

UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**EFFECTO DE LA FRECUENCIA DE PASTOREO SOBRE
LA PRODUCTIVIDAD ESTIVO-OTOÑAL DE UNA
PRADERA DE PRIMER AÑO CON AGROPIRO**

por

**Elvira ALBANO ORDEIX
Gonzalo ALVAREZ LICHERO
Rodrigo NUÑEZ TORTORELLA**

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

MONTEVIDEO

URUGUAY

2010

Tesis aprobada por:

Director: -----

Ing. Agr. Ramiro Zanoniani

Ing. Agr. Pablo Boggiano

Ing. Agr. Alfredo Silberman

Fecha: -----

Autores:

Elvira ALBANO ORDEIX

Gonzalo ALVAREZ LICHERO

Rodrigo NÚÑEZ TORTORELLA

AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias, por el apoyo incondicional en todos los momentos de la carrera.

A nuestros directores de tesis, Ramiro Zanoniani y Pablo Boggiano, por habernos orientado en cada etapa del trabajo y manifestar una gran disposición en todo momento.

Al Sr. Colombino, por colaborar en la etapa de campo del trabajo, demostrando gran interés.

Al personal del laboratorio de forrajeras de la EEMAC, por su excelente disposición.

A Sully Toledo, por guiarnos en los aspectos formales de la presentación de la tesis, su gran amabilidad y puntualidad.

Al personal de biblioteca por facilitarnos materiales para la realización de la tesis.

A los compañeros y amigos que colaboraron en varias oportunidades durante la realización del trabajo y durante el transcurso de toda la carrera.

A Mónica Cadenazzi por su disposición para realizar los análisis estadísticos de la tesis.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PAGINA DE APROBACION.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES Y CULTIVARES QUE COMPONEN LA MEZCLA.....	3
2.1.1 <u>Trifolium repens</u>	3
2.1.2 <u>Lotus corniculatus</u>	5
2.1.3 <u>Lolium perenne</u>	7
2.1.4 <u>Agropyron elongatum</u>	10
2.2 PRADERAS CON MEZCLAS DE ESPECIES.....	12
2.3 DINÁMICA DEL CRECIMIENTO DE GRAMÍNEAS Y LEGUMINOSAS.....	16
2.3.1 <u>Gramíneas</u>	16
2.3.2 <u>Leguminosas</u>	19
2.4 EFECTO DEL PASTOREO.....	20
2.4.1 <u>Introducción</u>	20
2.4.2 <u>Parámetros que definen el pastoreo</u>	22
2.4.2.1 Frecuencia.....	23
2.4.2.2 Intensidad.....	24
2.4.3 <u>Efecto del pastoreo sobre la pastura</u>	25
2.4.3.1 Efecto del pastoreo sobre el rebrote.....	26
2.4.3.2 Efecto del pastoreo sobre el sistema radicular.....	28
2.4.3.3 Efecto del pastoreo sobre la producción de materia seca.....	29
2.4.3.4 Efecto del pastoreo sobre la utilización del forraje.....	31
2.4.3.5 Efecto del pastoreo sobre la calidad del forraje.....	32
2.4.3.6 Efectos de la defoliación sobre estructura y morfogénesis de la pastura.....	34
2.4.3.7 Efecto del pastoreo sobre la composición botánica de la pastura.....	37
2.4.3.8 Efecto del pastoreo sobre la persistencia de la pastura.....	39
2.4.4 <u>Características morfogénicas de las gramíneas y estructura de las pasturas</u>	42
2.4.4.1 Tasa de aparición de hojas (TAH).....	44
2.4.4.2 Tasa de elongación foliar (TEF).....	45

2.4.4.3 Vida media foliar (VMF).....	46
2.4.5 <u>Efecto de los factores abióticos sobre los procesos morfogénéticos y variables estructurales de la pastura</u>	46
2.4.5.1 Efecto de la temperatura.....	47
2.4.5.2 Efecto de la calidad y cantidad de la luz.....	49
2.4.5.3 Efecto del agua sobre expansión foliar.....	50
2.4.5.4 Efecto de la defoliación.....	51
2.4.6 <u>Efecto del enmalezamiento sobre la pastura</u>	51
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	54
3.1 <u>CONDICIONES EXPERIMENTALES GENERALES</u>	54
3.1.1 <u>Lugar y período experimental</u>	54
3.1.2 <u>Descripción del sitio experimental</u>	54
3.1.3 <u>Antecedentes del área experimental</u>	54
3.1.4 <u>Tratamientos</u>	55
3.1.5 <u>Diseño experimental</u>	55
3.2 <u>METODOLOGÍA EXPERIMENTAL</u>	56
3.2.1 <u>Variables determinadas</u>	56
3.2.1.1 Disponibilidad y remanente de materia seca.....	56
3.2.1.2 Altura del forraje disponible y del remanente.....	57
3.2.1.3 Forraje desaparecido.....	57
3.2.1.4 Porcentaje de utilización.....	57
3.2.1.5 Crecimiento en altura.....	58
3.2.1.6 Forraje producido.....	58
3.2.1.7 Tasa de crecimiento.....	58
3.2.1.8 Composición botánica del disponible y del remanente.....	58
3.2.1.9 Relación parte aérea-raíz.....	59
3.2.1.10 Tasa de aparición de hojas.....	60
3.2.1.11 Número promedio de hojas vivas por macollo.....	60
3.2.1.12 Tasa de elongación foliar.....	61
3.2.1.13 Vida media foliar.....	61
3.2.1.14 Número de macollos por m ²	61
3.2.1.15 Tasa de senescencia foliar.....	62
3.2.1.16 Tamaño final de lámina.....	62
3.2.1.17 Tamaño medio de lámina.....	62
3.2.1.18 Peso específico de la lámina.....	63
3.2.2 <u>Análisis estadístico</u>	63
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	65
4.1 <u>INFORMACION METEOROLÓGICA</u>	65
4.2 <u>PRODUCCIÓN DE FORRAJE</u>	67
4.2.1 <u>Composición botánica del disponible</u>	67

4.2.1.1 Evolución de la composición botánica del disponible.....	73
4.2.2 <u>Composición botánica del remanente</u>	74
4.2.2.1 Evolución de la composición botánica del remanente.....	77
4.2.3 <u>Disponibilidad y altura del forraje</u>	78
4.2.4 <u>Remanente y altura del forraje</u>	81
4.2.5 <u>Forraje desaparecido</u>	82
4.2.6 <u>Porcentaje de utilización del forraje disponible</u>	83
4.2.7 <u>Crecimiento en altura del forraje disponible</u>	85
4.2.8 <u>Producción de materia seca total, de la pastura, y de malezas según frecuencia de pastoreo</u>	86
4.2.9 <u>Tasa de crecimiento del forraje</u>	88
4.2.10 <u>Características morfogénicas y partición de la materia seca en la relación parte aérea/raíz del Agropiro elongatum</u>	89
4.2.10.1 Relación parte aérea-raíz.....	89
4.2.10.2 Tasa de elongación, tasa de senescencia y tasa de elongación neta foliar por macolla de agropiro.....	90
4.2.10.3 Tasa de aparición de hojas en agropiro.....	91
4.2.10.4 Número medio de hojas totales por macollo para agropiro.....	93
4.2.10.5 Tamaño medio y final de lámina del agropiro.....	94
4.2.10.6 Peso específico de lámina en agropiro.....	95
4.2.10.7 Número de macollos promedio de agropiro por m ²	96
4.2.10.8 Vida media foliar del agropiro.....	97
5. <u>CONCLUSIONES</u>	99
5.1 <u>CONSIDERACIONES FINALES</u>	99
6. <u>RESUMEN</u>	103
7. <u>SUMMARY</u>	105
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	107
9. <u>ANEXOS</u>	114

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Composición botánica en kg MS/ha del disponible según frecuencia de pastoreo	70
2. Composición botánica en kg MS/ha del remanente según frecuencia de pastoreo	76
3. Efecto de la frecuencia de pastoreo sobre la cantidad de forraje disponible promedio	79
4. Efecto de la frecuencia de pastoreo sobre la altura promedio del forraje disponible	80
5. Disponibilidad de materia seca según pastoreo	81
6. Efecto de la frecuencia de pastoreo sobre la cantidad de forraje remanente	82
7. Efecto de la frecuencia de pastoreo sobre la altura del forraje remanente	82
8. Cantidad de materia seca según pastoreo	83
9. Forraje desaparecido según frecuencia de pastoreo	84
10. Producción de materia seca total	87
11. Relación promedio parte aérea-raíz según frecuencia de pastoreo	90

12. Tasa de elongación, de senescencia y elongación neta foliar según frecuencia de pastoreo	91
13. Tasa de aparición de hoja (filocrón) según frecuencia de pastoreo	93
14. Número medio de hojas por macollo de agropiro según frecuencia de pastoreo	94
15. Tamaño medio y final de lámina según frecuencia de pastoreo	95
16. Peso específico de lámina según frecuencia de pastoreo	96
17. Número de macollos promedio de agropiro por m ² según frecuencia de pastoreo	96
18. Vida media foliar según tratamiento	97
Figura No.	
1. Registro de precipitaciones durante el experimento comparadas con la media histórica	66
2. Registro de temperaturas medias durante el experimento comparadas con la media histórica	67
3. Composición botánica del disponible según frecuencia de pastoreo (como porcentaje del total de materia seca disponible)	68

4. Evolución de la composición botánica del disponible durante los pastoreos y según frecuencia de defoliación	74
5. Composición botánica del remanente según frecuencia de pastoreo (como porcentaje del total de materia seca remanente)	75
6. Evolución de la composición botánica del remanente según frecuencia de pastoreo (como porcentaje del total de materia seca remanente)	78
7. Porcentaje de utilización según frecuencia de pastoreo	85
8. Crecimiento en altura del forraje disponible según frecuencia de pastoreo	86
9. Tasa de crecimiento del forraje según frecuencia de pastoreo	89
10. Tasa de aparición de hoja de agropiro según tratamiento	92

1. INTRODUCCIÓN

La producción agropecuaria en el Uruguay tiene desde el punto de vista económico una gran importancia, ya que representa en promedio entre 2000 y 2007 el 9,1% del PBI total (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2008). A su vez, del mismo se destaca la producción pecuaria con el 60%, luego con 32 y 8% la agricultura y la silvicultura respectivamente.

