabelli et al., 1998). El producto de dichos cambios determinan las características estructurales de la pastura, como número de hojas vivas por individuo, densidad de macollos y tamaño de hojas. A su vez estas últimas características determinan el índice de área foliar (IAF) de la pastura y con ello la capacidad de capturar energía lumínica para la fotosíntesis y así abastecer funciones de crecimiento (Colabelli et al., 1998).

Las variables morfogenéticas se encuentran bajo la influencia de factores ambientales controlables (agua y nutrientes) y los no controlables (temperatura), a su vez determinan una incidencia indirecta sobre la estructura de la pastura, influyendo sobre la expansión foliar (Colabelli et al., 1998).

Los 2 o 3 segmentos basales del ápice presentan yemas que dan origen a raíces adventicias, formando posteriormente el sistema característico de las gramíneas, en forma de cabellera (Beguet y Bavera, 2001).

Los cambios en la longitud del día (pasaje de día corto a día largo) sumado a una exposición previa a bajas temperaturas, induce a la diferenciación del meristema apical a reproductivo. Dicha inducción ocurre alrededor de 90 días antes de la aparición de la inflorescencia. Con el mismo se desencadenan cambios morfológicos y fisiológicos importantes. Normalmente en el desarrollo reproductivo se acelera la aparición de hojas. A su vez el alargamiento de entrenudos acelera la velocidad de aparición de hojas llevando a que en esta fase ocurra un incremento de hojas vivas por macollos, respecto al número máximo durante la etapa vegetativa (Colabelli et al., 1998).

Al momento de iniciación floral cesa la producción de hojas dado a que el punto de crecimiento se transforma en inflorescencia, comenzando así el período de dominancia apical, en el que se ejerce un efecto depresivo en el proceso de macollaje, inhibiendo la aparición de macollas hijas (Carámbula, 2002).

### 2.3.3.2 Leguminosas

Éstas constituyen una fuente nutritiva de alto valor, por su contenido de proteínas y calcio, al mismo tiempo que actúan como mejoradoras del suelo. Pueden utilizarse en asociaciones con gramíneas y en bancos de proteínas, aunque algunas presentan limitaciones por su contenido de sustancias tóxicas (Sánchez, 2001).

Según lo citado por Carrero (2012), es conocida la particularidad que poseen la mayoría de leguminosas de fijar el nitrógeno atmosférico al suelo, actuando de esta manera como mejoradoras de la fertilidad del mismo. Esto se debe a la simbiosis con microorganismos bacterianos del género *Rizobium* los cuales viven saprofiticamente en el suelo, utilizando fuentes de energía y sustancias nitrogenadas del medio. Al infectar o ser inoculados a las raíces forman conglomerados celulares llamados nódulos en el cual es fijado el nitrógeno facilitándose su absorción por la planta y a su vez, al envejecer la raíz o morir estos nódulos son aportados al suelo siendo aprovechados por otras plantas entre ellas las gramíneas. Se refieren cantidades de nitrógeno fijado por algunas plantas leguminosas entre 20 a 560 kg/ha año, dependiendo del suelo y de la humedad lo cual significa una economía nada despreciable en la inversión de fertilizar el pastizal.

En lo que se refiere a las leguminosas estoloníferas podemos decir que sus yemas se encuentran próximas al suelo, normalmente por debajo de la altura de pastoreo, por lo cual no son dañadas y el rebrote es relativamente rápido. En algunas especies los tallos pueden enraizar y en otras no (ej. trébol blanco y trébol subterráneo). En leguminosas estoloníferas las yemas axilares de los estolones pueden dar lugar a inflorescencias, y a diferencia de las gramíneas se pueden seguir desarrollando hojas. De esta forma durante la floración continúa el crecimiento vegetativo sin ser tan afectado (disminuye la tasa de aparición de estolones, ya que son las yemas axilares las que se diferencian en estolones o inflorescencias (Escuder, citado por Monteverde, 1997).

En leguminosas con tallos erectos (como alfalfa, trébol rojo, etc.) los tallos crecen en función del meristema apical, que da origen a las hojas y eventualmente a ramificaciones. A medida que los tallos crecen se lignifican y forman una corona a nivel del suelo. En el invierno las plantas disminuyen su crecimiento (dependiendo del grado de latencia) aumentándolo en la primavera a partir de yemas de la corona. A diferencia de las gramíneas y leguminosas estoloníferas, los entrenudos se alargan rápidamente elevando el meristema apical, por lo que las yemas apicales están siempre por encima de la altura de defoliación. Cuando los tallos se desarrollan completamente o luego de una defoliación, se activan las yemas de la corona. Si el pastoreo deja tallos altos el rebrote se da a partir de las yemas axilares de los tallos. Las inflorescencias son producidas por las yemas axilares próximas al ápice (Escuder, citado por Monteverde, 1997).

#### 2.3.4 Efecto del pastoreo sobre la pastura

El crecimiento de una pastura resulta de dos procesos opuestos: por un lado la fotosíntesis que fija anhídrido carbónico gaseoso en compuesto orgánico, dependiendo de la superficie foliar y de las condiciones ambientales, y por otro lado de la respiración que mediante la oxidación de carbohidratos suministra energía para las funciones vitales,

que depende también de las condiciones ambientales y del nivel de reservas de las plantas (Millot et al., 1987).

Un balance positivo de ambos procesos resulta en la acumulación de sustancias que pueden almacenarse en base de macollos y raíces o traslocarse a tejidos jóvenes en actividad, facilitando el desarrollo de nuevas hojas y raíces (Marchegiani et al., citados por Millot et al., 1987).

En una pastura ocurre sombreado entre las especies componentes y competencia por la luz que afectará las posibilidades de crecimiento de la pastura como un todo. La energía incidente depende del ángulo de elevación solar, tipo de radiación en cuanto a directa o difusa, densidad de follaje, su estructura y característica de absorción de luz, así como alteraciones de estas relaciones por el clima, nutrición mineral, defoliación, entre otras (Rhoedes y Ster, citados por Millot et al., 1987).

La relación de los animales con la pastura no es mutuamente beneficiosa, como generalmente se presume, ya que un uso descuidado puede deteriorarla y no obtener la producción esperada con el ganado. Por tanto entre los efectos que causa el pastoreo a la pastura podemos mencionar que afecta la composición botánica de la pradera y el crecimiento de las plantas; esto ocurre por medio de los excrementos de los animales (López, 1987).

Los cambios en la composición botánica ocurren debido a dos factores: 1. las heces estimulan más el crecimiento de las gramíneas que de las leguminosas, y 2. los animales no pastorean el forraje sobremaduro alrededor de las heces. Se produce entonces selección por parte de los animales, ocasionando zonas poco pastoreadas alrededor de las heces y sobrepastoreadas en sectores más limpios (López, 1987).

También hay daño mecánico sobre la pastura ocasionada por el pisoteo, principalmente cuando el suelo está muy húmedo, después de un riego o lluvia prolongada; por lo cual se recomienda no poner animales sobre pastura en condiciones como las señaladas y además se produce daño mecánico por la forma de comer del bovino, tirando la planta, de tal manera que produce un desgarramiento y no un corte (López, 1987).

Aparte de evitar las plantas cercanas a las heces, los animales seleccionan por palatabilidad el tipo y la fracción de la planta que consumirán; por eso, no es raro observar que en alfalfa, a veces, los tallos basales no son consumidos (López, 1987).

#### 2.3.4.1 Efecto del pastoreo sobre el rebrote

La remoción de hojas mediante el pastoreo reduce la superficie foliar por unidad de suelo, o índice de área foliar (IAF), modificando la intercepción de la luz y la capacidad fotosintética de la pradera. El crecimiento del rebrote después de una defoliación se inicia a partir de la fotosíntesis de las hojas del residuo y/o, si estas son insuficientes, de las reservas de carbohidratos acumulados en la base de los pseudotallos, las que permiten generar nuevas hojas para restaurar la fotosíntesis (Parga, s.f.).

El rebrote de la planta es un proceso que en primer instancia se encuentra bajo control genético, de aquí que el manejo de la defoliación debería estar subordinado a los límites impuestos por características morfogénicas de las plantas que a su vez presentan diferencias interespecíficas (Colabelli et al., 1998).

La estructura dinámica de las pasturas debería analizarse dentro de un contexto en el cual el proceso de defoliación se relacione con las características morfogénicas que determinan la capacidad de las plantas para rebrotar (Colabelli et al., 1998).

La producción de forraje luego de una defoliación depende del rebrote y de ciertos factores que la afectan (Davies, citado por Cangiano, 1997). Algunos de dichos factores principales que afectan el rebrote son: si hay o no eliminación del meristema apical, el nivel de carbohidratos en el rastrojo remanente y el área foliar remanente con la eficiencia fotosintética respectiva (Cangiano, 1997).

Desde el punto de vista de la pastura, el rebrote luego de una defoliación es el resultado de dos factores que varía de acuerdo a las especies que la componen y son, nivel de sustancia de reserva y área foliar remanente (Millot et al., 1987).

Con respecto a las sustancias de reservas, son compuestos elaborados por las plantas a partir de fotosíntesis y se almacenan en raíces, rizomas, estolones y bases de macollos como carbohidratos (Millot et al., 1987).

Existen evidencias que el rebrote después del pastoreo depende de la movilización de productos del metabolismo desde las partes remanentes de la planta. La misma ocurre desde el sistema radicular, el tallo, la vaina foliar y las bases de las hojas. Como consecuencia las plantas pastoreadas sin haber atravesado un período de descanso suficientemente largo como para recuperar reservas utilizadas, tendrán un rebrote más lento y por consiguiente un rendimiento menor (Langer, 1981).

Existen especies donde es fundamental mantener un nivel mínimo de reservas para su rebrote, dado que el tejido remanente fotosintéticamente activo es escaso. Así es el caso del lotus, donde en un pastoreo continuo sufre disminución constante de reservas,

mientras que en pastoreo rotativo tiene recuperaciones parciales próximas al nivel inicial (Risso et al., citados por Millot et al., 1987).

La tasa de acumulación neta de pasto, en kg de MS/ha/día, aumenta aceleradamente en un comienzo y ya está en su máximo cuando la pradera alcanza un IAF óptimo capaz de interceptar entre el 95 a 100% de la luz. Pero comienza a declinar poco después de este momento, en la medida en que el aumento del número y tamaño de las hojas se traduce en un incremento progresivo de la tasa de muerte de tejido viejo (Parga, s.f.).

#### 2.3.4.2 Efecto del pastoreo sobre el sistema radicular

La utilización de las pasturas en corte o pastoreo afecta el crecimiento de las raíces. Al producirse una defoliación, las plantas deben reactivar sus centros de crecimiento para restablecer un Índice de Área Foliar (IAF) por la necesidad de favorecer una adecuada acumulación de reservas. Por tal razón, el manejo de estos recursos forrajeros considera dejar un residuo que, junto con asegurar un IAF remanente, evite el daño a los órganos de acumulación de reservas (macollos) y puntos de crecimiento (Squella y Figueroa, 2004).

La defoliación intensa y/o continuada puede llegar a producir una muerte importante de raíces, en especial de las secundarias, las cuales disponen de menos cantidad de reservas que las raíces principales. No obstante, el efecto va a depender en gran medida del tipo de estructura de almacenamiento que disponga una planta. Por ejemplo, la presencia de rizomas en el género festuca, hace que esta forrajera sobreviva en mejor forma una defoliación continuada que especies que disponen sólo de macollos (género Lolium, Dactylis y Falaris, Squella y Figueroa, 2004).

#### 2.3.4.3 Efectos sobre la calidad del forraje

Haciendo referencia a la influencia del pastoreo sobre la calidad de la pastura, Wade, citado por Escuder (1996), observó que al aumentar la carga en pasturas de zonas templadas, la disminución en el consumo de forraje fue de mayor importancia relativa que la disminución en el valor nutritivo de la materia seca ingerida.

Para hacer un buen manejo de las pasturas cuando estas pasan a su etapa reproductiva es necesario recordar que la producción de forraje en este momento, depende del desarrollo de los tallos fértiles, de los tallos vegetativos, y de la aparición de nuevas macollas y tallos pequeños que van reemplazando a los tallos fértiles, cuando estos son removidos (Carámbula, 2007b).

Aquí hay que tener presente que en esta etapa se va a dar una gran acumulación de materia seca pero con una notoria caída en la calidad de la misma. Esto se debe a: traslocación de carbohidratos y proteínas hacia la inflorescencia y frutos, aumento de la lignificación de las paredes celulares y disminución de la relación hoja/tallo, fundamentalmente en la fracción gramínea, ya que en las leguminosas estos cambios son menos notorios (Millot et al., 1987) siendo esto último una de las causas de que las leguminosas sean de mayor valor nutritivo que las gramíneas, y entre estas las templadas (Millot et al., 1987)

El momento o frecuencia de utilización determina cuándo pastorear, y por lo tanto la calidad nutritiva del forraje y la facilidad con que este puede ser consumido por el animal (tamaño del bocado). La frecuencia de pastoreo puede ser controlada para cada período del año, de acuerdo a diversos criterios, como tiempo de descanso de la pradera, altura o fitomasa pre-pastoreo y/o el número de hojas por macollos (Parga y Nolberto, 2006).

En los cortes más frecuentes, el forraje producido contiene mayores niveles de proteína, extracto etéreo, y menores niveles de fibra cruda, que los cortes menos frecuentes. Esto es debido a la variación en la relación hoja/tallo producto de las distintas frecuencias de corte (Langer, 1981).

Según Langer (1981), para obtener mayores rendimientos y de menor calidad son necesarios manejos de pastoreo poco frecuentes e intensos, por lo contrario cortes o pastoreos repetidos y aliviados, promueven menores rendimientos pero de mayor calidad.

#### 2.3.4.4 Efecto sobre estructura y morfogénesis de la pastura

La estructura de la pastura es el horizonte de hojas donde el animal toma el bocado, determina el peso y las dimensiones del mismo. El peso del bocado afecta directamente la tasa de consumo del sitio de alimentación y ésta a su vez modifica las características de la pastura en el sitio del bocado (Galli y Cangiano, 1998).

La estructura de la pastura se puede describir a través de la biomasa aérea, la altura, la cobertura y la densidad de forraje en los distintos estratos. Las variaciones en cualquiera de estas variables afectan el área, la profundidad y el peso de bocado, pero la magnitud y dirección de la respuesta es compleja y muchas veces difícil de predecir (Galli, 1997).

Para Hodgson, citado por Carámbula (2004), la altura de la pastura es el indicador más útil para los propósitos de manejo, siendo ésta la variable más simple para predecir la respuesta, tanto de la pastura como del animal. Esto es totalmente cierto en pasturas donde se realiza pastoreo continuo y estable y cuando las diferencias en

características tales como área foliar, densidad de hojas y estructura del tapiz están altamente relacionadas con diferencias en altura.

Si las pasturas son mantenidas en alturas relativamente bajas, permanecen densas, verdes y hojosas, con alta digestibilidad durante el año; por el contrario cuando son manejadas muy altas o muy bajas presentarán problemas serios de producción y supervivencia (Carámbula, 2004).

Según Black y Kenney (1984), la altura fija la profundidad del bocado y por lo tanto se presenta como la determinante del consumo por bocado. A mayor altura del forraje, mayor es el consumo animal, pero se debe destacar que cuando la pastura se encuentra demasiado corta o demasiado alta pueden existir limitantes para el consumo.

De acuerdo con Hodgson (1990), en los vacunos el forraje removido por bocado aumenta en forma lineal hasta una altura de 40 cm y el consumo se restringe con alturas menores a 9 cm.

En cuanto al término morfogénesis abarca los cambios estructurales, formación, expansión y muerte de órganos que experimenta un organismo durante su desarrollo (Chapman y Lemaire, 1993).

La tasa de aparición foliar (TAF), tasa de elongación foliar (TEF) y la vida media foliar (VMF), son las variables que determinan mayoritariamente los cambios de estructura que experimentan los macollos en el transcurso de su desarrollo (Davies, citado por Colabelli et al., 1998).

El producto de dichos cambios, determina las características estructurales de las pasturas: número de hojas vivas por individuo, densidad de macollos y tamaño de hojas. A su vez, estas últimas características definen el Índice de área foliar de las pasturas, y con ello la capacidad de capturar energía lumínica para la fotosíntesis y abastecer funciones de crecimiento (Colabelli et al., 1998).

Las variables morfogenéticas son afectadas por factores ambientales controlables como nutrientes y agua, y no controlables, temperatura. Esto determina una incidencia indirecta de los mismos sobre la estructura de la pasturas, y con ello, sobre la expansión del área foliar (Agnusdei et al., 1998).

Hay varios factores que pueden afectar la estructura del tapiz de una pradera, entre ellos se encuentra, el tipo de pastura, es decir las especies y la proporción en que se encuentran. Es decir, en las pasturas donde existen mayormente gramíneas, tienden a tener mayor densidad en los estratos inferiores que aquellas donde predominan leguminosas, como por ejemplo trébol blanco (García, 1995a).

Entre otro de los factores importantes que afectan la estructura de la pradera encontramos el manejo de pastoreo, ya que pasturas bajo pastoreos continuos tienden a ser más densas que las de pastoreo rotativo, especialmente en estratos inferiores (García, 1995a).

La estación del año es otro factor que influye en la variación de la estructura de un tapiz, la cual cambia la arquitectura de la planta, la relación tallo/hoja, contenido de materia seca (García, 1995b).

También se han constatado marcadas diferencias en la estructura según la edad de la pastura; debido a que pasturas más viejas, presentaron mayor densidad en el estrato inferior, así como mayores % MS, y menor digestibilidad (García, 1995a).

#### 2.3.4.5 Efectos sobre la persistencia

De acuerdo a Carámbula (2007a), la falta de persistencia ocurre en general por una pérdida de las especies perennes sembradas, básicamente las leguminosas, mientras que las gramíneas permanecen en poblaciones poco variadas, aunque teniendo rendimientos menores a medida que avanza la edad de la pastura. Al disminuir las leguminosas, sus nichos van siendo ocupados por plantas invasoras como malezas y gramíneas ordinarias, muchas veces anuales.

Cuando se siembra una especie en un campo preparado existe una oportunidad razonable de alcanzar las densidades de población deseada, manipulando la tasa de siembra, preparando el terreno y eligiendo la fecha de siembra. En general, las especies recién introducidas constituyen una población donde todas las plantas sembradas se establecen virtualmente al mismo tiempo, no obstante, todas esas plantas podrían morir (Jones, 1980). Entonces es razonable esperar de las plantas perennes que su supervivencia en la siembra original sea mejor que la de las plántulas que surjan más tarde de la semillas producidas, dado que las plantas originales experimentarían una menor competencia en la fase joven y podrán desarrollarse más rápidamente (García, 1992).

Según García (1992), el concepto de persistencia está referido al sistema de producción, y de acuerdo a este en algunos casos el problema puede ser más importante que en otros e involucra el criterio de constancia de rendimientos dentro de un equilibrio dinámico de balance entre las especies sembradas (gramíneas y leguminosas) y la vegetación residente.

Según lo citado por Jones (1980), para que una población sobreviva, es necesario que nuevas plantas reemplacen a las que mueren. La aparición de nuevas plantas puede ocurrir por procesos sexuales o asexuales. Para que una especie persista

por reproducción sexual, debe producir semillas, mientras se halla sometida a pastoreo, puesto que la cantidad de semillas latentes que queda de la siembra original es, generalmente muy baja.

Es posible hacer una lista de características de la planta que se relacionen con una buena persistencia; se han enumerado 13 características que favorecen la supervivencia de la población de plantas en condiciones de pastoreo, las cuales son: la posición de meristemas basales, de hojas y tallos postrados, el anclaje firme de las raíces, la formación de brotes desde las raíces, el rápido inicio del crecimiento de los meristemas, la aparición de la latencia durante la sequía, la aparición de las estructuras florales cerca del suelo, la reproducción rápida, los mecanismos de enterramiento de la semilla, la retención de la viabilidad de las semillas excretadas en las heces, la formación de semilla dura y los disuasivos morfológicos y bioquímicos (Hodgkinson y Williams, citados por Jones, 1980).

#### 2.3.5 Características morfogenéticas de las gramíneas y estructura de las pasturas

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, 1981).

Las diferencias entre los tipos morfogenéticos en lo que refiere a la dinámica de generación, expansión y senescencia de tejido, justifican la necesidad de aplicar manejos especializados de defoliación como estrategia de uso eficiente del forraje (Agnusdei et al., 1998).

Particularmente las gramíneas muestran un sincronismo entre la aparición de una hoja nueva y el comienzo de la senescencia de la hoja más vieja, lo que explica que la velocidad de producción de órganos foliares esté en relación directa con el crecimiento neto de la cubierta vegetal (Thomas y Stoddart, 1980).

Como ya se mencionó, el término morfogénesis hace referencia a los 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 (Chapman y Lemaire, citados por Agnusdei et al., 1998).

Para el caso particular de pasturas templadas en estado vegetativo se definen tres características morfogénicas principales, determinadas genéticamente e influenciadas por condiciones del ambiente que serían: tasa de aparición de hojas, tasa de elongación foliar y vida media foliar (Chapman y Lemaire, citados por Azanza et al., 2004).

### 2.3.5.1 Tasa de aparición de hojas (TAH)

Dicho intervalo puede ser expresado en días. Sin embargo, debido a la estrecha relación con la temperatura, puede ser calculado como suma térmica (producto del intervalo de días, por la temperatura media diaria del intervalo). En este caso, se denomina Filocrón y su unidad es grados día (Chapman y Lemaire, 1993).

El manejo de la defoliación y su impacto sobre la tasa de aparición de hojas es dependiente de la temperatura y su dinámica es variable entre genotipos. De esa manera se puede aceptar, que la TAH de una especie definirá las características que determinan en gran medida la estructura y el flujo de material de las pasturas generando pasturas funcionalmente y estructuralmente diferentes (Colabelli et al., 1998).

En ausencia de limitaciones hídricas y nutricionales el tallo principal produce sus hojas a un ritmo determinado genéticamente, el cual depende de la acción de la temperatura ambiente sobre el meristema apical (Peacock, 1975).

La TAH se encuentra muy relacionada con una de las tres características estructurales de la pastura: la densidad de macollos y por lo tanto con el proceso de macollaje ya que cada hoja producida posee una yema axilar capaz de originar nuevos macollos con características idénticas a la que le dio origen. Por lo anteriormente dicho, una única planta puede presentar varias generaciones de macollos. La producción de nuevos módulos y de sus hojas se encuentra altamente sincronizado con la formación de las hojas en el tallo principal, lo que determina un patrón de surgimiento de nuevos módulos altamente predecibles; de esta forma el potencial de macollaje de un genotipo es determinado por la velocidad de emisión de hojas pues en cada hoja formada se genera una yema axilar (Nabinger, 1996).

En condiciones de crecimiento no limitante, el potencial de macollaje de un genotipo es determinado por la velocidad de emisión de hojas; el tamaño de las hojas es igualmente determinado por la velocidad de aparición, y la duración del período de alargamiento de una hoja es inversamente proporcional a la velocidad con que elonga. Así genotipos que poseen alta velocidad de aparición de hojas poseen numerosos macollos de pequeña dimensión (hojas pequeñas). En estas especies o genotipos, la paralización del macollaje se produce debido al auto sombreado, el cual ocurre sobre un número importante de macollos. La estructura de una pastura es por lo tanto determinada en gran parte por la velocidad de aparición de hojas, la cual se muestra como una característica genotípica esencial de la morfogénesis y que necesita ser conocida para cada genotipo, para así de esa manera poder inferir sobre su potencial de macollaje. Por lo tanto, cualquier efecto que cambie la tasa de elongación foliar afectará la velocidad de

emisión de hojas y consecuentemente la velocidad de fabricación de yemas y la emisión de los correspondientes macollos (Nabinger, 1996).

#### 2.3.5.2 Tasa de elongación foliar (TEF)

Según Colabelli et al. (1998), la tasa de elongación foliar, se refiere al incremento en longitud de lámina verde en un intervalo de tiempo o de suma térmica. La elongación foliar es la principal expresión del crecimiento de una hoja. El ancho foliar presenta normalmente variaciones de menor magnitud.

De acuerdo a Turner y Begg (1978), en general, la elongación celular es más afectada por el déficit hídrico que la división celular. Esto se traduce en la reducción de la tasa de elongación foliar, que determina un menor tamaño de las hojas en cultivos carenciados en comparación con los cultivos crecidos en condiciones hídricas no limitantes.

#### 2.3.5.3 Vida media foliar (VMF)

Comprende el período transcurrido entre la aparición de una hoja y el comienzo de senescencia. Las hojas tienen una vida limitada, siendo una característica estable para cada genotipo (Colabelli et al., 1998). Un aumento en la velocidad de aparición de hojas se acompaña de una reducción equivalente en su duración (Nabinger, citado por Azanza et al., 2004). Esto no quiere decir que el número de hojas por macollos sea siempre el mismo dado a que los mecanismos de senescencia foliar en ciertas situaciones, como ser estrés hídrico o nitrogenado, pueden ser acelerados independientemente de los mecanismos de crecimiento foliar, lo que puede llevar a una ligera modificación del número máximo de hojas por macollo (Leconte, citado por Azanza et al., 2004).

El largo de vida de las hojas determina el número máximo de hojas vivas sobre un macollo, lo que establece dos características esenciales de la dinámica de crecimiento de una pastura luego del corte (Leconte, citado por Azanza et al., 2004).

Por un lado la duración de la fase corte-inicio de la senescencia foliar, durante la cual se puede asumir prácticamente que la productividad cosechable es igual a la productividad bruta.

$$\text{Producción cosechable} = \text{Producción bruta} - \text{senescencia.}$$

Por otro lado la máxima cantidad de biomasa viva acumulada que corresponde al “rendimiento techo” (Lemaire y Chapman, citados por Azanza et al., 2004). Según los mismos, la VMF puede ser utilizada para caracterizar la acumulación de tejido foliar de

las diferentes especies, existiendo variaciones estacionales en varias de ellas. Las primeras hojas en morir son las producidas al principio del período de rebrote.

### 2.3.6 Efecto de los factores abióticos sobre los procesos morfogenéticos y variables estructurales de la pastura

El crecimiento y el desarrollo de las plantas están fuertemente controlados por las condiciones ambientales. Dentro del medio abiótico, la temperatura, la luz y la disponibilidad de agua y nutrientes se destacan por ser altamente determinantes de los mencionados procesos. Entre los factores del ambiente, la temperatura es el factor al cual las plantas responden de forma instantánea (Colabelli et al., 1998).

A continuación se desarrollarán aspectos centrales referentes al efecto de la temperatura en la morfogénesis de especies forrajeras y sus implicancias para la estructura de las pasturas. Posteriormente se describe el efecto de factores controlables (agua, calidad y cantidad de luz) sobre la expansión del área foliar.

#### 2.3.6.1 Efecto de la temperatura

El crecimiento y el desarrollo de los órganos foliares (morfogénesis) están primariamente gobernados por la temperatura; ambos explican en gran medida la dinámica de los flujos de tejido foliar de las plantas y se asocian con la adaptación de las mismas a la defoliación (Anslow y Green 1967, Guillet et al. 1984).

La temperatura manifiesta su efecto principalmente sobre la tasa de aparición foliar (Anslow 1966, Thomas y Norris 1981), la tasa de elongación foliar (Peacock 1975, Gastal et al. 1992) y la senescencia foliar (Lemaire y Chapman, 1996).

La tasa de elongación foliar, al igual que la tasa de aparición de hojas, aumenta proporcionalmente con la temperatura. La relación entre ambas variables es generalmente exponencial, aunque estudios realizados en períodos cortos de tiempo pueden mostrar una relación lineal, debido al efecto instantáneo de la temperatura sobre la elongación foliar (Colabelli et al., 1998).

Parsons y Penning (1988), manifiestan que para una misma temperatura la extensión foliar en primavera es mayor que la que se observa en otoño. Esto está asociado con el desarrollo reproductivo primaveral en las gramíneas templadas y con el efecto positivo de esta condición fisiológica sobre el crecimiento aéreo.

En la medida que progresa estacionalmente el aumento de las temperaturas medias diarias, lo hacen también, y en forma simultánea, la velocidad de aparición foliar

y la elongación. Dado que el número máximo de hojas por macollo tiende a ser un carácter relativamente constante para las especies, para que esto ocurra, la vida media de las hojas en los períodos de activo crecimiento debe ser más corta. Esto se traduce en un incremento de la tasa de senescencia foliar frente a aumentos de la temperatura y por lo tanto, el recambio de tejido se acelera (Colabelli et al., 1998).

Las variaciones estacionales en temperatura pueden explicar fluctuaciones en la tasa de aparición de hojas a través del año. En invierno la tasa de aparición de hojas parece ser limitada principalmente por bajas temperaturas y en verano por temperaturas excesivamente altas (Anslow, 1966).

#### 2.3.6.2 Efecto de la calidad y cantidad de la luz

La acumulación de biomasa en las pasturas suele verse favorecida en plazos cortos por una baja frecuencia e intensidad de defoliación (Brougham, 1956). Esto se debe a la presencia de más biomasa foliar permitiendo una mayor captación de radiación solar disponible. Sin embargo la tasa de macollaje responde en sentido inverso, aumentando con la severidad de defoliación de la pastura (Broughman 1959, 1960, Langer 1963, Grant et al. 1981, Deregibus et al. 1982, Casal et al. 1984).

Según Casal (1984), en general, una baja cantidad de luz y una baja relación rojo/rojo lejano provocan tres respuestas principales en las plantas: aumento de asignación de recursos a la parte aérea, alargamiento de los órganos ya existentes, reducción del macollaje y eventualmente una reducción de la aparición de hojas.