Un tema que genera preocupaciones en la cadena cárnica es el avance de la agricultura de secano (en particular la soja) y en menor medida de la forestación. Estas actividades se transformaron en los últimos años en un creciente competidor por la tierra. Como consecuencia los precios de compra/venta y de arrendamiento se incrementaron y la superficie dedicada al pastoreo se redujo (URUGUAY. MGAP. OPYPA, 2008).

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 plurianuales mejoradas, lo que se da en todas las modalidades de mejoramiento (pradera convencional, siembra en cobertura, fertilización sin agregado de semilla) (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2000).

Para el 2008 el área total explotada por el sector agropecuario era de 15.773.566 hectáreas. Donde el 8,5 % corresponde a praderas artificiales permanentes, 5,83% a campo natural mejorado, 2,2% a verdeos anuales y un 74,9% a campo natural y rastrojos (URUGUAY. MGAP. DICOSE, 2008).

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. Para esto es de fundamental importancia el manejo correcto del pastoreo, así como también los cambios morfológicos y fisiológicos de las especies implicadas en la mezcla forrajera.

El objetivo del presente trabajo es evaluar el efecto de diferentes frecuencias de pastoreo sobre la productividad estivo otoñal de una pradera de primer año. La mezcla utilizada comprende las siguientes especies: *Trifolium repens*, *Lolium perenne*, *Lotus corniculatus*, sumado a un componente de tipo gramínea perenne con gran producción estivo-otoñal como es el *Agropiro elongatum*. Se estudió la respuesta en producción, utilización y composición botánica de la

pastura y las características morfogénicas y partición de la materia seca en la relación parte aérea/raíz de *Agropiro elongatum* según la frecuencia de pastoreo.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES Y CULTIVARES QUE COMPONEN LA MEZCLA

2.1.1 Trifolium repens

El trébol blanco es una de las leguminosas forrajeras más importantes del clima templado. Es una especie de alto valor nutritivo y que por su hábito postrado está muy bien adaptada al pastoreo. Se considera que su centro de origen es Europa, principalmente en región mediterránea y se extiende hacia el oeste de Asia. Se desarrolló básicamente en áreas de suelos fértiles, de buena humedad y con presencia de rumiantes en pastoreo (García, 1995a).

Es una leguminosa de ciclo productivo invernal, pero su mayor producción se registra en primavera. Puede comportarse como anual, bienal o de vida corta, dependiendo de las condiciones del verano, ya que sufre enormemente la falta de agua, pudiendo causar la muerte de muchas plantas (Carámbula, 2002). Puede persistir como planta anual a través de la resiembra, o como perenne mediante la producción continuada de estolones. La importancia relativa de ambos mecanismos varía en función del clima (García, 1995a).

Respecto a la época de siembra, se recomienda hacerlo en la primera mitad de otoño. Las densidades a utilizar son 4 kg/ha en forma pura, y de 2 a 4 kg/ha en mezcla (Carámbula, 2002).

La plántula desarrolla inicialmente una raíz pivotante y un tallo principal, luego comienza a producir estolones a partir de las yemas axilares de las hojas más cercanas al suelo (García, 1995a). Estos estolones son un excelente mecanismo de avance en la colonización (Marchegiani, 2002). Los mismos se desarrollan radialmente y a su vez desarrollan raíces adventicias en sus nudos. La raíz primaria normalmente muere entre el primer y segundo año, dependiendo la sobrevivencia de la planta de las raíces adventicias de los estolones, las que normalmente se concentran en los primeros 15 cm de suelo. (García, 1995a).

Si bien esta especie no tiene buena adaptación a suelos pobres, muy ácidos o arenosos, produce buenos rendimientos en la mayoría de los suelos teniendo

suficiente humedad y cantidad de fósforo. Prospera particularmente en suelos arcillosos (Carámbula, 2002).

Presenta gran potencial de fijación biológica de nitrógeno. Bajo vigor inicial, con establecimiento lento, tornándose agresivo en condiciones muy favorables (Carámbula, 2002).

“La morfología de las plantas y el crecimiento pueden ser afectados negativamente por el ambiente lumínico” (Robin et al., Lótscher y Nösberger, citados por Olmos, 2004).

El sombreado en condiciones naturales reduce la cantidad de luz en la pastura y la relación rojo/rojo lejano, afectando el crecimiento de las yemas, la aparición de ramas, el largo del pecíolo y la cantidad de raíces nodales (Robin et al., Lótscher y Nösberger, citados por Olmos 2004). A su vez reduce la intensidad de luz azul, pudiendo modificar el largo del entrenudo y la ramificación, ubicando las hojas de la pastura en una posición superior (Gautier et al., citados por Olmos, 2004).

En condiciones de campo, el sistema de pastoreo o corte puede afectar el contenido de trébol y su performance en la pastura. El método de pastoreo rotativo comparado con el continuo, mejora la performance de la especie, aumentando el peso de los estolones (Hay, citado por Olmos, 2004), el largo de los mismos, la sobrevivencia de las plantas y su ramificación (Chapman, citado por Olmos, 2004). Para el pastoreo rotativo se recomienda utilizar una frecuencia de 12 a 15 cm en invierno y 18 cm en primavera, con una intensidad de 3 a 5 cm. (Zanoniani et al., 2006).

El mecanismo principal de rebrote luego de un pastoreo, es el área verde remanente, conformada por las pequeñas hojas jóvenes que escaparon al pastoreo y que son muy eficientes fotosintéticamente. Los meristemas apicales se encuentran en el extremo del ápice y de los estolones, muy cercanos al suelo y lejos del alcance del diente (Marchegiani, 2002).

“La gran adaptación del trébol blanco al manejo intenso y los altos rendimientos de materia seca que produce se debe a que posee cinco atributos muy positivos: porte rastrero, meristemas contra el suelo, índice de área foliar bajo, hojas jóvenes ubicadas en el estrato inferior y hojas maduras en el estrato superior” (Carámbula, 2002).

El cultivar de *Trifolium repens* utilizado en el experimento fue Zapicán. Según la evaluación de cultivares realizada por INIA La Estanzuela para los años 2007 y 2008 en lo que refiere a producción anual y acumulada de materia seca el cv.

Zapicán se encuentra en tercer lugar, después de los cultivares Hebe y Corrales, con una producción acumulada superior a la media de los cultivares evaluados de 3646 Kg MS/ha, siendo para el primer año 2111 Kg MS/ha y 1546 Kg MS/ha para el segundo año.

2.1.2 Lotus corniculatus

Con respecto al centro de origen, corresponde a Europa y regiones de Asia como Crimea, Cáucaso, Asia Central, Irán e India (Izaguire y Beyhaut, 1998).

Es una leguminosa perteneciente al género Lotus caracterizado por persistir en condiciones de baja fertilidad y disponibilidad de fósforo, siendo capaces de competir mejor en dichas condiciones que los tréboles y los medicagos (Carámbula, Smethan, citados por Zanoniani y Ducamp, 2004).

Es una especie que por su resistencia a la sequía, su alto valor nutritivo y su persistencia es muy recomendada para ser incluida en mezclas forrajeras (Carámbula, 1977).

Se la define como perenne estival, con crecimiento a partir de la corona, de la que se desarrollan tallos normalmente erectos. Su sistema radicular es vigoroso de profundidad intermedia entre trébol rojo y alfalfa, formado por una raíz pivotante con ramificaciones laterales que le confieren gran resistencia a las deficiencias hídricas (Zanoniani y Ducamp, 2004).

Se considera una especie plástica, debido a la baja exigencia en cuanto a requerimientos de suelo (Carámbula, 2002), pero se lo recomienda en suelos profundos, arenosos o pesados, así como para suelos ácidos, desgastados y pobres en fósforo (García, citado por Zanoniani y Ducamp, 2004).

El nivel de acidez en que se promoverá la nodulación máxima es similar al de la alfalfa, siendo el pH óptimo de 6 a 7, aunque tolera a su vez niveles de alcalinidad (White, citado por Langer, 1981).

En cuanto su adaptación a suelos hidromórficos según Zanoniani y Ducamp (2004), en estos existe mayor probabilidad de ocurrencia de enfermedades de raíz y corona, que limita la persistencia de las plantas.