Cuando la radiación fotosintéticamente activa (RFA) en el interior de la canopia se reduce, el macollaje también se reduce por la disminución en el número de yemas axilares y por la falta de desarrollo de algunos brotes ya existentes, debido al efecto combinado de la baja relación rojo/rojo lejano y de la menor intensidad lumínica para la fotosíntesis (Gautier et al., 1999). Al respecto, diversos autores (Deregibus et al. 1983, Gautier et al. 1999) expresan que cuando se mantiene un alto índice de área foliar (IAF) las plantas perciben los cambios en la calidad de luz y responden limitando la emergencia de macollos.

Cuando la relación rojo/rojo lejano es alta y la proporción de luz azul en la radiación incidente también es alta, las plantas desarrollan hojas pequeñas y una alta densidad poblacional de macollos (Mazzanti et al., 1994). Con pastoreo rotativo la competencia por luz aumenta gradualmente durante el período de rebrote, pero en el evento de defoliación se dan dos cambios rápidos: uno en la cantidad y calidad de luz que penetra en la canopia y el otro en la arquitectura de la planta dependiendo de la

intensidad de defoliación. En estas situaciones las plantas tienden a desarrollar más hojas y menos macollos (Lemaire, 2001).

La tasa de aparición foliar y la tasa de expansión foliar son afectadas por el IAF. En el primer caso el efecto estaría explicado por respuestas de las plantas a cambios en la calidad de la luz (Gautier y Varlet-Grancher, 1996) y en el segundo caso las respuestas estarían mediadas por el fitocromo (Begg y Wright, 1962) o por influencia de la vaina que protege la hoja (Davies et al., 1983).

### 2.3.6.3 Efecto del agua sobre expansión foliar

Según Passioura, citado por Colabelli et al. (1998), las plantas responden al déficit hídrico con cambios morfológicos y fisiológicos que le permiten disminuir la pérdida de agua y mejorar el consumo de agua. Colabelli et al. (1998), dice que el déficit hídrico afecta negativamente la expansión del área foliar.

Como ya se ha mencionado en párrafos anteriores, la elongación celular es más afectada por el déficit hídrico que la división de las células (Turner y Begg, 1978). Esto se traduce en la reducción de la tasa de elongación foliar, que determina un menor tamaño de las hojas en cultivos carenciados en comparación con los cultivos crecidos en condiciones hídricas no limitantes.

Turner y Begg (1978), también expresan que en condiciones de deficiencia hídrica, se ha encontrado además una reducción de la tasa de macollaje y del número de hojas vivas por macollo, y un paralelo incremento de los procesos de senescencia de hojas y macollos. Por lo que, la vida media foliar tiende a ser más corta y las pasturas menos densas en las condiciones señaladas.

Con el déficit hídrico, aumenta la relación raíz/parte aérea, esto ocurre debido a que, disminuye el crecimiento de la parte aérea, disminuyendo la capacidad fotosintética de las hojas, determinando un incremento en los asimilados disponibles, los cuales son utilizados en mayor proporción para el desarrollo radicular (Turner y Begg 1978, Passioura, citado por Colabelli et al. 1998).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 CONDICIONES GENERALES DEL EXPERIMENTO

##### 3.1.1 Lugar y período experimental

El trabajo se desarrolló en la Estación Experimental ‘‘Dr. Mario A. Cassinoni’’ (UdelaR. Facultad de Agronomía), ubicada en el departamento de Paysandú, Uruguay, sobre la ruta nacional No. 3, Km 363, en el potrero No. 34 sobre la latitud 32°22'30.93"S y longitud 58°3'47.08'0. El período experimental se desarrolló entre el 18/6/2015 y el 22/10/2015.

##### 3.1.2 Descripción del sitio experimental

Según la Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay (escala 1:1.000.000, Altamirano et al., 1976), el sitio se encuentra sobre la Unidad de suelos San Manuel correspondiente a la Formación Fray Bentos. En esta Unidad los suelos dominantes son Brunosoles Éútricos Típicos superficiales a moderadamente profundos de textura limo-arcillosa. Posee como suelos asociados Brunosoles Éútricos Lúvicos de textura limosa, así como Solonetz Solodizados Melánicos de textura franca.

##### 3.1.3 Antecedentes del área experimental

Las praderas sobre las cuales se realizaron los experimentos fueron sembradas el 23 de mayo de 2014, correspondiendo los experimentos al segundo año de vida.

La siembra se realizó sobre rastrojo de una pradera vieja, compuesta de gramíneas y leguminosas perennes.

Cada pastura en estudio se sembraron en las siguientes densidades: a) *Dactylis glomerata* cv INIA Perseo 10 kg/ha y b) *Medicago sativa* cv INIA Chaná 12 kg/ha, para el caso de dicha pradera. Mientras que para la otra pradera las densidades fueron: a) *Festuca arundinacea* cv INIA Tacuabé 15 kg/ha, b) *Lotus corniculatus* cv INIA San Gabriel 8 kg/ha y c) *Trifolium repens* cv INIA Zapicán 2 kg/ha.

El método de siembra empleado para las leguminosas fue al voleo, en cambio para las gramíneas se utilizó la siembra directa en líneas. La emergencia de plántulas ocurrió aproximadamente a los 15 días posteriores a la siembra.

Se fertilizó con 100 kg/ha de fertilizante binario 7-40-40-0 a la siembra y meses después, en agosto del 2014, se fertilizó el potrero entero con 100 kg/ha de urea (46% de N). El 30 de abril de 2015 se aplicaron 100 kg/ha de 7-40-40-0, luego el 9 de junio y 2 de setiembre se aplicaron 70 kg/ha de urea.

Respecto al manejo de malezas a mediados de agosto de 2014 se aplicó preside (flumetsulam), con el objetivo de controlar a las malezas de hoja ancha, a razón de 400 cc/ha y el 21 de mayo de 2015 aplicaron 350 cc del mismo producto.

#### 3.1.4 Tratamientos

Los tratamientos fueron 2, por un lado *Festuca arundinacea* siendo el tratamiento 1 (T1) y *Dactylis glomerata* el tratamiento 2 (T2), cada uno con 2 repeticiones. El ciclo de pastoreo consistió en 10-12 días de ocupación y 30-36 días de descanso con dos grupos de novillos Holando pastoreando en un total de cuatro parcelas, dos de ellas sembradas con *Festuca arundinacea* (T1) y dos parcelas sembradas con *Dactylis glomerata* (T2), o sea que por cada tratamiento, como se nombró anteriormente hubo dos repeticiones, siendo cuatro novillos los que pastoreaban festuca y cuatro novillos los que pastoreaban dactylis. Se consideró una altura de ingreso de 15-20 cm y una altura de salida de 5-7 cm.

La edad de los novillos era de 24 meses, los cuatro novillos que consumían *Festuca arundinacea* en promedio al inicio del experimento pesaban 349 kg y los otros cuatro novillos que consumían *Dactylis glomerata* pesaban en promedio 344 kg.

#### 3.1.5 Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue el de bloques completos generalizados.

El potrero en estudio abarca un total de 5,12 hectáreas, el cual se divide en cuatro bloques, siendo únicamente los bloques 1 y 4 los utilizados para realizar las mediciones. Estos últimos a su vez se dividen en cuatro parcelas de 0,32 ha cada una, siendo utilizadas solo dos de ellas por bloque. En cada una de las parcelas fueron colocadas tres transectas conteniendo cada una de ella un total de 10 macollos.

|          |             |  |             |  |
|----------|-------------|--|-------------|--|
|          | T1          |  | T2          |  |
| Bloque 1 | Transecta A |  | Transecta D |  |
|          | Transecta B |  | Transecta E |  |
|          | Transecta C |  | Transecta F |  |
| Bloque 2 |             |  |             |  |
| Bloque 3 |             |  |             |  |
| Bloque 4 | Transecta G |  | Transecta J |  |
|          | Transecta H |  | Transecta K |  |
|          | Transecta I |  | Transecta L |  |
|          | T2          |  | T1          |  |

Figura No. 1. Croquis de la disposición de los bloques y tratamientos en el área experimental.

### 3.2 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

#### 3.2.1 Variables determinadas

En este trabajo las variables estudiadas fueron las características morfogénicas de festuca y dactylis como lo son, tasa de aparición foliar (TAF), tasa de elongación foliar (TEF), vida media foliar (VMF), tasa de senescencia foliar, número medio de hojas por macollo, tasa de defoliación, relación parte aérea/raíz, peso específico de la lámina, tamaño medio de lámina y el consumo animal en dichas especies.

### 3.2.1.1 Relación parte aérea/raíz

Se determinó la relación parte aérea/raíz de la pastura. Para ello se tomaron tres panes de tierra en cada parcela, 12 (1 por transecta) muestras de suelo en total (panes de tierra) de 20 cm de lado por 20 cm de ancho por 20 cm de profundidad cada una, de manera de poder medir los kg de MS aérea y radicular. Cabe aclarar que estas muestras se tomaron el 12 de setiembre, o sea solamente una vez en el período evaluado.

Luego los panes de tierra, se dejaron reposar aproximadamente 48 horas en agua para que las plantas se desprendan de los agregados del suelo.

Posteriormente se discriminaron en gramíneas y leguminosas; utilizando solamente las muestras de las gramíneas (*Festuca arundinacea* y *Dactylis glomerata*); para luego separar parte aérea y raíz, y a su vez a la parte aérea clasificarla en láminas y vainas. Además se contabilizaron el número de macollos de cada pan de tierra de las especies en estudio.

En una última instancia se colocaron dichas muestras en estufa de aire forzado a 60°C, durante 48 horas y finalmente fueron pesadas obteniendo su peso seco.

### 3.2.1.2 Tasa de aparición de hojas

Para dicha medición se marcaron en cada parcela tres transectas perpendiculares a las líneas de siembra (con estacas de madera) de *Festuca arundinacea* y *Dactylis glomerata*, de manera que cada una de ellas abarque diez plantas. Como se puede apreciar en la figura No. 1 se marcaron 6 transectas para festuca (T1), siendo identificadas con las letras A, B y C para la parcela del bloque 1, luego para el bloque 4 las transectas eran J, K y L. Lo mismo se realizó para dactylis (T2), es decir se marcaron 6 transectas, correspondiente 3 para el bloque 1 siendo identificadas con las letras D, E y F, y para el bloque 4 las letras G, H e I. Una vez fijadas las transectas, se seleccionó una macolla por planta, marcando dicha macolla con un cable de color, colocando el mismo en la base de la macolla. El mismo procedimiento se realizó para un total de 10 plantas por transecta, marcándolas para realizar su seguimiento durante el invierno y primavera.

Las mediciones durante el período evaluado fueron 16, las cuales se dividieron en 2 partes iguales, quedando 8 mediciones para el período de invierno, las cuales comprenden, las que fueron realizadas del 18 de junio al 11 de agosto, y 8 mediciones para la primavera, abarcando las mismas del 11 de agosto al 22 de octubre. A su vez las mediciones de invierno se subdividieron en 2 partes iguales, siendo invierno temprano

del 18 de junio al 11 de julio y el invierno tardío del 20 de julio al 11 de agosto. Para las mediciones de primavera también se subdividieron en 2 partes iguales, siendo la primavera temprana del 11 de agosto al 4 de setiembre y la primavera tardía del 22 de setiembre al 22 de octubre. Estas divisiones de las mediciones que se realizaron, se debe a que se buscaba obtener 4 números crecientes de número total de hojas.

Para la estimación del filocrón, se consideró el número de hojas aparecidas y los grados días acumulados durante el período. Partiendo de dichas variables se calcula el inverso del coeficiente “b” de la ecuación de regresión entre número de hojas y grados días y se llega al valor de filocrón, el cual corresponde a los grados días necesarios para la aparición de una nueva hoja.

Para realizar las mediciones de campo, se concurría al potrero en estudio una vez por semana aproximadamente; siendo el procedimiento a realizar el siguiente: se identificaba la hoja más vieja de los macollos a medir con un marcador que no daña el tejido, de manera de tener una hoja de referencia. Cuando la misma desaparecía se marcaba la hoja siguiente. Luego se procedía a la medición de la misma desde la inserción de la lámina con la vaina hasta el extremo distal de tejido verde, especificando si la misma se encontraba defoliada, senescente, ambas o ninguna de las anteriores. Posteriormente se registraba las mediciones de las hojas siguientes, de acuerdo al mismo criterio, registrando si dicha hoja está en expansión (sin lígula expuesta) o completamente expandida (con lígula expuesta).

Después de un ciclo de pastoreo se procedía a cambiar los macollos en seguimiento de forma de no alterar el entorno de los mismos favoreciéndolos o afectándolos por el pisoteo generado en las mediciones.

Las temperaturas máximas y mínimas diarias del aire, se obtuvieron de la Estación Meteorológica ubicada en la EEMAC.

### 3.2.1.3 Número medio de hojas por macollo

Se obtuvo a partir del registro de hojas vivas que presenta cada macollo. Fueron ingresados los datos obtenidos a campo en una planilla Excel llamada maestra, especialmente creada para calcular variables morfogénicas en pasturas. Lo que permitió este programa fue a través de las sucesivas mediciones obtener un número promedio de hojas de cada macollo del total del período evaluado. Por tanto este dato resultó del promedio de las 16 mediciones realizadas de todos los macollos en estudio.

#### 3.2.1.4 Tasa de elongación foliar

Hace referencia al incremento en longitud de lámina verde en un intervalo de tiempo de suma térmica. Es la principal expresión de crecimiento de una hoja, dado que el ancho foliar presenta normalmente variaciones de menor magnitud (Colabelli et al., 1998).

Se obtiene calculando el cociente entre los milímetros expandidos por macollo en promedio sobre los grados días acumulados durante el período evaluado.

Para esto se realizaron mediciones sucesivas de largo de hojas en expansión en los macollos marcados, las mismas se realizaron desde la base de la lámina hasta el extremo distal de dicha lámina. Para esta variable en estudio se utilizó el mismo programa mencionado anteriormente.

#### 3.2.1.5 Vida media foliar

El intervalo entre la aparición de una hoja y el comienzo de su senescencia es definido como vida media foliar.

Se determina como el producto del intervalo de aparición de hojas por el número de hojas vivas (media del número real de hojas por macolla).

Para dicho cálculo se hizo un promedio del número total de hojas de todas las transectas pertenecientes a su respectiva especie, para el período del 18 de junio del año en estudio hasta el 4 de setiembre del mismo año, multiplicando dicho valor por el filocrón del mismo intervalo para cada especie. Obteniendo la vida media foliar en °C día, para luego calcular la temperatura media y obtener la vida media de las hojas en días.

#### 3.2.1.6 Tasa de senescencia foliar

La tasa de senescencia foliar fue determinada cuantificando la reducción del área verde de las láminas. Se va midiendo sucesivamente este parámetro y se registra, para así estimar la TSF expresándose su resultado en  $\text{cm}/^{\circ}\text{C}$ . Para esta variable se utilizó la planilla maestra, programa que fue nombrado con anterioridad.

#### 3.2.1.7 Peso específico

Esta variable corresponde al peso en miligramos de láminas completamente expandidas enteras y en expansión enteras por cada milímetro de longitud de lámina

verde. Para dicho cálculo se hizo la diferencia entre la tasa de expansión total y la tasa de senescencia total, obteniendo como producto la tasa neta en  $\text{cm}/^\circ\text{C}$ , para cada transecta y para ambas estaciones del año (invierno y primavera). Luego se realizaron cortes al ras del suelo de aproximadamente 20 macollos de festuca y 20 de dactylis, obteniendo muestras representativas de cada parcela. Posteriormente se separaron lámina de vaina de cada especie, utilizando solamente las láminas para realizar sus mediciones, siendo las mismas de lámina verde, obteniendo el largo total en centímetros. Luego de esto se procedió a secar en estufa de aire forzado durante 48 horas a  $60^\circ\text{C}$ , obteniendo el peso seco de dichas muestras. A partir de estos datos se obtuvo la longitud específica en  $\text{gramos}/\text{cm}$  para multiplicarlo con la tasa neta, obteniendo como producto el peso específico.

### 3.2.2 Análisis estadístico

Las variables medidas se analizaron por medio del análisis de varianza y en el caso de existir diferencias entre tratamientos se estudió las mismas mediante análisis de media a través de LSD Fisher con una probabilidad de 10%; de manera de determinar la mínima diferencia significativa entre tratamientos. Siendo InfoStat el paquete de análisis estadístico utilizado.

Modelo estadístico

$$Y_{ij} = \mu + \beta_j + t_i + t_k + e_{l+ti*el} + e_{ij}$$

Donde:

Y = corresponde a la variable de interés.

$\mu$  = es la media general.

$\beta_j$  = es el efecto del j-ésimo bloque (B1; B2).

$t_i$  = es el efecto del i-ésimo tratamiento.

$i = 1; 2$  tratamientos.

$j = 1; 2$  bloques.

$k = A; B; C; D; E; F; G; H; I; J; K; L$  transectas.

$l = \text{otoño-invierno; invierno-primavera}$ .

$t_i * e_{l}$  = efecto tratamiento x estación.

$e_{ij}$  = error experimental.

$t_k$  = efecto de la k-ésima transecta.

$e_{l}$  = efecto de la l-ésima estación.

Hipótesis estadística

$$H_0: T_1 = T_2$$

Ha:  $T1 \neq T2$

Ho: las variables estudiadas son iguales para ambas especies

Ha: existe diferencia entre especies al menos para una de las variables.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 DATOS METEOROLÓGICOS

El período experimental correspondió desde el 18 de junio de 2015 hasta el 22 de octubre de ese mismo año (es lo que indican las flechas en los 2 gráficos siguientes); además es importante considerar los meses anteriores al comienzo del experimento ya que pueden afectar a la pastura en los meses posteriores.

A continuación, se presentan los registros de precipitaciones y temperaturas medias del año en el cual se llevó a cabo el trabajo de campo y de la serie histórica entre 1980 y 2009 para el departamento de Paysandú.

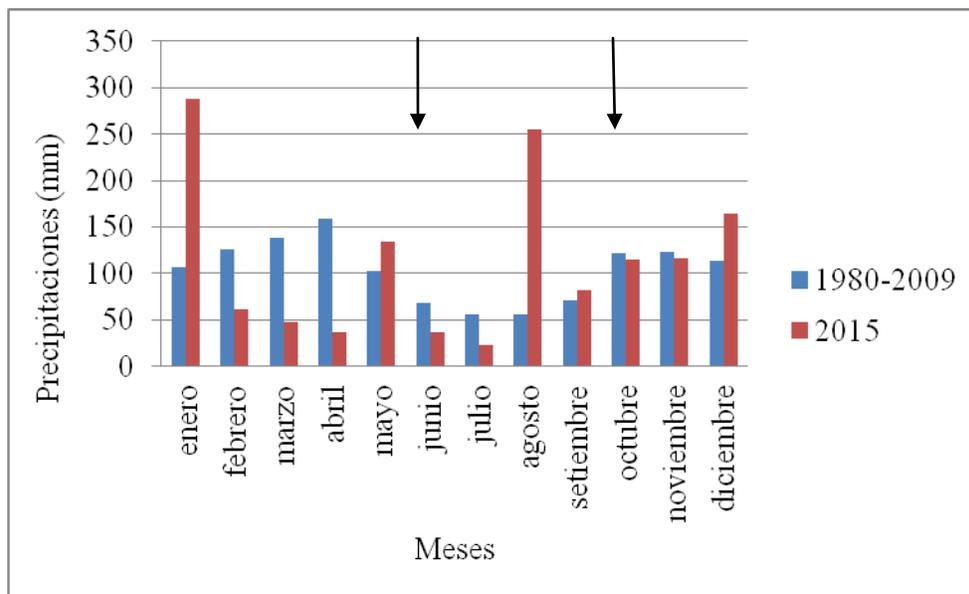


Figura No. 2. Registro de las precipitaciones durante el experimento, comparado con el promedio histórico

Como se observa en el gráfico, no existen diferencias importantes en cuanto al promedio mensual de precipitaciones de la serie histórica en comparación con el año de evaluación, debido a que se registraron 103 mm y 113 mm mensuales promedio respectivamente. Sin embargo, en total se puede decir que en el período evaluado (2015) llovieron 123 mm más que el promedio histórico.

Además se puede apreciar claramente las diferencias más importantes, que ocurrieron en los meses de enero y agosto, con lluvias muy por encima del promedio histórico, y en febrero, marzo, abril, junio y julio, bastante por debajo del mismo.

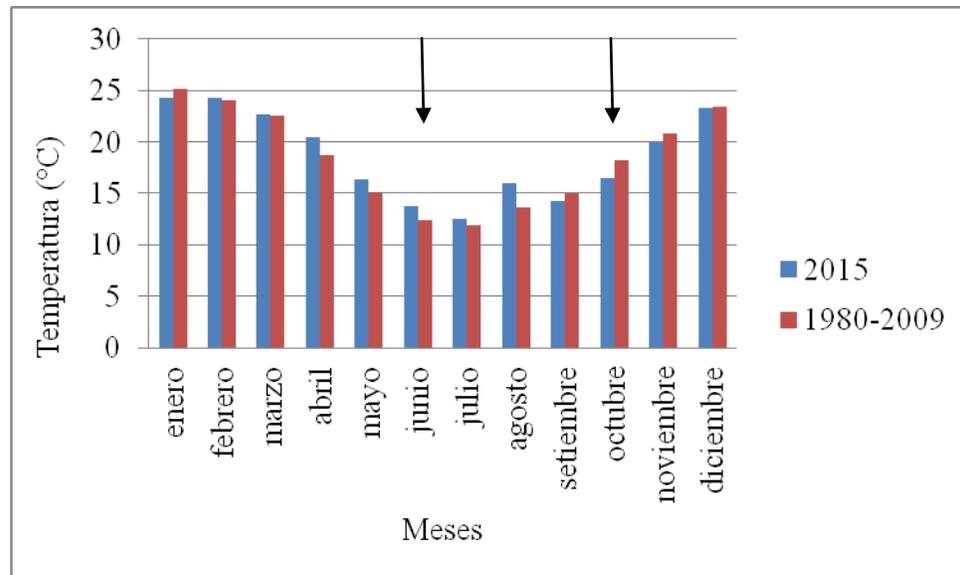


Figura No. 3. Registro de temperaturas medias durante el experimento comparada con la media histórica.

Como se puede observar en el gráfico anterior las temperaturas son muy similares entre el promedio histórico y el período experimental; encontrándose las mismas en un promedio mensual de 18,4 y 18,7 °C respectivamente. También es importante mencionar que según Carámbula (1977) el rango de temperaturas entre 15 y 20 °C es el óptimo para el desarrollo de las especies C3 como *Festuca arundinacea*, *Dactylis glomerata*, *Lotus corniculatus* y *Trifolium repens*.

Teniendo en cuenta las temperaturas óptimas mencionadas, en los meses de enero, febrero, marzo y diciembre las mismas se encuentran por encima, pudiendo perjudicar el crecimiento de dichas especies determinando una depresión en la productividad inicial. A su vez, durante el período experimental se podrían ver afectadas por temperaturas inferiores a los 15 °C en los meses de junio, julio y agosto.

#### 4.1.1 Características morfogenéticas y partición de la materia seca en la relación parte aérea/raíz de *Festuca arundinacea* y *Dactylis glomerata*

##### 4.1.1.1 Relación parte aérea/raíz

En el cuadro siguiente se observa los valores para la relación parte aérea/raíz, los gramos por metro cuadrado de la parte aérea y parte radicular de ambas especies.

Cuadro No. 1. Relación promedio parte aérea/raíz según especie.

| Tratamiento | Relación parte aérea/raíz | Parte aérea (g/m <sup>2</sup> ) | Parte radicular (g/m <sup>2</sup> ) |
|-------------|---------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| festuca     | 0,3 a                     | 270 a                           | 833 a                               |
| dactylis    | 0,17 a                    | 127 a                           | 793 a                               |

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

No existieron diferencias significativas entre ambas especies en lo que refiere a relación parte aérea/raíz ya que las mismas son gramíneas perennes (De Souza y Presno, 2013). Sin embargo si se encuentran diferencias numéricas entre ellas para la variable en estudio, siendo dactylis menor, esto se puede deber a errores que ocurrieron en el experimento.

Para una pradera de festuca de primer año se obtuvo valores de 3,6 (Moliterno, 2000), 3,4 (Acle y Clement, 2004), 2,4 (Fariña y Saravia, 2010), siendo dichos valores superiores a los obtenidos en el experimento realizado, esto se puede deber a que el mismo se realizó sobre una pradera de segundo año; cabe destacar que la relación parte aérea/raíz va disminuyendo conforme el paso de los años debido a que en las primeras etapas de desarrollo la planta prioriza la partición de asimilados hacia la parte aérea para interceptar la radiación incidente (Acle y Clement, 2004).

Según datos obtenidos por Formoso (2011), la relación parte aérea/raíz para festuca es 0,9 siendo mayor que el dato obtenido en el experimento en estudio; esto se puede deber posiblemente a que la medición fue realizada pocos días después de la salida de los animales de la parcela, por tanto la relación parte aérea/raíz es menor debido a una menor proporción de parte aérea.

#### 4.1.1.2 Tasa de extensión media, tamaño medio de hoja y tasa de senescencia total de *Festuca arundinacea* y *Dactylis glomerata*

A continuación se muestran datos de tasa de extensión media, tamaño medio de hoja y tasa de senescencia para dichas especies.

Cuadro No. 2. Tasa de expansión, tamaño medio de hoja y tasa de senescencia total según especie.

| Tratamiento | Tasa de extensión total (cm/°C día) | Tamaño medio de hoja (cm) | Tasa de senescencia total (cm/°C día) |
|-------------|-------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|
| festuca     | 0,20 b                              | 5,27 b                    | 0,08 b                                |
| dactylis    | 0,27 a                              | 6,26 a                    | 0,14 a                                |

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

Como se observa, dactylis presentó una mayor tasa de extensión foliar que festuca; encontrándose ambas especies en las mismas condiciones hídricas, nutricionales, como también iguales condiciones en cuanto al manejo del pastoreo; viéndose reflejado en un mayor tamaño de hoja por parte de dactylis.

Abud et al. (2011), obtuvieron valores para la tasa de extensión total entre 0,499 cm/día y 0,682 cm/día, los cuales fueron muy superiores a los obtenidos en el presente trabajo. Esto se explica debido a que el período de evaluación de Abud et al. (2011), presentó temperaturas medias superiores a las observadas en este experimento (entre 20,8 y 21,3 °C vs. 14,3 °C), por lo tanto, al relacionarse la temperatura con el crecimiento y desarrollo, da como resultado esta mayor tasa de elongación. Esto se debe a que la tasa de extensión foliar presenta una respuesta exponencial a la temperatura, aunque estudios realizados por Colabelli et al. (1998), dicen que en períodos cortos de tiempo puede mostrar una relación lineal, debido al efecto instantáneo de la temperatura sobre la elongación foliar.

Datos reportados por Agnusdei et al. (1998), señalan que en un rango de temperaturas de 6 a 12 °C la tasa de elongación es de 0,1 a 0,4 cm/día; por tanto, para temperaturas promedio de 14,3 °C que se dieron en el período de evaluación y siguiendo la tendencia mencionada por dichos autores, los resultados deberían ser mayores a los obtenidos ya que la temperatura promedio se encuentra cercana al límite superior del rango de temperaturas.

Para las precipitaciones en el período evaluado, no se puede decir que no fueron limitantes, ya que no se realizó un balance hídrico. Sin embargo, si se puede decir que las lluvias en el período en estudio estuvieron por encima de las precipitaciones de la serie histórica de 1980-2009. Para las condiciones previas al inicio del experimento, se registraron lluvias por debajo del promedio histórico en los meses de febrero, marzo y abril, que si pudieron haber afectar negativamente la pastura. Esto se puede deber, ya que según Turner y Begg (1978), la elongación celular es más afectada por el déficit hídrico que la división celular, provocando la reducción en la tasa de elongación foliar, determinando un menor tamaño de hojas, tasa de macollaje y menos número de hojas vivas por macollo, aumentando así la tasa de senescencia.

#### 4.1.1.3 Tasa de aparición de hojas en festuca y dactylis

En las siguientes gráficas se detallan los resultados obtenidos de tasa de aparición de hojas para invierno temprano, invierno tardío y primavera temprana de cada tratamiento.

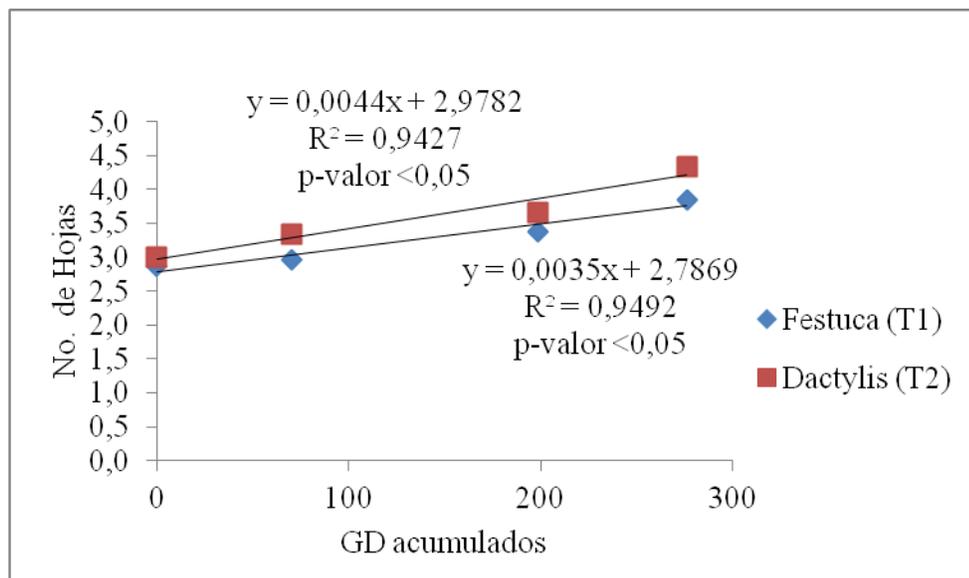


Figura No. 4. Tasa de aparición de hojas según especie del 18/6-11/7 (invierno temprano).