Presenta aceptable vigor inicial y precocidad, pero menores a las de trébol rojo y alfalfa convirtiéndola en la especie de mayor adaptación a siembras

asociadas a cultivos de invierno, logrando en estas condiciones adecuados porcentajes de implantación (Zanoniani y Ducamp, 2004).

Tiene alta producción de forraje, del orden de los 6500 Kg MS/ha/año (promedio de tres años de producción), con una distribución primavero-estivo-otoñal (Zanoniani y Ducamp, 2004), concentrando el 74% en primavera-verano (Zanoniani, 2006). La producción invernal depende de las condiciones climáticas imperantes del momento (Zanoniani y Ducamp, 2004).

Si bien se lo puede sembrar en primavera u otoño se recomienda en este último, cuando hayan pasado las condiciones adversas del verano (Zanoniani y Ducamp, 2004), para maximizar la tasa de germinación y el posterior crecimiento y desarrollo, logrando plantas con tamaño y vigor tal que aseguren mayor tasa de sobrevivencia frente a distintos estreses (Formoso, 1993). Según este último, para el período entre marzo y abril por cada mes de retraso en la siembra, se constata una pérdida promedio de producción de 938 Kg MS/ha al 31 de diciembre del primer año.

Con relación a la densidad de siembra se recomienda entre 8 y 12 Kg/ha. (Zanoniani y Ducamp, 2004).

Haciendo referencia al manejo de pastoreo es una de las especies más sensibles a las prácticas de manejo (García, citado por Carámbula, 2002). La estructura de tallo erecto determina que la defoliación retire no solamente los folíolos si no también los meristemas apicales que se encuentran por encima de la altura de corte. A su vez el alargamiento determina que las hojas nuevas se localicen en la parte superior del canopeo y sean susceptibles a ser removidas por el diente del animal, determinando un área foliar remanente nula o de escasa capacidad fotosintética, siendo el rebrote dependiente en gran parte de las reservas acumuladas en la planta (Zanoniani y Ducamp, 2004). Por esto el pastoreo debe ser rotativo y no muy severo, pues reduciría considerablemente los puntos de crecimiento (Muslera y Ratera, 1984).

Se ha demostrado que si el intervalo entre cortes y/o pastoreo es muy reducido, se afecta negativamente tanto la longevidad como la producción de forraje (Smith y Nelson, citados por Langer, 1981).

La frecuencia a utilizar recomendada es de 20 a 25 cm, con intensidades de 3 y 6 cm para invierno y verano respectivamente, y según Formoso, citado por Zanoniani y Ducamp (2004), este último manejo es determinante en disminuir la persistencia de las plantas.

Dada la buena producción de semilla y resiembra natural de esta especie bajo pastoreo racional, se recomienda un manejo intenso en otoño que permita la entrada de luz a horizontes más profundos cuando mejoran las condiciones climáticas, ya sea mejor balance hídrico y temperaturas más bajas, permitiendo la instalación de nuevas plantas y rebrotes desde la corona (Zanoniani y Ducamp, 2004).

A diferencia de los tréboles y alfalfa tiene la ventaja de no producir meteorismo. Esto se debe a la baja solubilidad de las proteínas de las hojas y a la presencia de taninos en el contenido de las células. Estos últimos precipitan las proteínas evitando la producción de espuma, considerado el principal causante de la hinchazón del rumen (Jones y Lyttelton, citados por Muslera y Ratera, 1984).

El cultivar utilizado en el experimento fue San Gabriel. Se caracteriza por presentar una producción continua durante todo el año, la menor producción observada en el período invernal se atribuye en parte a la ocurrencia de temperaturas infra-óptimas que afectan negativamente a la fotosíntesis neta y no por la presencia de latencia. *“Con la excepción del primer verano, siempre las tasas medias de producción de materia seca en primavera son superiores a la de verano, independientemente de la edad. En otoño e invierno las tasas medias de producción son sustancialmente inferiores a las de primavera y verano, siendo invierno la estación de menor producción dentro de cada edad del cultivo”* (Formoso, 1993).

2.1.3 Lolium perenne

Se considera uno de los principales componentes de las praderas en las regiones de clima templado, y se encuentra abundantemente en la Europa atlántica, América, Nueva Zelanda, Australia y en todas partes donde se dan condiciones de clima atlántico (Muslera y Ratera, 1984).

Es una gramínea perenne de ciclo productivo invernal y hábito de crecimiento cespitoso, con gran adaptación al pastoreo debido a su facilidad de rebrote, resistencia al pisoteo y alta agresividad. Junto con el trébol blanco forma praderas de elevada producción de forraje y de muy buena calidad (Carámbula, 2002).

Es una planta de fácil establecimiento y muy macolladora, la semilla germina con rapidez produciendo plantas vigorosas que cubren rápidamente el suelo.

Esta facilidad de establecimiento la vuelve peligrosa por su competencia con otras plantas cuando conforma una mezcla (Muslera y Ratera, 1984).

En cuanto a la época de siembra son preferibles temprano en el otoño y nunca excediendo los 2 cm de profundidad, con buena fertilización fosfatada, con valores mayores a 12 ppm (Bray) (Picasso, 2009). Las dosis a utilizar son de 15 a 20 kg/ha (Zanoniani, 2006).

Se considera una especie exigente en cuanto a fertilidad y en especial nitrogenada. Se adapta a diferentes condiciones de suelo, sin embargo los de textura media a pesado son las de mayor aptitud, con pH ligeramente ácido, soportando a su vez suelos arcillosos fuertemente alcalinos, arenosos y ácidos, si dispone de agua y nitrógeno en abundancia (Muslera y Ratera, 1984).

Presenta un sistema radicular denso como consecuencia de tener raíces de menor diámetro en comparación con otras gramíneas, lo cual le confiere mayor capacidad de exploración y nutrición. Siendo a su vez más eficiente como mejorador de estructura del suelo (Muslera y Ratera, 1984). No obstante, su sistema radicular denso se caracteriza por ser poco profundo, confiriéndole escasa tolerancia al déficit hídrico (Picasso, 2009).

Se ha establecido que a partir de 5°C tiene algún crecimiento, es considerable a partir de los 10°C, alcanzando su óptimo a partir de los 18-20°C, reduciendo su crecimiento por encima de 25°C, siendo casi nulo a los 35°C, lo que condiciona su crecimiento en determinadas zonas durante el verano (Mitchel, por Carámbula, 2002).

Se han denotado bajas producciones en verano, debido a sus exigencias en cuanto a humedad, por lo que es de fundamental importancia la promoción de sistemas radiculares vigorosos y activos, más que en otras gramíneas perennes invernales para lograr buenas pasturas. Para esto se debe aplicar el manejo adecuado desde el verano anterior, teniendo en cuenta que el crecimiento radicular se concreta antes que la parte aérea. En el caso de pasturas ya implantadas estos cuidados hay que tenerlos a fines de invierno principios de primavera con temperaturas frescas (Carámbula, 2002).

García (2003), establece que para expresar su potencial requiere fertilidad y humedad. Su performance se reduce mucho en condiciones de seca y altas temperaturas. Las condiciones ambientales uruguayas hacen que se comporte como gramínea bianuales, con muy buenos rendimientos el primer año para luego casi desaparecer en el segundo año.

Según Carámbula (2002), la rapidez y eficiencia con que ocurre el crecimiento radicular tanto menor será cuanto mayor sea el sobrepastoreo durante el invierno. De esta forma no solo se afectará la acumulación de reservas, sino que también el microambiente debido al pisoteo de la parte aérea de la planta, sobre la parte subterránea, compactando, impidiendo la infiltración de agua y aireación.

Es la gramínea templada quizá más adaptada al pastoreo intenso, con adecuadas disponibilidades de nutriente y agua puede soportar alta carga animal y pastoreos continuos, sin afectar marcadamente su capacidad productiva respecto a manejos más aliviados (Hogdson et al., citados por Agnusdei y Wade, 2002).

Con respecto a su producción de forraje según García (2003) corresponde a 8611, 5390 y 1540 kg MS/ha para el 1º, 2º y 3º año respectivamente.

Se caracteriza por mantener una digestibilidad superior a la de otras gramíneas perennes, antes y después de la aparición de inflorescencias, presentando a su vez una mayor palatabilidad (Muslera y Ratera, 1984). Presenta una digestibilidad entorno a los 65 y 75% durante el otoño hasta primavera temprana, disminuyendo desde primavera tardía hasta verano a valores que rondan entre el 50 y 60%. A su vez en los rebrotes de verano y principios de otoño se debe cuidar la presencia de toxinas producidas por hongos endófitos, ya que puede afectar a los animales en pastoreo (Picasso, 2009).

Referente al manejo del pastoreo, se recomienda utilizar una frecuencia de 15 cm y de 3 a 5 cm de intensidad en otoño e invierno y de 20 cm hasta 7 cm en primavera verano (Zanoniani, 2008).

Con respecto al cultivar Horizont utilizado en la mezcla, éste fue obtenido por Pyne Gould Guinness a partir de cultivares elite a las que se les duplicó la dotación cromosómica. Seleccionado por uniformidad, productividad, persistencia, resistencia a enfermedades fúngicas, densidad de macollos y tolerancia a la sequía.