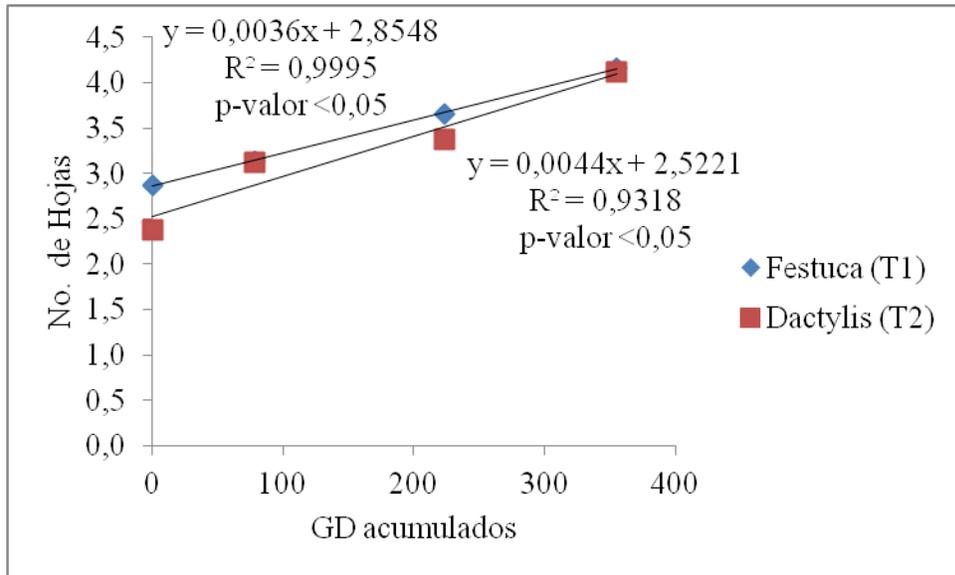


Figura No. 5. Tasa de aparición de hojas según especie del 20/7-11/8 (invierno tardío).

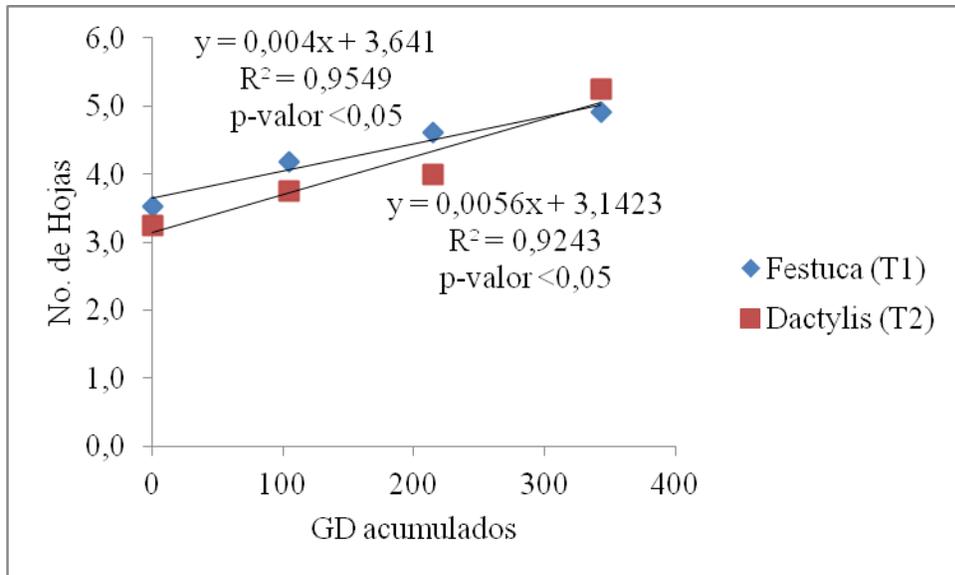


Figura No. 6. Tasa de aparición de hojas según especie del 11/8-4/9 (primavera temprana).

Se debe destacar que para esta variable se trabajó con la información promedio del bloque 1 y 4 para festuca y dactylis, en la estación invierno, la cual se dividió en tres períodos; invierno temprano (18/6-11/7), invierno tardío (20/7-11/8), y primavera tardía (11/8-4/9).

La tasa de aparición foliar (TAF) representa el número de hojas aparecidas en cada macollo por unidad de tiempo y es inverso al intervalo entre la aparición de dos hojas sucesivas (Chapman y Lemaire, 1993). En este caso se expresa en hojas/°C día, siendo para el primer período (invierno temprano) 0,0044 para dactylis y 0,0035 para festuca, es decir aparecen 0,0044 y 0,0035 hojas por cada °C día respectivamente.

Teniendo en cuenta que en dicho período la temperatura media fue de 12 °C y el filocrón de dactylis fue de 225 °C día, una hoja tardará 19 días en aparecer en esta especie. En cambio para festuca, manteniéndose la misma temperatura media, pero siendo el filocrón de 284 °C día, una hoja tardará 24 días en aparecer, debido a que se requiere más °C día para que aparezca una hoja, es decir presenta un mayor filocrón.

En la segunda gráfica, se puede ver que la tasa de aparición foliar es de 0,0036 y 0,0044 para festuca y dactylis respectivamente, siendo prácticamente la misma que para el período anterior, difiriendo en el filocrón (T1: 275 °C día, T2: 226 °C día) y en la temperatura media (16,1 °C), demorando en aparecer una hoja 17 días para festuca y 14 para dactylis.

El mismo análisis corresponde realizarle al último período estudiado, presentando una TAF de 0,0040 (T1) y 0,0056 (T2), filocrón de 250 °C día para festuca y 180 °C día para dactylis, con una temperatura media de 14,3 °C, demorando los mismos días en aparecer una hoja que en el período anterior para festuca y un día menos para dactylis.

En cuanto a la temperatura, se puede decir que se logra la mayor tasa de aparición de hojas cuando ésta se encuentra dentro del rango óptimo de crecimiento de cada especie. En los períodos estudiados los rangos de temperatura fueron distintos, encontrándose el período 1 entre 6,7-17,9 °C, período 2 entre 10,4-21,8 °C y el período 3 con un rango de 9,7-19,2 °C; siendo el rango de temperatura óptima para las especies templadas de 20 a 25 °C (Cooper y Tainton, 1968), y de 15 a 20 °C (Carámbula, 2008), por tanto, el factor temperatura podría estar explicando el alto valor de filocrón. Ya que las bajas temperaturas mínimas promedio se encuentran por debajo de la óptima para el crecimiento de estas especies, afectando su crecimiento.

Cabe aclarar que la tasa de aparición de hojas puede estar explicada no solo por la temperatura sino también por cambios en la intensidad de luz, fotoperíodo, disponibilidad de agua y nutrientes en el suelo (Langer, 1981). Según este mismo autor a medida que se reduce la intensidad de luz disminuye la tasa de aparición de hojas.

Si bien en el último período es mayor la intensidad de luz en comparación con los períodos anteriores, eso no se ve reflejado en una mayor tasa de aparición foliar; ya que la temperatura media del período invierno tardío es menor.

De acuerdo a Colabelli et al. (1998), la velocidad de un proceso morfogénico es proporcional al incremento de temperatura, por encima de un umbral por sobre el cual la planta responde desarrollándose y/o creciendo. Por otro lado, en la medida en que un fenómeno dependa fundamentalmente de la temperatura, las predicciones de su evolución en función de esta variable serán más precisas. Tal es el caso de la tasa de aparición de hojas para las gramíneas.

Cuadro No. 3. Filocrón según la especie.

| Tratamiento | Filocrón (°C días) | Inferior 95% | Superior 95% |
|-------------|--------------------|--------------|--------------|
| festuca     | 260                | 0,0019       | 0,0057       |
| dactylis    | 215                | 0,0027       | 0,0066       |
| Promedio    | 238                |              |              |

En el cuadro anterior se puede observar, que los intervalos de confianza al 95% para el coeficiente de regresión de festuca y dactylis, se superponen para el período evaluado (invierno), comprendiendo del 18 de junio al 4 de setiembre, por lo cual el filocrón de ambas especies no sería diferente estadísticamente, siendo dicho valor de 238 °C días. Lo que quiere decir que cada 238 ° C días aparece una nueva hoja, es decir dependiendo de la época del año va a demorar más o menos días en aparecer, ya que con temperaturas más cálidas demora menos días en aparecer una nueva hoja. Este valor de filocrón es similar al encontrado por autores como Capandeguy y Larriera (2013), donde reportaron datos de filocrón para festuca de 217 ° C día y para dactylis 263 °C día, siendo obtenido el mismo a partir del 16 de mayo al 12 de junio de 2012.

Según datos reportados por Abud et al. (2011), para festuca cv. Tacuabé se registraron valores de 333 °C días para el período del 16 de marzo al 13 de abril, dicho momento del año es distinto al período en estudio donde se calculó el filocrón. En el período de evaluación de Abud et al. (2011), la temperatura promedio fue de 21 °C y el promedio de temperaturas máximas fue de 27,4 °C, por tanto el factor temperatura podría estar explicando el alto valor de filocrón, ya que las altas temperaturas pueden estar afectando el crecimiento, debido a la fotorrespiración que lleva a un mayor gasto de energía.

#### 4.1.1.4 Número medio de hojas por macollo para festuca y dactylis

En el cuadro siguiente se muestra el número medio de hojas por macollo de ambas especies.

Cuadro No. 4. Número medio de hojas por macollo según la especie.

| Tratamiento | No. medio hojas/macollo |
|-------------|-------------------------|
| festuca     | 3,66 a                  |
| dactylis    | 3,61 a                  |

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

No se constató diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en lo que respecta al número medio de hojas por macollo, básicamente estos resultados pueden deberse a las mismas condiciones ambientales (temperatura, precipitaciones, fertilización, manejo de malezas y manejo del pastoreo).

Esto no quiere decir que el número de hojas por macollo sea siempre el mismo dado a que los mecanismos de senescencia foliar en ciertas situaciones, como ser estrés hídrico o nitrogenado, pueden ser acelerados independientemente de los mecanismos de crecimiento foliar, lo que puede llevar a una ligera modificación del número de hojas por macollo (Leconte, citado por Azanza et al., 2004).

En las gramíneas templadas en general la capacidad para acumular hojas vivas no es superior a tres, una vez alcanzado el número máximo de hojas, estas especies no acumularan en pie una mayor cantidad de material foliar vivo, por lo que mientras aparece una nueva hoja la más vieja senesce (Agnusdei et al., 1998). Datos recabados por Lemaire (1985), reportaron que festuca presenta un número máximo de hojas vivas por macollo de 2,5.

Datos no muy diferentes a los obtenidos en el presente experimento habían sido reportados por Abud et al. (2011), los cuales fueron de 3,63 y 3,27 número promedio de hojas por macollo de festuca para dos períodos (16 al 30 de marzo y 30 de marzo al 30 de abril) respectivamente.

#### 4.1.1.5 Peso específico de lámina en festuca y dactylis

En el siguiente cuadro se presentan los datos obtenidos de peso específico de lámina de festuca y dactylis.

Cuadro No. 5. Peso específico de lámina según la especie.

| Tratamiento | Peso específico (g/cm) |
|-------------|------------------------|
| festuca     | 0,0004 a               |
| dactylis    | 0,0002 b               |

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

En cuanto a peso específico se puede decir que festuca (T1) es significativamente mayor que dactylis (T2) esto se debe a que si bien no hay diferencias estadísticamente significativas en la tasa neta de ambas especies (ver anexo No. 10), si lo hay en cuanto a la longitud específica de lámina (g/cm) (ver anexo No. 9) siendo menor en dactylis.

#### 4.1.1.6 Vida media foliar de festuca y dactylis

En el cuadro se puede apreciar la vida media foliar para festuca y dactylis, expresada en °C día.

Cuadro No. 6. Vida media foliar según tratamiento.

| Tratamiento | Vida media foliar (°C día) |
|-------------|----------------------------|
| festuca     | 874 a                      |
| dactylis    | 703 b                      |

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

En este cuadro se observa que festuca presentó una mayor vida media foliar en el período de invierno, el cual comprende del 18 de junio de 2015 al 4 de setiembre del 2015; mientras que Abud et al. (2011), reportaron datos para festuca de 1316,6 °C día y

1286,6 °C día en los períodos del 16 a 30 de marzo del 2011 y 30 de marzo al 13 de abril del 2011 respectivamente.

En cuanto a dactylis la vida media foliar obtenida en el experimento evaluado es de 703 °C día, sin embargo se encontró que en un trabajo realizado por Capandeguy y Larriera (2013), la vida media foliar de la especie en cuestión es de 978 °C día.

Esto significa que, para el período experimental evaluado en este trabajo, con una temperatura promedio de 13,8 °C, las longevidades fueron de 63 días para festuca y 51 para dactylis. Por lo tanto la frecuencia de pastoreo debería de ser en base a los días mencionados para las respectivas especies sembradas puras, ya que ese período son los días que persiste una hoja en promedio. Si se aumentara el tiempo de descanso se estaría perdiendo eficiencia en el sistema, ya que senescería parte del área foliar. Si se diera el caso contrario, con frecuencias de pastoreo menores a las adecuadas, no se estaría aprovechando el potencial de la pastura ya que las producciones de forraje serían menores.

#### 4.1.1.7 Defoliación total y lámina verde total de festuca y dactylis

En el siguiente cuadro se detallan los valores de defoliación total y lámina verde total para el período en estudio.

Cuadro No. 7. Defoliación total y lámina verde total según tratamiento.

| Tratamiento | Defoliación total (cm) | Lámina Verde total (cm) |
|-------------|------------------------|-------------------------|
| festuca     | 15,67 b                | 19,19 b                 |
| dactylis    | 28,21 a                | 23,08 a                 |

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

Se puede observar que hay diferencias estadísticamente significativas entre festuca y dactylis en cuanto a la defoliación, siendo dactylis mayor por presentar buena digestibilidad y apetecibilidad, acompañado de una mayor concentración de carbohidratos solubles lo que le proporciona las características mencionadas anteriormente. Esto se corresponde con los trabajos de Astigarraga y Gonzales (2012).

A partir del cuadro también se puede mencionar, que en dactylis hay más defoliación total de lo que hay de lámina verde, por tanto se puede concluir, que posiblemente existió un error experimental.

En comparación la festuca a diferencia de dactylis, declina su calidad aún en estado vegetativo debido a tres causas: aumento de la edad durante la vida media foliar, incremento del largo foliar entre las hojas sucesivas aparecidas y senescencia (Groot y Neuteboom 1997, Agnusdei et al. 2012, Di Marco et al. 2013). De estas tres variables, la senescencia es la principal fuente de pérdida de calidad foliar debido a que determina un aumento pasivo de FDN por translocación de compuestos solubles, y una caída DFDN (Insua et al., 2012).

#### 4.1.1.8 Efecto de la defoliación total en la interacción estación por tratamiento

A continuación se presentan valores de defoliación para la interacción estación por tratamiento para el período experimental.