Según la evaluación de cultivares de raigrás bajo distintas intensidades de pastoreo (2.5; 5; 7.5 y 10 cm), surge como manejo adecuado, utilizar durante otoño-invierno una frecuencia de 15 cm con intensidades de 5 a 7,5 cm, para el caso de primavera-verano se recomienda una frecuencia de 20 cm y 7,5 cm de intensidad (Zanoniani et al., 2006).

2.1.4 Agropyron elongatum

El Agropiro (*Thinopyrum ponticum* o *Agropyron elongatum*) es una gramínea forrajera perenne de larga vida, crecimiento cespitoso con abundante macollaje formando matas grandes de 40 a 140 cm, dependiendo de la fertilidad del suelo, las precipitaciones y el manejo. Tiene un sistema radicular bien desarrollado y profundo, que profundiza más en los suelos arenosos. Sus hojas son largas y finas, de color verde grisáceo, liso en el envés y con nervaduras muy marcadas en el haz, algo duras. Sus vainas son abiertas, con aurículas breves, lígula membranosa muy corta. Florece más tarde que las otras forrajeras templadas, en espigas ralas y rígidas. La semilla es amarilla pajizo, oblongas de 10-12 mm de largo y 2 de ancho de borde redondeado (Asay y Knowles, citados por Navarro 2006, Pistorale et al. 2008, Castro y Ferrarotti 2008).

Esta especie se adapta a condiciones ambientales muy restrictivas para la mayoría de las gramíneas sembradas, tales como pH mayores a 7,4 y suelos alcalinos-sódicos (Carámbula, 2002). Debido a su buena adaptación a dichos ambientes esta especie es la gramínea forrajera más cultivada en Argentina en suelos con limitantes de alcalinidad o salinidad (Andrés, 2007), como lo es la Pampa Deprimida bonaerense (Gómez y Aello, Ferrari y Maddaloni, citados por Borrajo y Alonso, 2004). Si bien prefiere los suelos francos y fértiles, esta especie se adapta a los arenosos así como a los arcillosos y aún a los arcillo alcalino sódicos con pH superiores a 8. Soporta períodos de sequía, inundaciones y temperaturas extremas de invierno y verano (Castro y Ferrarotti, 2008).

Su siembra es en otoño, pero a diferencia con otras gramíneas templadas como dactylis, festuca, y falaris tiene un período para su implantación más prolongado, debido a su buen tamaño de semilla y rusticidad de la misma. En condiciones de laboratorio su germinación se produce a los 21 días luego de sembrada, y lo hace con temperaturas que están en torno de los 20-30°C (Castro y Ferrarotti, 2008).

Se recomienda una densidad de siembra entorno a los 7-8 Kg/ha en cultivo puro y en mezcla de 6 a 8 Kg/ha (Carámbula, 2002).

Posee una producción de macollos que van desde 1100 a 1500 macollos/m², que varía en función de la época del año haciéndose máximo en el otoño y mínimo a fines del verano. La tasa de aparición de hojas es similar a muchas de

las gramíneas, que es 15 días, y es muy afectado por la temperatura (Gentos, 2006).

Es una gramínea apetecida por los animales siempre que se maneje como un césped, evitando que encañe para mantener una mayor calidad del forraje (Castro y Ferrarotti, 2008), dado a que éste es uno de los puntos débiles que presenta la especie. Mediciones de calidad en setiembre arrojan valores del 78 % de digestibilidad de la materia seca y de 70,6 % en diciembre. A partir de esta fecha dichos valores de digestibilidad comienzan a descender hasta 50-55% a medida que avanza la fenología del cultivo. Pueden llegar a obtenerse valores de digestibilidad cercanos a 38-40% por causas de un mal manejo de la pastura, como dejarla encañar, diferir pasturas con gran acumulación de forraje, y principalmente dejar forraje muerto en pie (Gentos, 2006).

Estudios realizados por el INTA en la Estación Experimental Bordenave sobre frecuencias de pastoreo de 21 y 45 días, determinan que la especie en estudio presenta sensibilidad a la frecuencia de defoliación. Independientemente de la frecuencia utilizada, presenta un gran crecimiento en primavera, una notable reducción del crecimiento en el mes de enero y crecimiento cercano a cero durante los meses más fríos (junio, julio y agosto). Pero durante el final del otoño y en invierno se puede consumir el forraje acumulado desde fines de verano a principios de otoño (Castro y Ferrarotti, 2008).

Con la mayor frecuencia de defoliación que corresponde a cortes cada 21 días todo el año, la producción se redujo un 46 %, casi a la mitad, respecto al tratamiento más productivo en el que se hicieron los cortes cada 42 días durante todo el año donde se obtuvieron 5271 Kg MS/ha. Un tercer tratamiento donde se alterna cortes frecuentes, cada 21 días, en primavera-otoño y cortes espaciados, cada 42 días, en verano-otoño, tuvo un rendimiento intermedio de 3764 Kg MS/ha, en el que se redujo la producción un 29% respecto al tratamiento de mayor rendimiento (5271 Kg MS/ha). Cabe señalar que estos rendimientos se obtuvieron con fertilizaciones nitrogenadas con urea. Se agregaba una dosis de nitrógeno igual al 2% de la materia seca producida luego de cada corte (Castro y Ferrarotti, 2008).

La presencia de cañas florales reduce el rebrote en otoño, afecta el pastoreo y disminuye la calidad de forraje que en general es menor que la de otras especies de clima templado. Para tener una buena cobertura de matas de tamaño intermedio es importante que reciba una secuencia de pastoreo que permita recuperar reservas y evite el pasaje a estado reproductivo. Para las condiciones de la Pampa Deprimida bonaerense se recomienda pastoreos con

frecuencias menores a 45 días y un crecimiento mínimo de 20 cm (Castro y Ferrarotti, 2008).

El cultivar utilizado en la mezcla fue el Rayo INTA, el cual se destaca por su alto peso de mil semillas (6,2 g), alto poder germinativo y velocidad de emergencia. Al mismo tiempo posee un excelente vigor de implantación en campos bajos con alto pH, entre 8,5 y 9, permitiendo acortar el lapso entre siembra y primer pastoreo respecto al resto de las variedades. Así mismo este cultivar supera a Vizcachero INTA, hasta el momento más utilizado en producción de materia seca estacional y total en la Pampa Deprimida (Clausen y Alonso, 2006).

2.2 PRADERAS CON MEZCLAS DE ESPECIES

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 mas 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 tiene 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.

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 validas 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 desplazara 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.

La mezcla evaluada, según Carámbula (2002), se define como “compleja de ciclo complementario”, es decir con especies invernales como raigrás perenne y trébol blanco con contribución otoño-invierno-primaveral de materia seca y especies estivales con aporte primavera-estival como, *Lotus corniculatus* y *Agropiro elongatum*.

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.

Es frecuente ver en mezclas forrajeras, al *Lolium perenne* en pequeñas proporciones. Su facilidad de establecimiento, es decir, por su rápida germinación y presencia de plantas vigorosas que cubren rápidamente al suelo, la hace peligrosa por su competencia con las demás especies de la mezcla (Muslera y Ratera, 1984).

Actualmente las mezclas predominante en Nueva Zelanda es raigrás perenne y trébol blanco, estas especies son muy compatibles, debido al nitrógeno que el trébol blanco suministra al raigrás (Sears, citado por Langer, 1981), produciendo mas cuando se siembran juntas que cuando se lo hace por separado. Otra ventaja de su siembra conjunta es que difieren en la época de crecimiento máximo, en la capacidad para utilizar el espacio horizontal, en la orientación de las hojas y las características de intercepción de luz, en la profundidad que alcanzan sus raíces y en los modelos de utilización del agua.

Ambas se recuperan satisfactoriamente luego de un pastoreo excesivo y un manejo inadecuado. Existen condiciones en las que otras especies pueden complementarlos (Muslera y Ratera, 1984).

2.3 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 (Nuñez et al., 2000).

2.3.1 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.

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.

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 hijas 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).

2.3.2 Leguminosas

En leguminosas de porte erecto, durante su estado vegetativo el tallo principal, originado en el embrión de la semilla, tiene en la parte terminal un meristema que da origen a hojas alternadas con yemas axilares (Beguet y Bavera, 2001). Este tallo permanece corto contra el suelo, que con la aparición sucesiva de hojas toma el aspecto de roseta. En las axilas de dichas hojas aparecen los tallos secundarios, por lo que al repetirse progresivamente este proceso, da origen a un órgano común a todos los tallos, llamado corona (Carámbula, 2002).

La corona es un órgano complejo que constituye el asiento de los meristemas axilares desde los cuales se desarrollan nuevos tallos (regeneración), particularmente en ciertas épocas del año, y luego de pastoreos o cortes (Carámbula, 2002).

Las leguminosas alargan continuamente sus entrenudos, dado que los meristemas nodales intercalares de los tallos están activos desde el inicio del crecimiento (Formoso, citado por Carámbula, 2002).

Según Smith, citado por Carámbula (2002), el primer crecimiento de las leguminosas erectas en otoño se lleva a cabo principalmente a partir de los meristemas basales de la corona, los crecimientos posteriores son originados de los meristemas axilares nodales presentes en los entrenudos basales remanentes de los tallos pastoreados (Carámbula, 2002).

Con referencia a las leguminosas de porte rastrero, como el trébol blanco, los meristemas axilares de la corona producen tallos horizontales rastreros sobre el suelo (estolones), o debajo de la superficie del suelo (rizomas).

En trébol blanco los estolones alargan entrenudos aún en estado vegetativo, y de los meristemas de sus nudos se desarrollan hojas cuyos meristemas axilares pueden dar origen a estolones secundarios o a inflorescencias de acuerdo a las condiciones ambientales imperantes. Cuando los nudos que

acompañan a los entrenudos, han enraizado, estos pueden independizarse de la planta madre formando nuevas plantas, pero si estos nudos dan origen a inflorescencias generalmente no poseen raíces (Carámbula, 2002).

Dado que estas plantas tienen sus meristemas axilares nodales, los primordios foliares y los meristemas apicales de los estolones contra el suelo (Thomas, citado por Carámbula, 2002), la arquitectura de esta leguminosa es considerada ideal, pudiendo ser pastoreada sin problemas (Carámbula, 2002).

El desarrollo reproductivo de las leguminosas presenta el mismo comportamiento que las gramíneas, dado que en un momento determinado la interacción genotipo-ambiente produce el alargamiento de entrenudos y la iniciación floral, por lo cual los puntos de crecimiento en estado vegetativo pasan a estado reproductivo (Carámbula, 2002).

En especies con inflorescencias axilares como el trébol blanco, el comienzo de la iniciación floral aparece en los meristemas ubicados en las axilas de las hojas desarrolladas, mientras que los entrenudos continúan su alargamiento (Muslera y Ratera, citados por Carámbula, 2002).

La acumulación de materia seca depende del balance entre la fotosíntesis, proceso de ganancia, y de la respiración, proceso de pérdida. Este balance cambia drásticamente a medida que la pastura crece (Cangiano, 1997).

2.4 EFECTO DEL PASTOREO

2.4.1 Introducción

Las pasturas son entidades dinámicas en las cuales los procesos de producción y pérdidas de tejidos ocurren de forma simultánea y casi continua. Los efectos del manejo sobre la acumulación neta del forraje pueden afectar a través de su influencia en la tasa de crecimiento y la tasa de pérdidas o sobre ambas (Hodgson et al., citados por Acosta et al., 1998). Por este motivo la cuantificación de los procesos de aparición, expansión y senescencia foliar a nivel de macollos de gramíneas (morfogénesis), brinda información básica que nos permite comprender la dinámica de la producción y pérdida de forraje (Colabelli et al., 1998).

La defoliación es la influencia más importante del animal sobre la pastura debido a que no solo 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).

Brougham, citado por Acosta et al. (1998), demostró que la productividad de una pastura puede estar influida por la defoliación, siendo más importante el efecto según la época del año. Es más, según Formoso, citado por Carámbula (2003), el efecto de un mismo manejo de defoliación varía con la estación del año y las características morfofisiológica de cada especie, afectando el comportamiento de la pastura de la cual forma parte.

Las pasturas con alto nivel de hojas favorece claramente el consumo diario de los animales en pastoreo debido a que permite un proceso ágil de cosecha, manipulación y digestión del forraje ingerido. Por este motivo uno de los objetivos de manejo de pastura para uso en condiciones de pastoreo directo es conformar estructuras amigables para los animales de modo de evitar que se vean obligados a consumir material de mala calidad, o que le resten tiempo de pastoreo para seleccionar ciertas fracciones del forraje ofrecido (Agnusdei y Wade, 2002).

Respecto a las estructuras que puede presentar una pastura vegetativa de gramíneas, comprende desde las cespitosas, conformadas por individuos de pequeño tamaño y con alta proporción de hojas, hasta las dominadas por matas fuertes con alta proporción de vainas. Para el caso de las leguminosas las variaciones pueden ser aún mayores que en las de gramíneas, ya que en aquellas la ubicación de las hojas en el canopeo depende de estructuras de sostén más resistentes, como los tallos y sus ramificaciones. No existe asociación directa entre una especie y las estructuras desarrolladas, dado que cada planta se ve influenciada por el ambiente en que se encuentre (Agnusdei y Wade, 2002). Este comportamiento le permite a las comunidades vegetales mejorar la captura de luz (o sea su supervivencia) en función de la intensidad de competencia por dicho recurso dentro de su entorno (Lemaire y Gastal, citados por Agnusdei y Wade, 2002).

Las gramíneas muestran un sincronismo entre la aparición de una hoja nueva y el comienzo de senescencia de una hoja vieja (Thomas y Stoddart, citados por Colabelli et al., 1998), lo cual explica que la velocidad de producción de órganos foliares esté en relación directa con el crecimiento neto de la cubierta vegetal. Por otro lado, dado que la temperatura es el principal factor climático determinante del desarrollo foliar (Anslow, citado por Colabelli et al.,

1998), la producción y pérdida de forraje de pasturas puede ser modelizada a partir de la relación de aparición de hojas y este factor. El conocimiento de las características morfogénicas de las especies en cuestión es básico para elaborar estrategias eficientes de cosecha y comprender los mecanismos adaptativos de estas especies para persistir ante los diferentes regímenes de defoliación y en relación con su entorno competitivo (Colabelli et al., 1998).

Por esto, para diseñar un sistema de pastoreo eficiente se requiere la comprensión de la dinámica del proceso del crecimiento del forraje en asociación a factores del ambiente así como el impacto del factor uso (Colabelli et al., 1998).

2.4.2 Parámetros que definen el pastoreo

En sistemas de producción pastoril se busca mejorar el aprovechamiento del forraje disponible. Para esto se debe lograr, maximizar la eficiencia de cosecha de forraje por animal, sin afectar sensiblemente su producción individual, es decir el animal debe consumir y transformar en producto la mayor cantidad de forraje producido posible.

Por otro lado se busca mantener en el tiempo la composición botánica deseada de la pastura para que no disminuya su productividad (no debe deteriorarse la pastura por desaparición de sus integrantes por efecto de su pastoreo o corte) (Giordani, 1973).

El método de pastoreo utilizado en el trabajo fue de tipo rotativo, donde los animales permanecen por un lapso breve en parte del área disponible, y retornan a ella a intervalos determinados luego de haber pasado por los demás (Spedding y Holmes, citados por Giordani, 1973). Dicho método, es aquel que luego del pastoreo permite a la pastura descansar por un período de tiempo lo suficientemente largo como para que las plantas recuperen sus reservas y puedan volver a rebrotar. En la práctica, el pastoreo rotativo consiste en subdividir un campo o potrero en varias parcelas que serán pastoreadas sistemáticamente de forma que mientras una parcela es pastoreada las demás descansan (Ortiz y Silva, 2006).

Cada pastoreo que se realice afecta la entrega de forraje a través de dos factores, el número de pastoreos o cortes (frecuencia) y el rendimiento de cada uno de ellos (intensidad) (Carámbula, 2004).

2.4.2.1 Frecuencia

Con referencia a la frecuencia de cosecha, si bien cada especie posee un período de crecimiento limitado, cuanto mayor es la frecuencia de utilización, menor será el tiempo de crecimiento entre dos pastoreos sucesivos, y por tanto menor será la producción de forraje de cada uno de ellos (Carámbula, 2004). La misma no solo tiene impacto sobre el comportamiento en la misma estación que se realiza, sino además sobre la o las estaciones posteriores (Formoso, citado por Carámbula, 2004).

Si bien la frecuencia de utilización depende de cada especie o de la composición de la pastura y de la época del año en que se realice, el elemento que determinará la longitud del período de crecimiento será la velocidad de la pastura en alcanzar el volumen adecuado de forraje, lo que teóricamente sería alcanzar el índice de área foliar (IAF) óptimo (Brougham, citado por Carámbula, 2004).

Según Watson, citado por Langer (1981), el IAF es una medida de la cantidad de hojas presente. Es la relación existente entre el área total de hojas y el área total de suelo, situado por debajo del follaje. A su vez propuso que la tasa de crecimiento del cultivo (TCC) dependía del área foliar, y que cada cultivo tiene su propio IAF para una determinada TCC máxima. El mismo, ha sido denominado IAF óptimo o crítico, el cual coincide con el área foliar que es capaz de interceptar toda la luz incidente y que impide el desperdicio de luz por penetración en el suelo.

Brougham, citado por Langer (1981), mediante mediciones sobre pasturas de gramíneas/trébol a una latitud de 38° sur, determinó que el IAF mínimo necesario para que se absorba el 95% de luz incidente es alrededor de IAF 4,5 a 5,5 a mediados de verano. En cambio en invierno este IAF óptimo es de 3, ya que la cantidad de luz que llega a la pastura es menor.

Así en pasturas dominadas por tréboles, con IAF óptimos bajos, es posible realizar un aprovechamiento más intenso con defoliaciones más frecuentes que en pasturas dominadas por leguminosas y gramíneas de porte erecto con IAF óptimo mayor (Brougham, citado por Carámbula, 2004).

“Dada la dificultad para determinar en la práctica el IAF óptimo para cada pastura y los inconvenientes de llegar al mismo bajo pastoreo, es posible que con alturas de 25 cm se pueda realizar en general un buen aprovechamiento del forraje producido, ya que a esa altura, normalmente la pastura se encontrará

en plena etapa de crecimiento intermedio o sea en el tramo de crecimiento y de rebrote rápido” (Carámbula, 2004).