Cuadro No. 8. Defoliación total en la interacción estación por tratamiento

| Estación   | Tratamiento | Defoliación total (cm) |
|------------|-------------|------------------------|
| I          | T2          | 29,5                   |
| P.temprana | T2          | 26,9                   |
| P.temprana | T1          | 16,6                   |
| I          | T1          | 14,8                   |

p-valor >0,10; DMS= 10,48

Si bien la interacción estación por tratamiento no es estadísticamente significativa, se pueden apreciar diferencias numéricas de los tratamientos en las diferentes estaciones.

El que presentó mayor defoliación fue dactylis (T2) en invierno debido a lo mencionado en el cuadro anterior, presentando una menor defoliación festuca (T1) en invierno. Esto no debería ser así para festuca, ya que la mayor defoliación debería ser en invierno (digestibilidad alta y baja oferta de forraje) y no en primavera temprana, principalmente porque ésta especie presenta un encañado temprano en primavera (setiembre) lo que genera una reducción en la apetecibilidad, otro motivo podría ser que en ésta estación hay una gran oferta de forraje lo que en algunos casos puede sobrepasar

la capacidad de pastoreo. Sin embargo la mayor defoliación en primavera temprana puede ser a causa de que las hojas sean mayores.

## 5. CONCLUSIONES

Según los tratamientos realizados se observan diferencias significativas sobre algunas de las diferentes variables estudiadas.

En lo que respecta a la partición de materia seca en la relación parte aérea/raíz fue similar para ambos tratamientos. La tasa de extensión total, tamaño medio de hoja y tasa de senescencia total difirieron a nivel de tratamientos, observándose valores mayores para dactylis.

En lo que refiere a la tasa de aparición de hojas no se encontró diferencias, siendo el filocrón promedio para ambas especies de 238 °C días.

El número medio de hojas por macollo no difirió entre los tratamientos siendo en promedio 3,6 hojas por macollo; en cambio el peso específico de lámina fue mayor para T1, el mismo comportamiento ocurrió con la vida media foliar ya que resultó ser mayor en festuca.

En cuanto a las variables defoliación total y lámina verde total, hay diferencias estadísticamente significativas siendo mayor en dactylis.

Se evaluó el efecto de la defoliación total en la interacción estación por tratamiento sin diferencias pero con una tendencia a una mayor defoliación de dactylis en invierno y menor en festuca para la misma estación.

## 6. RESUMEN

El experimento se llevó a cabo en la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” (UdelaR. Facultad de Agronomía), ubicado sobre la ruta nacional No. 3, Km 363, en el período invierno-primavera temprana, comprendido entre el 18/06/2015 al 22/10/2015. Los objetivos fueron evaluar el efecto del pastoreo en los componentes morfogénicos, tasa de aparición foliar (TAF), tasa de elongación foliar (TEF) y vida media foliar (VMF) en *Dactylis glomerata* y *Festuca arundinacea* y el consumo animal en dichas especies. Las pasturas fueron sembradas en el año 2014, por lo que en el momento del estudio se encontraban en su segundo año de producción, estando compuesta una pastura por *Festuca arundinacea* cultivar Tacuabé, *Trifolium repens* cultivar Zápican y *Lotus corniculatus* cultivar San Gabriel y la otra por *Dactylis glomerata* cultivar Perseo y *Medicago sativa* cultivar Chaná. Los tratamientos consistieron en el pastoreo de dos especies, por un lado *Festuca arundinacea* y por el otro *Dactylis glomerata*, con 10 días de ocupación y 30 días de descanso, utilizándose en total 8 novillos Holando, 4 novillos por especie forrajera, con un peso promedio al comienzo del experimento de 349 kg aproximadamente para los que consumían festuca y 344 kg para los novillos que consumían dactylis. El diseño experimental utilizado fue de bloques completos generalizados y el área experimental comprendió un total de 5,12 has que se divide en 4 bloques y cada bloque se subdivide en 4 parcelas, las que se definen como unidad experimental, siendo únicamente los bloques 1 y 4 los utilizados para realizar las mediciones, utilizando dos parcelas por bloque. En relación a las variables evaluadas no se encontró diferencias significativas entre los tratamientos para: relación parte aérea/raíz, filocrón y número medio de hojas por macollo. En cambio, se registró diferencias entre tratamiento para la tasa de extensión total, tamaño medio de hoja y tasa de senescencia total, siendo mayor para dactylis para las tres variables. También se registró diferencias significativas en peso específico de lámina, siendo superior para festuca, el mismo comportamiento se observó para vida media foliar. Para las variables defoliación total y lámina verde total se observó diferencias, siendo mayor en dactylis. En el efecto de la defoliación total con la interacción estación por tratamiento, se encontró que dactylis es mayor numéricamente en invierno.

Palabras clave: *Festuca arundinacea*; *Dactylis glomerata*; Morfogénesis.

## 7. SUMMARY

The experiment was carried out at "Dr. Mario A. Cassinoni "(University of the Republic. Faculty of Agronomy) located on national route No. 3, Km 363, in the early winter-spring period, between 18/06/2015 and 22/10/2015. The objectives were to evaluate the effect of grazing on the morphogenic components, foliar appearance rate (TAF), foliar elongation rate (TEF) and leaf half life (VMF) in *Dactylis glomerata* and *Festuca arundinacea* and animal consumption in Species. The pastures were planted in 2014, so at the time of the study they were in their second year of production, with one pasture being composed by *Festuca arundinacea* cultivar Tacuabé, *Trifolium repens* cultivar Zápican and *Lotus corniculatus* cultivar San Gabriel and the other by *Dactylis glomerata* cultivate Perseo and *Medicago sativa* cultivar Chaná. The treatments consisted of two grazed species, on the one hand *Festuca arundinacea* and on the other *Dactylis glomerata*, with 10 days of occupation and 30 days of rest, being used in total 8 Holando steers, 4 steers by fodder species, with an average weight at the beginning Of the experiment of approximately 349 kg for those who consumed fescue and 344 kg for steers consuming dactylis. The experimental design used was of generalized complete blocks and the experimental area comprised a total of 5.12 hectares which is divided into 4 blocks and each block is subdivided into 4 plots, which are defined as experimental unit, being only blocks 1 and 4 were used to perform the measurements, using two plots per block. Regarding the variables evaluated, no significant differences were found between treatments for: shoot / root ratio, phyllochron and average number of leaves per macollo. Otherwise, there were differences between treatment for total expansion rate, mean leaf size and total senescence rate, being higher in T2 for all three variables. There were also significant differences in leaf specific weight, being higher for T1, the same behavior is observed for leaf half life. For the variables total defoliation and total green leaf, differences are observed, being greater in T2. In the effect of total defoliation with the station-by-treatment interaction, it was found that T2 is higher numerically in winter.

Keywords: *Festuca arundinacea*; *Dactylis glomerata*; Morphogenesis.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. Abud, M. J.; Gaudenti, C.; Orticochea, V.; Puig, V. M. 2011. Evaluación estivo-otoñal de mezclas forrajeras. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 106 p.
2. Acle, F. J.; Clement, G. M. 2004. Características de la implantación y vigor de gramíneas y leguminosas perennes integrantes de mezclas forrajeras y estudio de la población de unidades morfológicas en el otoño del 2º. año. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 103 p.
3. Acosta, G.; Cangiano, C.; Miñon, D. 1998. Efecto del pastoreo y fertilización nitrogenada sobre el crecimiento y calidad del raigrás inglés (*Lolium perenne*). Revista de Investigación Agraria del INIA. Serie de Producción y Protección Vegetal. 13 (1-2): s.p.
4. Agnusdei, M.; Colabelli, M.; Mazzanti, A.; Lavreveux, M. 1998. Fundamentos para el manejo de pastizales y pasturas cultivadas de la pampa húmeda bonaerense. INTA Balcarce. Boletín Técnico no.147.16 p.
5. \_\_\_\_\_.; Di Marco, O. N.; Nenning, F. R.; Aello, M. S. 2012. Leaf blade nutritional quality of rhodes grass (*Chloris gayana*) as affected by leaf age and length. Crop and Pasture Science. 62: 1098-1105.
6. Altamirano, A.; da Silva H.; Durán, A.; Echevarría, A.; Panario, U.; Puentes, R. 1976. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay; clasificación de suelos. Montevideo, MAP. DSF. t.1, 96 p.
7. Anslow, R. C. 1966. The rate of appearance of leaves on tillers of the gramineae. Herbage Abstracts. 36 (3): 149-155.
8. \_\_\_\_\_.; Green, J. O. 1967. The seasonal growth of pasture grasses. Journal of Agricultural Sciences (Cambridge). 68:109-122.
9. Astigarraga, L.; Gonzales, P. 2012. Productividad de vacas lecheras en pasturas de festuca o de dactylis. (en línea). Agrociencia (Montevideo). 16(1):160-165. Consultado jun. 2012. Disponible en [http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2301-15482012000100019&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2301-15482012000100019&lng=es&nrm=iso)

10. Ayala, W.; Bemhaja, M.; Cotro, B.; Docanto, J.; García, J.; Olmos, F.; Real, D.; Rebuffo, M.; Reyno, R.; Rossi, C.; Silva, J. 2010. Forrajeras; catálogo de cultivares 2010. Montevideo, Uruguay, INIA. 131 p. (Otros Documentos no. 38).
11. Azanza, A.; Panissa, R.; Rodríguez, H. 2004. Evaluación de la fertilización nitrogenada de campo natural bajo pastoreo de vacunos en el periodo primaveral. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 91 p.
12. Begg, J. E.; Wright, M. J. 1962. Growth and development of leaves from intercalary meristems of *Phalaris arundinacea* L. Nature (London). 194: 1097-1098.
13. Beguet, H.; Bavera, G. 2001. Fisiología de la planta pastoreada. (en línea). Río Cuarto, s.e. 6 p. Consultado 16 mar. 2017.  
[http://www.infogranjas.com.ar/index.php?option=com\\_content&view=article&id=4824%3Afisiologia-de-la-planta-pastoreada&catid=320%3Aalimentacion-animal-bovinos&Itemid=263](http://www.infogranjas.com.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=4824%3Afisiologia-de-la-planta-pastoreada&catid=320%3Aalimentacion-animal-bovinos&Itemid=263)
14. Black, J. L.; Kenney, P. 1984. Factors affecting diet selection by sheep. II. Height and density of pasture. Australian Journal of Agricultural Research. 35 (4): 565-578.
15. Bretschneider, G. 2008. Como controlar el empaste. (en línea). Rafaela, INTA. s.p. Consultado 12 nov. 2011. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/sanidad\\_intoxicaciones\\_metabolicos/metabolicas/metabolicas\\_bovinos/16-empaste.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/metabolicas/metabolicas_bovinos/16-empaste.pdf)
16. Brito del Pino, G.; Colella, A.; Crosta, D.; Morales, C. J. 2008. Relevamiento de implantación de pasturas con gramíneas perennes en Basamento Cristalino. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 125 p.
17. Brougham, R. W. 1956. Effect of intensity of defoliation on regrowth of pasture. Australian Journal of Agricultural Research. 7 (5): 377-387.
18. \_\_\_\_\_. 1959. The effects of frequency and intensity of grazing on the productivity of pastures of short-rotation rye grass and red and white clove. New Zealand Journal of Agricultural Research. 2:1232-1243.

19. \_\_\_\_\_. 1960. The relationship between the critical leaf area index, total chlorophyll content and maximum growth rate of some pasture and crop plants. *Annals of Botany*. 24:463-474
20. Cangiano, C. 1997. Producción animal en pastoreo. Balcarce, Buenos Aires, Argentina, La Borrosa. 139 p.
21. Capandeguy, J.; Larriera, M. 2013. Producción estivo-otoñal de dos mezclas forrajeras. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 75 p.
22. Carámbula, M. 1977. Producción y manejo de pasturas sembradas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 463 p.
23. \_\_\_\_\_. 2002. Pasturas y forrajes; potenciales y alternativas para producir forraje. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t.1, 357 p.
24. \_\_\_\_\_. 2004. Pasturas y forrajes; manejo, persistencia y renovación de pasturas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t.3, 413 p.
25. \_\_\_\_\_. 2007a. Pasturas y forrajes; potenciales y alternativas para producir forraje. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t.1, 186 p.
26. \_\_\_\_\_. 2007b. Pasturas y forrajes; insumos, implantación y manejo de pasturas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t.2, 357 p.
27. \_\_\_\_\_. 2008. Pasturas naturales mejoradas. Montevideo, Hemisferio Sur. 530 p.
28. Carrero, J. 2012. Las leguminosas forrajeras y su aporte a los suelos. (en línea). s.l., Buena Producción Animal. s.p. Consultado 16 mar. 2017. Disponible en <https://buenaproduccionanimal.wordpress.com/category/leguminosas-forrajeras/>
29. Casal, J. J.; Deregibus, V. A.; Sánchez, R. A. 1984. Influencia de la calidad de la luz sobre el macollaje de gramíneas forrajeras. *Revista Argentina de Producción Animal*. 4 (3): 279-388.
30. Chapman, D. F.; Lemaire, G. 1993. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: International Grassland Congress (17th., 1993, Palmerston North). Proceedings. Palmerston North, Massey University. pp. 95-104

31. Chilibroste, P.; Soca, P.; Bruni, M. de los A.; Fabre, E.; Mattiauda, D. 2008. Tecnología para la producción de leche en los últimos 15 años; aportes desde la EEMAC. Cangüé. no. 30: 36-44.
32. 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.
33. Cooper, J. P.; Tainton, N. M. 1968. Light and temperature requirements for the growth of tropical and temperate grasses. *Herbage Abstracts*. 38 (3): 167-176.
34. Davies, A.; Evans, M. E.; Exley, J. K. 1983. Regrowth of perennial ryegrass as affected by simulated leaf sheaths. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)*. 101: 131-137.
35. Deregibus, V. A.; Doll, U.; D'angela, E.; Kropfl, A.; Fraschine, A. 1982. Aspectos ecofisiológicos de dos forrajeras estivales de los pastizales de la Depresión del Salado. *Revista Facultad de Agronomía*. 3 (1):57-74.
36. \_\_\_\_\_.; Sanchez, R. A.; Casal, J. J. 1983. Effects of light quality on tiller production in *Lolium* spp. *Plant Physiology*. 72: 900- 912
37. de Souza, P. A.; Presno, J. P. 2013. Productividad invierno - primavera de praderas mezclas con *Festuca arundinacea* o *Dactylis glomerata* en su tercer año pastoreadas con novillos Holando con distintas dotaciones. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 110 p.
38. Di Marco, O. N.; Harkes, H.; Agnusdei, M. G. 2013. Calidad de agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum*) en estado vegetativo en relación a la edad y longitud de las hojas. *Revista de Investigaciones Agropecuarias (RIA)*. 39:105-110.
39. Escuder, C. 1996. Manejo de la defoliación. Efecto de la carga y métodos de pastoreo. In: Cangiano, C.; Escuder, C.; Galli, J.; Gómez, P.; Rosso, O. eds. *Producción animal en pastoreo*. Buenos Aires, INTA Balcarce. s.p.
40. Fariña, M.; Saravia, R. 2010. Evaluación de la productividad de mezclas forrajeras bajo pastoreo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 82 p.
41. Fernández, E. 1999. Impacto económico de prácticas de manejo en invernada intensiva. *Revista Plan Agropecuario*. no. 85: 6-9.