2.4.2.2 Intensidad

El rendimiento de cada pastoreo esta dado por la altura del remanente al retirar los animales, lo que no solo afecta el rendimiento de cada pastoreo sino que condiciona el rebrote, y por lo tanto la producción total de la pastura. La mayor intensidad tiene una influencia positiva en la cantidad de forraje cosechado, pero negativa en la producción de forraje subsiguiente. En todos los casos es importante que el remanente que se deje sea realmente eficiente, por lo cual debe estar formado por hojas nuevas con porcentajes mínimos de mortandad (Carámbula, 2004).

Cada especie posee una altura mínima a la cual puede dejarse el remanente sin que el crecimiento posterior sea afectado desfavorablemente. Así las especies postradas admiten alturas menores de defoliación que las erectas, aunque estas últimas pueden adaptar parcialmente su crecimiento hacia arquitecturas más rastreras como respuesta a un manejo más intenso. Por esta razón las especies postradas pueden ser pastoreadas en promedio hasta 2,5 cm, y las erectas entre 5 y 7,5 cm (Carámbula, 2004).

Un manejo severo continuo puede llevar a una reducción del vigor de las plantas por bajas reservas, áreas foliares remanentes escasas, efectos negativos sobre los puntos de crecimiento y promover sistemas radicales poco desarrollados (Carámbula, 2004).

En cuanto al sistema de pastoreo a utilizar, se recomienda dejar un remanente de 8 a 10 cm luego de cada pastoreo para el rotativo, y en el caso del sistema continuo tendría que mantenerse una altura de 6 a 8 cm (Carámbula, 2004).

“Si las pasturas son mantenidas a niveles de altura relativamente bajos, permanecen densas, verdes y hojosas, con alta digestibilidad a lo largo del año.

Por el contrario, manejadas muy altas o muy bajas presentaran problemas serios de producción y supervivencia, con síntomas serios de deterioro, lo que indica que siempre se debe evitar la disponibilidad de masas extremas de forraje” (Langer, 1981).

2.4.3 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 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 bases 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 directo 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 (Rhodes y Ster, citados por Millot et al., 1987).

En una pastura en estado vegetativo y baja carga animal, comienza a acumularse pasto, desarrollándose las hojas nuevas recibiendo una menor intensidad de luz. Si por una defoliación estas hojas son expuestas a la luz directa, su capacidad fotosintética es menor que las que crecieron en un ambiente con mayor iluminación (Cangiano, 1997).

Cuando una pastura crece libremente, su rendimiento aumenta hasta un máximo, que varía según sean las especies que componen el tapiz. A partir de dicho punto puede ocurrir una estabilización o hasta una disminución, en el volumen de materia seca presente (Millot et al., 1987).

Las hojas una vez que alcanzan el tamaño final, permanecen durante un tiempo más y mueren (Robson et al., citados por Cangiano, 1997). El período en que permanecen activas depende de varios factores, entre ellos, especie y estación del año considerada. Por ejemplo los macollos de raigrás perenne producen hojas con un intervalo promedio de 8 a 20 días en primavera e invierno respectivamente. Por lo tanto en un período de 24 a 60 días se tendrían tres hojas en dichas estaciones. Una vez que alcanza ese número de

hojas, cuando aparece una hoja nueva otra muere, manteniéndose relativamente estable el número de hojas por macollos.

La tasa de aparición y la vida media de las hojas son determinantes del porcentaje de cosecha, ya que si por ejemplo el intervalo de aparición (y de muerte) de hojas es de 25 días y se pastorea cada 30 días, se está dejando morir hojas y por ende dejando de ser aprovechadas por el animal. Además de hojas hay muerte de macollos y estolones (Cangiano, 1997).

2.4.3.1 Efecto del pastoreo sobre el rebrote

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.

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).

El crecimiento inicial y los subsiguientes rebrotes de un tapiz son fuertemente influidos por la secuencia y severidad de las defoliaciones a que sea sometida, así como la interacción con otros componentes del sistema, como clima y suelo.

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).

Con respecto al área foliar remanente el crecimiento de la pastura es más acelerado cuanto mayor sea la biomasa acumulada, hasta interceptar el 95-100% de la radiación incidente. Superado este punto las hojas nuevas en la parte superior del tapiz aumentan el sombreado de los estratos inferiores, tornándose más ineficientes por la presencia de hojas viejas y/o muertas. Esto puede resultar en una estabilización o caída de la tasa de crecimiento (Millot et al., 1987).

Una alta capacidad de rebrote en el tapiz se asocia a un manejo de defoliación que permita mantener la pastura en estado vegetativo con elevado nivel de reservas orgánicas y un área foliar suficiente como para que la fotosíntesis se cumpla de una manera eficiente y sin carga de hojas envejecidas (Millot et al., 1987).

Las leguminosas y las gramíneas postradas interceptan más luz que las gramíneas cespitosas debido a la disposición de sus hojas, en consecuencia las primeras se recuperan más fácilmente. A pesar de que estas tienen rebrotes muy rápidos, alcanzan antes el IAF óptimo y en consecuencia su rendimiento de forraje es menor. Por otro lado, las gramíneas erectas presentan mayor producción con manejos aliviados (Carámbula, 2002).

El área foliar remanente cobra importancia en los períodos críticos como el verano. Dado que dicha área actuará como bomba de succión permitiendo utilizar mejor el agua del suelo y proveerá una mayor superficie fotosintetizante, lo que permitirá elevar las cantidades de metabolitos aún con escasa humedad (Blaser et al., citados por Carámbula, 2004).

2.4.3.2 Efecto del pastoreo sobre el sistema radicular

Según Carámbula (2004), para que las pasturas ofrezcan una alta producción es necesario, entre otros factores, que cuenten con sistemas radiculares adecuados que les permitan expresar su verdadero potencial, especialmente en épocas críticas de déficits hídricos y sequías, ya que las mismas cumplen funciones vitales tales como proveer el agua y las sustancias minerales, almacenaje de reservas, aireación y como soporte de las plantas.

Luego de cada corte o pastoreo gran parte de los sistemas radiculares de una pastura muere y con ella, en las leguminosas mueren también una cantidad importante de nódulos, esto sucede debido a la falta de aporte de carbohidratos producidos por la parte aérea al ser esta removida.

Las raíces son órganos que se renuevan parcialmente luego de los cortes o pastoreos (Carámbula, 2004). Por lo cual para que dicha renovación y crecimiento de raíces ocurra en forma eficiente, es muy importante que exista un buen aporte de nutrientes por parte de la fotosíntesis de las hojas. Por dicha razón, se determina que pastoreos exagerados afectan indefectiblemente el crecimiento de las raíces al impedir la acumulación de estos aportes, en forma de reservas en los órganos más perdurables (Carámbula y Terra, citados por Carámbula, 2004).

El crecimiento, muerte y reemplazo de nuevas raíces, que ocurre de forma relevante en las gramíneas, hacen de las mismas, no solo grandes mejoradoras de los suelos al proveer a estos, en forma constante, de materia orgánica, sino que a su vez a través de los canalículos dejados al descomponerse, permite una mejor aireación y una mayor infiltración de agua hacia los horizontes explorados por las mismas (Carámbula, 2004).

Por lo tanto en una pastura, la existencia de especies forrajeras con sistemas radiculares que alcancen diferentes horizontes y que los sistemas radiculares más desarrollados favorecerán una mayor oportunidad de almacenar agua por mejoras en la infiltración así como un incremento en la disponibilidad de nitrógeno biológico en el suelo. Por el contrario, las pasturas sobrepastoreadas y pastoreos exagerados presentarán sus sistemas radiculares ubicados muy superficialmente y por consiguiente la mejora en la capacidad para el almacenamiento de agua y la disponibilidad de nitrógeno se verá limitada (Carámbula, 2004).

Turner y Burc, citados por Carámbula (2004), muestran que existen diferencias en las raíces de gramíneas y leguminosas, lo cual les confiere diferentes habilidades competitivas para enfrentar los déficits hídricos. Mientras las leguminosas con su raíz pivotante y raíces secundarias laterales exploran el suelo en profundidad, las gramíneas con sus raíces adventicias presentan altas densidades en los primeros centímetros del suelo, y por lo tanto su capacidad de extraer agua en profundidad es menor.

La rapidez y eficiencia con que se lleva a cabo el proceso de crecimiento de los sistemas radiculares es tanto menor cuanto más severo haya sido y sea el pastoreo (sobrepastoreo) durante el invierno y principios de primavera.

Los sobrepastoreos en invierno afectan indefectiblemente el crecimiento de las raíces a fines de esta estación al impedir la previa acumulación de reservas en órganos de la planta (Carámbula, 2004). A su vez, en estas condiciones se altera el microambiente principalmente por el pisoteo, lo cual no solo afecta la parte aérea de las plantas, sino también sus sistemas radiculares a través del compactado excesivo que provoca la pezuña en el suelo, debido a esto se produce una menor aireación y una menor velocidad de infiltración de agua (Edmond, citado por Carámbula, 2004).

2.4.3.3 Efecto del pastoreo sobre la producción de materia seca

El crecimiento de una plántula a partir de una semilla y su crecimiento posterior, así como el crecimiento de una planta adulta luego de un pastoreo o corte, sigue una curva sigmoide (Carámbula, 2004). Dicha curva se divide en tres etapas que se diferencian claramente, una primera etapa de crecimiento lento donde las plantas tienen pocas hojas y realizan menos fotosíntesis teniendo que utilizar parte de los carbohidratos almacenados. Una etapa intermedia de crecimiento rápido donde las plantas tienen más hojas, la fotosíntesis es mayor lo que permite almacenar carbohidratos y una etapa final donde la fotosíntesis disminuye debido al sombreado de las hojas superiores, además la energía para floración y formación de semilla (Nuñez et al., 2000).

Los períodos de tiempo en que transcurre cada etapa y por lo tanto el período de tiempo total que abarcan las tres fases juntas, son variables según la estación del año, siendo el tiempo requerido entre dos pastoreos para producir la misma cantidad de materia seca el doble en invierno y verano que en primavera y otoño (Carámbula, 2004).

Se ha demostrado que pastoreos intensos y frecuentes en forma continuada reduce la producción neta de materia seca. Por un lado la pradera no alcanza a desarrollar la cantidad de hojas necesarias para un crecimiento máximo, ni para acumular un nivel adecuado de reservas de carbohidratos. Por otro lado la cantidad del remanente es insuficiente para sustentar un rebrote vigoroso, lo que puede además comprometer la persistencia de la pradera. Con este manejo, la baja tasa de crecimiento promedio es la que limita la producción neta de la pradera (Harris, citado por Parga y Nolberto, 2006).

Para el caso de pastoreos aliviados e infrecuentes aumentan las pérdidas por muerte y descomposición de hojas reduciendo con ello la producción neta de materia seca, siendo la misma una estrategia muy ineficiente, llevando a un deterioro acelerado de la estructura de la pradera. Esta se caracteriza por un aumento de la cantidad de material senescente y de la proporción de tallos (primavera), asociado a una disminución de la proporción de hojas verdes y de la población de macollos y estolones (Parga y Nolberto, 2006).

Los patrones de crecimiento y muerte de hojas y, por lo tanto, la acumulación neta de materia seca durante el rebrote, son diferentes en función de la intensidad de defoliación. Por ello para lograr altas tasas de acumulación de materia seca, defoliaciones intensas deben asociarse a períodos de rebrote medios a largos, mientras que defoliaciones más suaves requieren menor duración del período de rebrote (Parga y Nolberto, 2006).

Según Langer (1981), teóricamente, parecería que podrían obtenerse los máximos rendimientos anuales de forraje permitiendo a las pasturas crecer, repetidamente, en forma ininterrumpida y cosechando inmediatamente antes de que la velocidad de acumulación de materia seca disminuya o se detenga. De esta manera la pastura crecería a una tasa máxima durante el máximo tiempo posible.

A su vez, según Carámbula (2004), el mayor rendimiento total de una pastura se obtiene si se aprovecha al máximo las ventajas que ofrecen las entregas de forraje en la etapa de crecimiento intermedio, para lo cual la pastura debe ser mantenida, como regla general, en el tramo de crecimiento de rebrote rápido. Realizando pastoreos en dicha etapa, se logra el mejor balance entre la presencia de muchas hojas con alta capacidad de fotosíntesis, una defoliación adecuada con un consumo apropiado por parte de los animales y un porcentaje bajo de material muerto.

2.4.3.4 Efecto del pastoreo sobre la utilización del forraje

La comprensión del equilibrio que existe entre los principales procesos intervinientes en el crecimiento y utilización de las pasturas es básico para optimizar el manejo del pastoreo. Un aspecto fundamental de todo sistema de pastoreo es el logro de un alto porcentaje de utilización del forraje presente, manejando adecuadamente la presión de pastoreo (Cangiano, 1997).

Según Cangiano (1997), la utilización de la pastura está íntimamente ligada al consumo animal y éste a su vez está directamente relacionado con la calidad de dicha pastura y las características estructurales como relación hoja/tallo, vivo/muerto, gramíneas/leguminosas, densidad de canopeo, forma de presentación del forraje y principalmente altura de la pastura. A su vez los factores de las pasturas que influyen en el consumo se pueden agrupar en no nutricionales y nutricionales (Poppi et al., citados por García, 1995b). Los primeros hacen referencia a las variables que afectan la cosecha física (accesibilidad) del forraje que el animal puede realizar, y son los que en primera instancia determinan el consumo.

Hogdson, citado por García (1995b), establece que las características estructurales del tapiz, particularmente altura y densidad, influyen sobre el consumo principalmente a través de sus efectos en el consumo por bocado. Así mismo Cangiano (1997) menciona que en gramíneas templadas la altura es la principal característica que influye en el consumo a través del peso por bocado. Es así que frente a una misma cantidad de biomasa según Laca et al., citados por Cangiano (1997), el bocado es más pesado en pasturas altas y ralas que en cortas y densas.

Según Viglizzo (1981), la presión de pastoreo, es decir la carga animal es la gran responsable de los procesos de utilización de las pasturas, en cambio el método de pastoreo que hace sentir sus efectos sobre la frecuencia de defoliación, tiene menor importancia cualitativa. A las escasas diferencias productivas encontradas al evaluar diferentes métodos debe agregarse que sus efectos en la utilización de las pasturas no están claramente demostrados.

Un aumento en la presión de pastoreo lleva al aumento en la eficiencia de cosecha de forraje (eficiencia de utilización), pero como esto implica una disminución en el IAF y como consecuencia una menor intercepción de luz, la eficiencia de producción de forraje disminuye (Smetham, citado por Cangiano, 1997). En una pastura con IAF alto, el crecimiento y fotosíntesis se mantienen

cercanos al máximo y esto implica una eficiencia de utilización muy baja, por ende grandes pérdidas de materia seca por senescencia (Cangiano, 1997).

Parsons et al., citados por Cangiano (1997), describieron el efecto de la intensidad de pastoreo sobre la eficiencia de utilización del forraje producido y el consumo animal. Por un lado se determinó que la disminución en el crecimiento del forraje es el factor dominante en las pasturas pastoreadas intensamente, en cambio, pasturas pastoreadas a baja intensidad el factor dominante pasa a ser el bajo aprovechamiento del forraje producido.

Por consiguiente para lograr la máxima producción por hectárea se debe evitar una defoliación tan severa que disminuya el crecimiento de la pastura, pero a su vez que sea lo suficientemente intensa como para que la eficiencia de la cosecha sea alta, disminuyendo así las pérdidas de forraje por senescencia. Es por esto que se debe buscar una eficiencia de utilización alta, sin afectar negativamente las ganancias animales individuales (Cangiano, 1997). Según Carámbula (2004), los valores promedios de utilización que se registran en nuestra región, rondan en el 50%.

En general en pastoreo rotativo, es relevante alcanzar alto grado de utilización en un breve plazo y así evitar el consumo de nuevos rebrotes, lo que depende en gran medida de la composición y potencial de la pastura, así como con su interacción con las condiciones ambientales (Millot et al., 1987).

Pastoreos poco frecuentes con pasturas altas provocará una acumulación y envejecimiento excesivo de la vegetación. Esto evitará la penetración de luz reduciendo fuertemente la población de macollos y estolones, aumentando las pérdidas de material debido a muerte de hojas viejas, disminuyendo así el valor nutritivo del forraje. Estas pérdidas de calidad se aceleran en la primavera, ya que aumenta la proporción de macollos encañados. Adicionalmente aumentan las pérdidas por pisoteo y la cantidad de material rechazado por los animales, dificultando la utilización eficiente del forraje producido (Parga y Nolberto, 2006).

2.4.3.5 Efecto del pastoreo sobre la calidad del forraje

Las pasturas son capaces de ofrecer un alimento bien equilibrado, siendo este el mejor adaptado a los rumiantes. Sin embargo esto se da siempre y cuando el pastoreo se realice cuando las plantas estén en un estado de desarrollo adecuado, lo cual significa que la calidad o valor alimenticio de un

forraje no se relaciona con el volumen del forraje disponible, sino con el momento del ciclo en que se encuentren las plantas de la pastura al ser cosechadas (Carámbula, 2004).

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).

La calidad o valor nutritivo de una pastura es función tanto del valor nutritivo, dependiente de la composición (energía, materiales nitrogenados, minerales y vitaminas) y del equilibrio entre ellas, así como de la aptitud de las mismas para ser consumidas (apetecibilidad) en cantidad suficiente (Carámbula, 2004).

Existe gran variabilidad entre especies en su grado de apetecibilidad por el animal y en su valor nutritivo. En general las leguminosas son de mayor valor nutritivo que las gramíneas, y entre éstas las templadas (Millot et al., 1987). Sin embargo cuando se trata de una mezcla formada por gramíneas y leguminosas, dado que estas últimas presentan decrementos mucho menores en la digestibilidad, el valor nutritivo de la pastura mixta en un todo, ofrece valores aceptables (Carámbula, 2004).

A medida que avanza en el ciclo de maduración de una pastura, la calidad de forraje disminuye. 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).

Estos decrementos se deben fundamentalmente a los cambios producidos en los contenidos celulares y en paredes celulares de las plantas. A medida que avanza en su ciclo, el contenido celular disminuye y la pared aumenta, produciéndose una disminución de las sustancias de mayor digestibilidad (azúcares, proteínas, grasas y minerales) y en su lugar aumentan las de menor digestibilidad (celulosa, hemicelulosa y lignina) que componen la fibra vegetal (Viglizzo y Robert, citados por Carámbula, 2004).