42. Formoso, F. 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).
43. \_\_\_\_\_. 2000. Manejo de la alfalfa para producción de forraje. In: Rebuffo, M.; Risso, D. F.; Restaino, E. eds. Tecnología en alfalfa. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 53-74 (Boletín de Divulgación no. 69).
44. \_\_\_\_\_. 2004. *Lotus corniculatus* I. Performance forrajera y características agronómicas asociadas. Montevideo, Uruguay, INIA. 20 p. (Serie Técnica no. 37).
45. \_\_\_\_\_. 2010. *Festuca arundinacea*, manejo para producción de forraje y semillas. Montevideo, Uruguay, INIA. 183 p. (Serie Técnica no. 182).
46. \_\_\_\_\_. 2011. Manejo de mezclas forrajeras y leguminosas puras. Producción y calidad del forraje. Efectos del estrés ambiental e interferencia de gramilla (*Cynodon dactylon*, (L) PERS). Montevideo, INIA. 302 p. (Serie Técnica no. 188).
47. 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.
48. Galli, J. R. 1997. Las pasturas como fuente de alimentación de rumiantes. In: Cangiano, C. ed. Producción animal en pastoreo. Buenos Aires, INTA. Estación Agropecuaria Experimental Balcarce. pp. 27 – 39.
49. \_\_\_\_\_.; Cangiano, C. A. 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 (3): 247-261.
50. García, J. 1992. Persistencia de leguminosas. *Investigaciones Agronómicas*. 2(1): 143-156.
51. \_\_\_\_\_. 1995a. *Dactylis glomerata* L. INIA LE OBERON. Montevideo, Uruguay, INIA. 10 p. (Boletín de Divulgación no. 49).
52. \_\_\_\_\_. 1995b. Estructura del tapiz de praderas. Montevideo, INIA. 10 p. (Serie Técnica no. 66).
53. \_\_\_\_\_. 2003. Crecimiento y calidad de gramíneas forrajeras en La Estanzuela. Montevideo, INIA. 26 p. (Serie Técnica no. 133).

54. Gastal, F.; Belanger, G.; Lemaire, G.. 1992. A model of the leaf extension rate of tall fescue in response to nitrogen and temperature. *Annals of Botany*. 70:437-442.
55. Gautier, H.; Varlet-Grancher, C. 1996. Regulation of leaf growth of grass by blue light. *Physiologia Plantarum*. 98: 424-430.
56. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; Hazard, L. A. U. R. 1999. Tillering responses to the light environment and to defoliation in populations of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) Selected for contrasting leaf length. *Annals of Botany*. 83: 423-429.
57. Gillet, M.; Lemaire, G.; Gosse, G. 1984. Essai d'élaboration d'un schéma global de la croissance des graminées fourragères. *Agronomie*. 4(1):75-82.
58. Grant, S. A.; Barthram, G. I.; Torvell, L. 1981. Components of regrowth in grazed and cut *Lolium multiflorum* swards. *Grass and Forage Science*. 36: 155-168.
59. Groot, J. C.; Neuteboom, J. H. 1997. Composition and digestibility during ageing of Italian ryegrass leaves of consecutive insertion the same levels. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 75: 227-236.
60. Hodgson, J. 1981. Influence of sward characteristics on diet selection and herbage intake by the grazing animal. In: International Symposium of Nutritional Limits to Animal Production from Pastures (1981, St. Lucia). Proceedings. St. Lucia, J. B. Hacker. pp. 153 – 166.
61. \_\_\_\_\_. 1990. *Grazing management; science into practice*. New York, Longman. 203 p.
62. INASE (Instituto Nacional de Semillas, UY). 2004. Catálogo forrajeras. (en línea). Montevideo, Uruguay. s.p. Consultado may. 2016. Disponible en [http://www.inia.org.uy/convenio\\_inase\\_inia/resultados/index\\_00.htm](http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/index_00.htm)
63. \_\_\_\_\_. 2005. Catálogo forrajeras. (en línea). Montevideo, Uruguay. s.p. Consultado may. 2016. Disponible en [http://www.inia.org.uy/convenio\\_inase\\_inia/resultados/index\\_00.htm](http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/index_00.htm)
64. \_\_\_\_\_. 2006. Catálogo forrajeras. (en línea). Montevideo, Uruguay. s.p. Consultado may. 2016. Disponible en [http://www.inia.org.uy/convenio\\_inase\\_inia/resultados/index\\_00.htm](http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/index_00.htm)

- 65.\_\_\_\_\_. 2007. Catálogo forrajeras. (en línea). Montevideo, Uruguay. s.p.  
Consultado may. 2016. Disponible en  
[http://www.inia.org.uy/convenio\\_inase\\_inia/resultados/index\\_00.htm](http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/index_00.htm)
- 66.\_\_\_\_\_. 2008. Catálogo forrajeras. (en línea). Montevideo, Uruguay. s.p.  
Consultado may. 2016 Disponible en  
[http://www.inia.org.uy/convenio\\_inase\\_inia/resultados/index\\_00.htm](http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/index_00.htm)
- 67.\_\_\_\_\_. 2009. Catálogo forrajeras. (en línea). Montevideo, Uruguay. s.p.  
Consultado may. 2016. Disponible en  
[http://www.inia.org.uy/convenio\\_inase\\_inia/resultados/index\\_00.htm](http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/index_00.htm)
- 68.\_\_\_\_\_. 2010. Catálogo forrajeras. (en línea). Montevideo, Uruguay. 94 p.  
Consultado may. 2016. Disponible en  
[http://www.inia.org.uy/convenio\\_inase\\_inia/resultados/index\\_00.htm](http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/index_00.htm)
- 69.\_\_\_\_\_. 2011. Catálogo forrajeras. (en línea). Montevideo, Uruguay. 101 p.  
Consultado may. 2016. Disponible en  
[http://www.inia.org.uy/convenio\\_inase\\_inia/resultados/index\\_00.htm](http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/index_00.htm)
70. Insua, J. R.; Agnusdei, M. G.; Di Marco, O. N. 2012. Calidad nutritiva de láminas de dos cultivares de "festuca alta" (*Festuca arundinacea* Schreb). Revista de Investigaciones Agropecuarias (RIA). 38(2): 190-195.
71. Jones, R. M. 1980. Persistencia de las especies forrajeras bajo pastoreo. Santa Lucía, s.e. 33 p.
72. Langer, R. H. M. 1963. Tillering in herbage grasses. Herbage Abstract. 33:141-148.
- 73.\_\_\_\_\_. 1981. Las pasturas y sus plantas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 524 p.
74. Lemaire, G. 1985. Cinétique de croissance d'un peuplement de fétuque élevée (*Festuca arundinacea* Schreb.) pendant l'hiver et le printemps. Effets es facteurs climatiques. Thèse Doctorat esSciences Naturalles. Caen, France. Université de Caen. s.p.
- 75.\_\_\_\_\_.; Chapman, D. F . 1996. Tissue flows in grazed plant communities. In: Hodgson, J.; Illius, A. W. eds. Ecology and management of grazing systems. Egham, UK, Center for Agriculture and Biosciences International (CABI). pp. 3-36.

76. \_\_\_\_\_. 2001. Ecophysiology of grasslands; dynamic aspects of forage plant population in grazed swards. In: International Grassland Congress (19th., 2001, Piracicaba, Brasil). Proceedings. Piracicaba, Brasil. Fundação de Estudos Agrários "Luiz de Queiroz". pp. 29-38.
77. López, H. 1987. Manejo de praderas; efecto del pastoreo. (en línea). IPA La Platina. no. 43: 28-29. Consultado mar. 2017. Disponible en <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/IPA/NR05867.pdf>
78. Mckee, W. H.; Brown, R. H.; Blaser, R. E. 1967. Effect of clipping and nitrogen fertilization on yield and stands of tall fescue. *Crop Science*. 7(6):567-570.
79. Mazzanti, A.; Lemaire, G.; Gastel, F. 1994. The effect of nitrogen fertilization upon herbage production of tall fescue swards continuously grazed with sheep. 1. Herbage growth dynamics. *Grass Forage Science*. 49 (2): 111-120.
80. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2000. Anuario estadístico agropecuario. Montevideo. s.p.
81. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. 2015. Anuario estadístico agropecuario. Montevideo. 215 p.
82. \_\_\_\_\_. OPYPA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Oficina de Programación y Política Agropecuaria, UY). 2015. Anuario OPYPA. 513 p.
83. Millot, J. C.; Carámbula, M.; Methol, R. 1987. Relevamiento de pasturas naturales y mejoramientos extensivos en aéreas ganaderas del Uruguay. Montevideo, FUCREA. 199 p.
84. Moliterno, 2000. Caracterización de la producción inicial de diversas mezclas forrajeras. *Agrociencia* (Montevideo). 4(1): 31-49.
85. \_\_\_\_\_. 2002. Variables básicas que definen el comportamiento de mezclas forrajeras en su primer año. *Agrociencia* (Montevideo). 6 (1): 40-52.
86. Monteverde, S. 1997. Morfogénesis plantas forrajeras. (en línea). Montevideo, Uruguay, UdelaR. Facultad de Veterinaria. Departamento Nutrición. Área de Tecnología Agropecuaria. 21 p. Consultado mar. 2017. Disponible en <https://es.slideshare.net/santiagomonteverde31/2015-morfogenesis-plantasforrajeras>

87. Muslera, P.; Ratera, G. 1984. Praderas y forrajes; producción y aprovechamiento. Madrid, España, Mundi-Prensa. 695 p.
88. Nabinger, C. 1996. Eficiencia do uso de pastagens; disponibilidade e perdas de forragem. *In*: Simposio sobre Manejo da Pastagem (14°. 1996, Piracicaba). Fundamentos do pastejo rotacionado; anais. Piracicaba, s.e. pp. 213-251.
89. Núñez, G.; Espinoza, J.; Salinas, H.; Gutiérrez, J.; Medina, G.; Dovel, R. 2000. Manejo agronómico de praderas. (en línea). México, D. F., s.e. 6 p. Consultado jul. 2016. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pasturas%20artificiales/48-manejo\\_agronomico\\_de\\_praderas.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20artificiales/48-manejo_agronomico_de_praderas.pdf)
90. Parga, J. s.f. Utilización de praderas y manejo de pastoreo con vacas lecheras. (en línea). INIA. Remehue, Osorno. Serie no. 24: 1-19. Consultado mar. 2017. Disponible en <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR30034.pdf>
91. \_\_\_\_\_.; Nolberto, T. 2006. Manejo del pastoreo con vacas lecheras en praderas permanentes. Remehue, INIA. 12 p.
92. Parsons, A. J.; Penning, P. D. 1988. The effect of the duration of regrowth on photosynthesis, leaf death and the average rate of growth in a rotationally grazed sward. *Grass and Forage Science*. 43 (1): 15-27.
93. Peacock, J. M. 1975. Temperatura and leaf growth in *Lolium perenne*, in the thermal microclimate; its measurement and relation to plant growth. *Journal of Applied Ecology*. 12: 115- 123.
94. Pereira, M. 2007. ¿Qué Lotus sembrar? *Revista Plan Agropecuario*. no. 122: 36-38.
95. Pineiro, J.; Harris, W. 1978. Performance of mixtures of ryegrass cultivars and prairie grass with red clover cultivars under two grazing frequencies. I. Herbage production in the establishment year. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 21: 83-92.
96. Rebuffo, M. 2000. Distribución estacional de forraje. Adopción de variedades en Uruguay. Variedades de alfalfa. *In*: Rebuffo, M.; Risso, D. F.; Restaino, E. eds. Tecnología en alfalfa. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 5-13 (Boletín de Divulgación no. 69).
97. Sánchez, A. 2001. Leguminosas como potencial forrajero en la alimentación bovina. (en línea). Buenos Aires, Sitio Argentino de Producción Animal.

4 p. Consultado mar. 2017. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pasturas%20artificiales/38-leguminosas\\_como\\_potencial\\_forrajero.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20artificiales/38-leguminosas_como_potencial_forrajero.pdf)

98. Scheneiter, O. 2005. Mezclas de especies forrajeras perennes templadas. In: Jornada de Actualización Técnica en Pasturas Implantadas (2005, Buenos Aires, Argentina). Trabajos presentados. Buenos Aires, s.e. s.p.
99. Squella, F.; Figueroa, J. F. 2004. Recursos forrajeros para suelos cultivables del secano mediterráneo de la VI Región. In: Vilches, H. ed. Estado de avance de las actividades de investigación. Santiago, Chile, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Rayentué. Centro Experimental Hidango. pp. 29-70 (Serie Día de Campo no. 3).
100. Thomas, H.; Stoddart, J. L. 1980. Leaf senescence. Annual Review of Plant Physiology. 31: 83 - 111.
101. \_\_\_\_\_; Norris, I. B. 1981. The influence of light and temperature during winter on growth and death in simulated swards of *Lolium perenne*. Grass and Forage Science. 36:107-116.
102. Turner, N. C.; Begg, J. E. 1978. Responses of pasture plant to water deficits. In: Wilson, J. R. ed. Plants relations in pastures. Melbourne, CSIRO. pp. 50 - 66.
103. Veribona, N. 2006. Calidades y aptitudes del trébol blanco. (en línea). Río Cuarto, s.e. s.p. Consultado 12 nov. 2011. Disponible en <http://www.pregonagropecuario.com/cat.php?txt=123>
104. Zanoniani, R. A.; Ducamp, F. 2004. Leguminosas forrajeras del género Lotus en el Uruguay. Cangüé. no. 25: 5-11.

## 9. ANEXOS

### Anexo No. 1. Relación parte aérea /raíz

| Variable                  | N | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> AJ | CV    |
|---------------------------|---|----------------|-------------------|-------|
| Relación parte aérea/raíz | 4 | 0,73           | 0,59              | 27,74 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

| F.V.        | SC   | gl | CM       | F    | p-valor |
|-------------|------|----|----------|------|---------|
| Modelo.     | 0,02 | 1  | 0,02     | 5,31 | 0,1477  |
| Tratamiento | 0,02 | 1  | 0,02     | 5,31 | 0,1477  |
| Error       | 0,01 | 21 | 4,50E-03 |      |         |
| Total       | 0,03 | 23 |          |      |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,10 DMS= 0,19642

Error: 0,0045 gl: 2

| Tratamiento | Medias | N | E.E  |   |
|-------------|--------|---|------|---|
| T1          | 0,32   | 2 | 0,05 | A |
| T2          | 0,17   | 2 | 0,05 | A |

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

### Anexo No. 2. Parte aérea

| Variable        | N | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> AJ | CV    |
|-----------------|---|----------------|-------------------|-------|
| Parte aérea (g) | 4 | 0,64           | 0,46              | 38,55 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

| F.V.        | SC    | gl | CM    | F    | p-valor |
|-------------|-------|----|-------|------|---------|
| Modelo.     | 33,76 | 1  | 33,76 | 3,59 | 0,1988  |
| Tratamiento | 33,76 | 1  | 33,76 | 3,59 | 0,1988  |
| Error       | 18,83 | 2  | 9,42  |      |         |
| Total       | 52,59 | 3  |       |      |         |

Test: LSD Fisher Alfa=0, 10 DMS= 8, 9597

Error: 9,4153 gl: 2

| Tratamiento | Medias | n | E.E  |   |
|-------------|--------|---|------|---|
| T1          | 10,87  | 2 | 2,17 | A |
| T2          | 5,06   | 2 | 2,17 | A |

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

### Anexo No. 3. Parte radicular

| Variable            | N | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> AJ | CV    |
|---------------------|---|----------------|-------------------|-------|
| Parte radicular (g) | 4 | 0,05           | 0,00              | 14,85 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

| F.V.        | SC    | gl | CM    | F    | p-valor |
|-------------|-------|----|-------|------|---------|
| Modelo.     | 2,66  | 1  | 2,66  | 0,11 | 0,7677  |
| Tratamiento | 2,66  | 1  | 2,66  | 0,11 | 0,7677  |
| Error       | 46,59 | 2  | 23,30 |      |         |
| Total       | 49,25 | 3  |       |      |         |

Test: LSD Fisher Alfa=0, 10 DMS= 14, 09366

Error: 23,2962 gl: 2

| Tratamiento | Medias | n | E.E  |   |
|-------------|--------|---|------|---|
| T1          | 33,33  | 2 | 3,41 | A |
| T2          | 31,70  | 2 | 3,41 | A |

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

### Anexo No. 4. Tasa de expansión total

| Variable                               | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|--|----|----------------|-------------------|-------|
| Tasa de expansión total<br>(cm/°C día) | 24 | 0,6            | 0,07              | 27,34 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

| F.V.     | SC       | gl | CM       | F    | p-valor |
|----------|----------|----|----------|------|---------|
| Modelo   | 0,06     | 13 | 4,80E-03 | 1,14 | 0,4265  |
| Estación | 6,80E-04 | 1  | 6,80E-04 | 0,16 | 0,6852  |

|                      |          |    |          |      |        |
|----------------------|----------|----|----------|------|--------|
| Tratamiento          | 0,03     | 1  | 0,03     | 6,61 | 0,0278 |
| Bloque               | 1,10E-03 | 1  | 1,10E-03 | 6,61 | 0,6208 |
| Transecta            | 0,03     | 9  | 3,30E-03 | 0,26 | 0,6283 |
| Estación*Tratamiento | 2,40E-03 | 1  | 2,40E-03 | 0,8  | 0,4633 |
| Error                | 0,04     | 10 | 4,20E-03 | 0,58 |        |
| Total                | 0,1      | 23 |          |      |        |

Test:LSD Fisher Alfa=0,10 DMS=0,04793  
Error: 0,0042 gl: 10

|             |        |    |      |   |   |
|-------------|--------|----|------|---|---|
| Tratamiento | Medias | n  | E.E. |   |   |
| Dacty       | 0,27   | 12 | 0,02 | A |   |
| Fest        | 0,2    | 12 | 0,02 |   | B |

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

#### Anexo No. 5. Tamaño medio de hoja

| Variable          | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|-------------------|----|----------------|-------------------|-------|
| Tamaño medio (cm) | 24 | 0,76           | 0,45              | 18,12 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

| F.V.                 | SC    | gl | CM   | F    | p-valor |
|----------------------|-------|----|------|------|---------|
| Modelo               | 34,29 | 13 | 2,64 | 2,42 | 0,0839  |
| Estación             | 3,43  | 1  | 3,43 | 3,15 | 0,1064  |
| Tratamiento          | 5,92  | 1  | 5,92 | 5,43 | 0,0421  |
| Bloque               | 0,13  | 1  | 0,13 | 0,12 | 0,7342  |
| Transecta            | 18,11 | 9  | 2,01 | 1,85 | 0,1768  |
| Estación*Tratamiento | 6,69  | 1  | 6,69 | 6,14 | 0,0327  |
| Error                | 10,9  | 10 | 1,09 |      |         |
| Total                | 45,19 | 23 |      |      |         |

Test:LSD Fisher Alfa= 0,10 DMS= 0,77268  
 Error: 1,0905 gl: 10

| Tratamiento | Medias | n  | E.E. |   |   |
|-------------|--------|----|------|---|---|
| Dacty.      | 6,26   | 12 | 0,34 | A |   |
| Fest.       | 5,27   | 12 | 0,34 |   | B |

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

Anexo No. 6. Tasa de senescencia total

| Variable                              | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|---------------------------------------|----|----------------|-------------------|-------|
| Tasa de senescencia total (cm/°C día) | 24 | 0,77           | 0,47              | 59,11 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

| F.V.                 | SC   | gl | CM     | F     | p-valor |
|----------------------|------|----|--------|-------|---------|
| Modelo               | 0,14 | 13 | 0,01   | 2,59  | 0,0688  |
| Estación             | 0,04 | 1  | 0,04   | 8,87  | 0,0139  |
| Tratamiento          | 0,02 | 1  | 0,02   | 4,01  | 0,0731  |
| Bloque               | 0,01 | 1  | 0,01   | 2,55  | 0,1414  |
| Transecta            | 0,02 | 9  | 0,0023 | 0,56  | 0,7997  |
| Estación*Tratamiento | 0,05 | 1  | 0,05   | 13,23 | 0,0046  |
| Error                | 0,04 | 10 | 0,0042 |       |         |
| Total                | 0,18 | 23 |        |       |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,10 DMS= 0,04767  
 Error: 0,0042 gl: 10

| Tratamiento | Medias | n  | E.E. |   |   |
|-------------|--------|----|------|---|---|
| Dacty.      | 0,14   | 12 | 0,02 | A |   |
| Fest.       | 0,08   | 12 | 0,02 |   | B |

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

Anexo No. 7. Número medio de hojas/macollo

| Variable                      | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV   |
|-------------------------------|----|----------------|-------------------|------|
| Número medio de hojas/macollo | 24 | 0,79           | 0,51              | 8,23 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

| F.V.                 | SC   | gl | CM   | F     | p-valor |
|----------------------|------|----|------|-------|---------|
| Modelo               | 3,32 | 13 | 0,26 | 2,86  | 0,0517  |
| Estación             | 2,45 | 1  | 2,45 | 27,45 | 0,0004  |
| Tratamiento          | 0,01 | 1  | 0,01 | 0,15  | 0,7083  |
| Bloque               | 0,62 | 1  | 0,62 | 6,92  | 0,0251  |
| Transecta            | 0,22 | 9  | 0,02 | 0,27  | 0,9679  |
| Estación*Tratamiento | 0,01 | 1  | 0,01 | 0,13  | 0,725   |
| Error                | 0,89 | 10 | 0,09 |       |         |
| Total                | 4,21 | 23 |      |       |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,10 DMS= 0,22122

Error: 0,0894 gl: 10

| Tratamiento | Medias | n  | E.E. |   |
|-------------|--------|----|------|---|
| Dacty       | 3,61   | 12 | 0,1  | A |
| Fest        | 3,66   | 12 | 0,1  | A |

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

Anexo No. 8. Peso específico

| Variable               | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> AJ | CV    |
|------------------------|----|----------------|-------------------|-------|
| Peso específico (g/cm) | 23 | 0,28           | 0,25              | 47,80 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.        | SC       | gl | CM       | F    | p-valor |
|-------------|----------|----|----------|------|---------|
| Modelo.     | 2,40E-07 | 1  | 2,40E-07 | 8,15 | 0,0095  |
| Tratamiento | 2,40E-07 | 1  | 2,40E-07 | 8,15 | 0,0095  |
| Error       | 6,20E-07 | 21 | 3,00E-08 |      |         |
| Total       | 8,60E-07 | 23 |          |      |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,10 DMS= 0,00012  
 Error: 0,0000 gl: 21

| Tratamiento | Medias  | n  | E.E     |   |   |
|-------------|---------|----|---------|---|---|
| T1          | 4,6E-04 | 12 | 5,0E-05 | A |   |
| T2          | 2,5E-04 | 11 | 5,2E-05 |   | B |

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

#### Anexo No. 9. Longitud específica

| Variable                | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> AJ | CV       |
|-------------------------|----|----------------|-------------------|----------|
| Long. Específica (g/cm) | 24 | 1,0            | 1,0               | 6,80E-07 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.        | SC       | gl | CM       | F                    | p-valor |
|-------------|----------|----|----------|----------------------|---------|
| Modelo.     | 2,60E-05 | 1  | 2,60E-05 | 75752410991826400,00 | <0,0001 |
| Tratamiento | 2,60E-05 | 1  | 2,60E-05 | sd                   | sd      |
| Error       | 0,00     | 22 | 0,00     |                      |         |
| Total       | 2,60E-05 | 23 |          |                      |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,10 DMS= 0,0000  
 Error: 0,0000 gl: 22

| Tratamiento | Medias   | n  | E.E  |   |   |
|-------------|----------|----|------|---|---|
| T1          | 3,80E-03 | 12 | 0,00 | A |   |
| T2          | 1,70E-03 | 12 | 0,00 |   | B |

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

#### Anexo No. 10. Tasa neta

| Variable          | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> AJ | CV    |
|-------------------|----|----------------|-------------------|-------|
| Tasa neta (cm/°C) | 24 | 0,01           | 0,00              | 68,21 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.        | SC      | Gl | CM      | F    | p-valor |
|-------------|---------|----|---------|------|---------|
| Modelo.     | 1,2E-03 | 1  | 1,2E-03 | 0,16 | 0,6928  |
| Tratamiento | 1,2E-03 | 1  | 1,2E-03 | 0,16 | 0,6928  |
| Error       | 0,17    | 22 | 0,01    |      |         |
| Total       | 0,17    | 23 |         |      |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,10 DMS= 0,06076

Error: 0,0075 gl: 22

| Tratamiento | Medias | N  | E.E  |   |
|-------------|--------|----|------|---|
| T1          | 0,13   | 12 | 0,03 | A |
| T2          | 0,12   | 12 | 0,03 | A |

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

## Anexo No. 11. Vida media foliar

| Variable                      | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> AJ | CV   |
|-------------------------------|----|----------------|-------------------|------|
| Vida media foliar<br>(°C día) | 12 | 0,62           | 0,58              | 9,25 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.        | SC        | gl | CM       | F     | p-valor |
|-------------|-----------|----|----------|-------|---------|
| Modelo.     | 87723,00  | 1  | 87723,00 | 16,51 | 0,0023  |
| Tratamiento | 87723,00  | 1  | 87723,00 | 16,51 | 0,0023  |
| Error       | 53146,67  | 10 | 5314,67  |       |         |
| Total       | 140869,67 | 11 |          |       |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,10 DMS= 76,28621

Error: 5314,6667 gl: 10

| Tratamiento | Medias | n | E.E   |   |   |
|-------------|--------|---|-------|---|---|
| T1          | 873,67 | 6 | 29,76 | A |   |
| T2          | 702,67 | 6 | 29,76 |   | B |

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

Anexo No. 12. Defoliación total

| Variable               | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|------------------------|----|----------------|-------------------|-------|
| Defoliación total (cm) | 24 | 0,69           | 0,29              | 45,66 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

| F.V.                 | SC      | gl | CM     | F    | p-valor |
|----------------------|---------|----|--------|------|---------|
| Modelo               | 2229,31 | 13 | 171,49 | 1,71 | 0,2004  |
| Estación             | 0,78    | 1  | 0,78   | 0,01 | 0,9316  |
| Tratamiento          | 942,72  | 1  | 942,72 | 9,39 | 0,0119  |
| Bloque               | 425,84  | 1  | 425,84 | 4,24 | 0,0664  |
| Transecta            | 831,32  | 9  | 92,37  | 0,92 | 0,5448  |
| Estación*Tratamiento | 28,66   | 1  | 28,66  | 0,29 | 0,6048  |
| Error                | 1003,51 | 10 | 100,35 |      |         |
| Total                | 3232,82 | 23 |        |      |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,10 DMS= 7,41230

Error: 100,3506 gl: 10

| Tratamiento | Medias | n  | E.E. |   |   |
|-------------|--------|----|------|---|---|
| Dacty.      | 28,21  | 12 | 3,23 | A |   |
| Fest.       | 15,67  | 12 | 3,23 |   | B |

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

Anexo No. 13.Lámina verde total

| Variable                | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|-------------------------|----|----------------|-------------------|-------|
| Lámina verde total (cm) | 24 | 0,7            | 0,32              | 20,27 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

| F.V.                 | SC     | gl | CM    | F    | p-valor |
|----------------------|--------|----|-------|------|---------|
| Modelo               | 433,18 | 13 | 33,32 | 1,81 | 0,1748  |
| Estación             | 7,97   | 1  | 7,97  | 0,43 | 0,5249  |
| Tratamiento          | 90,4   | 1  | 90,4  | 4,92 | 0,0508  |
| Bloque               | 5,65   | 1  | 5,65  | 0,31 | 0,5913  |
| Transecta            | 235,9  | 9  | 26,21 | 1,43 | 0,2927  |
| Estación*Tratamiento | 93,26  | 1  | 93,26 | 5,08 | 0,0479  |
| Error                | 183,6  | 10 | 18,36 |      |         |
| Total                | 616,79 | 23 |       |      |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,10 DMS= 3,17055

Error: 18,3604 gl: 10

| Tratamiento | Medias | n  | E.E. |   |   |
|-------------|--------|----|------|---|---|
| Dacty.      | 23,08  | 12 | 1,38 | A |   |
| Fest.       | 19,19  | 12 | 1,38 |   | B |

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

Anexo No. 14. Efecto de la defoliación total en la interacción Estación\*Tratamiento

| Variable  | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV    |
|---|----|----------------|-------------------|-------|
| Efecto de la def. total en la int.<br>Est.*Trat | 24 | 0,69           | 0,29              | 45,66 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

| F.V.                 | SC      | gl | CM     | F    | p-valor |
|----------------------|---------|----|--------|------|---------|
| Modelo               | 2229,31 | 13 | 171,49 | 1,71 | 0,2004  |
| Estación             | 0,78    | 1  | 0,78   | 0,01 | 0,9316  |
| Tratamiento          | 942,72  | 1  | 942,72 | 9,39 | 0,0119  |
| Bloque               | 425,84  | 1  | 425,84 | 4,24 | 0,0664  |
| Transecta            | 831,32  | 9  | 92,37  | 0,92 | 0,5448  |
| Estación*Tratamiento | 28,66   | 1  | 28,66  | 0,29 | 0,6048  |
| Error                | 1003,51 | 10 | 100,35 |      |         |
| Total                | 3232,82 | 23 |        |      |         |

Test:LSD Fisher Alfa=0,10 DMS= 10,48258  
 Error: 100,3506 gl: 10

| Estación   | Tratamiento | Medias | n | E.E. |   |   |   |
|------------|-------------|--------|---|------|---|---|---|
| I          | Dacty       | 29,48  | 6 | 4,57 | A |   |   |
| P.temprana | Dacty       | 26,93  | 6 | 4,57 | A | B |   |
| P.temprana | Fest        | 16,59  | 6 | 4,57 |   | B | C |
| I          | Fest        | 14,76  | 6 | 4,57 |   |   | C |

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