Con respecto al valor nutritivo de la pastura, después de producida la emergencia de las inflorescencias (principios de espigazón), las gramíneas comienzan a perder su valor alimenticio en forma abrupta, pudiéndose afirmar

que en general en estado de floración una gramínea forrajera ya perdió el 60% del mismo (Viglizzo y Robert, citados por Carámbula, 2004).

Las variaciones de digestibilidad durante el año siguen un patrón bien definido, con valores elevados a principios de primavera, un descenso gradual hacia el verano y luego un ascenso progresivo desde el otoño hacia el invierno. La baja calidad de fines de primavera y verano esta explicada por la acumulación de restos secos, debido a la presencia de tallos reproductivos, a la vida corta de las hojas y a la falta de boca para utilizar el forraje antes de que envejezca (Carámbula, 2004).

El grado óptimo de frecuencia o intensidad de cosecha por el animal depende del objetivo de producción buscado, ya sea cantidad o calidad de forraje. Por tanto, pastoreos pocos frecuentes y severos proporcionan mayor rendimiento de forraje pero de menor calidad, mientras que pastoreos frecuentes y aliviados determinan rendimientos menores pero de mayor calidad (Carámbula, 2004).

La caída de la proporción de hojas y del contenido de nitrógeno del forraje de una pastura indica que toda acumulación excesiva de biomasa acarreará inexorablemente un deterioro de la calidad nutritiva de una cantidad considerable de forraje total de la pastura, además esto ocurrirá aproximadamente a similar nivel de biomasa para cualquier especie o cultivo (Agnusdei y Wade, 2002).

2.4.3.6 Efectos de la defoliación sobre estructura y morfogénesis de la pastura

Dada la importancia del consumo en los sistemas pastoriles predominantes en nuestro país, es indispensable conocer la interacción entre la estructura de la pastura y los bovinos en pastoreo para explicar y cuantificar el consumo diario de forraje (Galli y Cangiano, 1998).

La composición y distribución de forraje en un tapiz son dinámicos, y dada la influencia que ejercen los animales en pastoreo, el manejo del mismo será un factor determinante del logro de altos niveles de productividad de las pasturas (Millot et al., 1987).

A medida que aumenta la altura del forraje bajo pastoreo, se incrementa paulatinamente el consumo de forraje, aunque pueden existir limitaciones en el consumo de pasturas muy cortas o muy altas. En ambos casos los animales

tendrían problemas de consumo por dificultades de prensión de forraje, aunque es mayor el beneficio que existe para pasturas altas (Hodgson, citado por Millot et al., 1987).

La densidad de la pastura, así como la relación hoja/tallo inciden marcadamente sobre el consumo, valores muy elevados de ambos parámetros pueden acarrear problemas de accesibilidad (Millot et al., 1987).

Según Galli y Cangiano (1998), la estructura de la pastura en el lugar donde el animal toma el bocado determina el peso y las dimensiones del mismo, afectando directamente la tasa de consumo, y esta a su vez modifica las características de las pasturas en el sitio del bocado. Por otro lado si el efecto del pastoreo sobre la pastura depende de la frecuencia e intensidad de defoliación de macollos y tallos individuales, entonces las dimensiones del bocado serán determinantes de la respuesta de la planta en el rebrote en función de las características, ya sea forma y disposición del remanente no pastoreado.

García (1995b), establece que una misma cantidad de forraje se puede lograr con pasturas densas y bajas, o pasturas laxas y altas. Por lo tanto los bocados y el consumo se relacionan en forma directa con la estructura espacial de la pastura. Si cambia la distribución del forraje en el espacio, la tasa de consumo puede tener importantes variaciones a pesar de que la fitomasa aérea o la altura promedio de la pastura permanezcan constantes (Galli y Cangiano, 1998).

A su vez la interferencia de las hojas sobre la iluminación interna del canopeo, lleva a modificaciones de algunas de las principales características estructurales que afectan el consumo animal en pastoreo. Concretamente se reparó en la relación lámina/vaina en gramíneas, hoja/tallo en leguminosas, en el contenido de nitrógeno en la biomasa y en su distribución vertical en el canopeo, así como también en la densidad de individuos de la pastura (Agnusdei y Wade, 2002).

Las variables morfogenéticas en un macollo de gramínea se relacionan a los siguientes procesos: tasa de aparición de hoja, tasa de elongación, vida media (Agnusdei et al., 1998). Estas tres variables son las que determinan mayoritariamente los cambios de estructura que experimentan los macollos en el transcurso de su desarrollo (Davies, citado por Agnusdei 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 definen el índice de área foliar de las pasturas por ende la capacidad de capturar energía lumínica para fotosíntesis y abastecer funciones de crecimiento (Agnusdei et al., 1998).

La tasa de aparición de hojas como variable morfogenéticas tiene un rol central ya que controla en mayor o menor grado, todas las variables estructurales (tamaño foliar, densidad de macollos y hojas por macollo). 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).

Existen varios factores que pueden afectar la estructura del tapiz de una pradera, en primer lugar el tipo de pastura, es decir las especies y la proporción en que se encuentran. Pasturas donde predominan gramíneas tienden a tener mayor densidad en los estratos inferiores que aquellas donde predominan leguminosas, especialmente trébol blanco.

El manejo de pastoreo es otro factor importante de variación, pasturas bajo pastoreos continuos tienden a ser más densas que las de pastoreo rotativo, especialmente en estratos inferiores.

En pastoreos continuos, pasturas mantenidas con bajo IAF presentan una mayor densidad de macollos, siendo estos de menor tamaño. A su vez una mayor densidad poblacional de macollos es esperada en pasturas sujetas a defoliaciones más frecuentes, por disminuir el efecto de sombreo en macollos basales (Fernández y Nava, 2008).

Otro factor que influye es la estación del año, esta cambia la arquitectura de la planta, la relación tallo/hoja, contenido de materia seca. Por último la edad de la pastura se asocia a cambios en el balance gramíneas/leguminosas, acumulación de restos secos.

Las condiciones de densidad pueden afectar la densidad global de la pastura. En primer lugar existen diferencias entre los distintos estratos de una pastura en cuanto a densidad, % MS, y digestibilidad. Pasturas con 20 cm de altura concentran más de la mitad del forraje en los primeros 5 cm, a su vez concentra el forraje menos digestible. La diferencia mayor se da entre el estrato inferior y superior (García, 1995b).

Se han observado marcadas diferencias en la estructura según la edad de la pastura. En primer lugar las pasturas más viejas presentaron mayor densidad en el estrato inferior, así como mayores % MS, y menor digestibilidad. Esto puede explicarse por el cambio del balance entre gramíneas/leguminosas que

se produce en el tiempo, siendo el porcentaje de gramíneas en praderas nuevas de 37%, mientras que para las más viejas fue de 61% (García, 1995b).

2.4.3.7 Efecto del pastoreo sobre la composición botánica de la pastura

Según Cangiano (1997), el efecto del método de pastoreo y la variación de la intensidad y frecuencia de la defoliación, interaccionando con el mayor o menor crecimiento estacional de las especies componentes, determina una cierta variación en cuanto a la composición botánica predominante de una pastura, modificando de esta manera la distribución de la producción a lo largo del año.

Por tanto, un pastoreo intenso y frecuente de una cierta especie durante el período de activo crecimiento, determina una disminución en la capacidad competitiva, frente a otras especies que soporten el pastoreo en forma latente o con una menor tasa de crecimiento.

El manejo de una pastura mixta debería apuntar al mantenimiento de cierto equilibrio entre los componentes gramínea y leguminosa, de forma tal que permita la obtención de buenos rendimientos de forraje de calidad, así como la disminución de riesgo de meteorismo y/o desbalances en la dieta (Millot et al., 1987).

La búsqueda del buen balance entre gramíneas y leguminosas se basa en que al incrementar la proporción de las primeras en el tapiz y disminuir las segundas, se produce un decremento en las producciones animales, mientras que al aumentar la contribución de las leguminosas en detrimento de las gramíneas se incrementan las producciones animales, aunque con ciertos riesgos de meteorismo (Carámbula, 2004).

Según Carámbula (2004), la defoliación por pastoreo o corte puede ser una herramienta muy eficiente para mantener el equilibrio entre las especies que componen una determinada pastura. Principalmente, su influencia radica en permitir un control estricto sobre la disponibilidad de luz a ser interceptada por dichos componentes.

Así mismo la eficiencia de utilización de la luz varía entre las diferentes especies dependiendo tanto de la arquitectura de la planta, del hábito de crecimiento y de la posición de sus hojas. Por lo cual a igual valores de índice de área foliar, las leguminosas presentan mayor intercepción de luz que las gramíneas. Un ejemplo de esto observado por Brougham, citado por Carámbula

(2004), es que para interceptar un 50% de la luz, el raigrás necesita un IAF de 2,5, mientras que los tréboles solo necesitan un IAF de 1,0.

Manejos de pastoreos poco frecuentes en primavera determinan una mejor competencia por luz del componente gramínea sobre las leguminosas, mientras que en invierno se revierte la situación, donde la escasez de luz favorece las leguminosas (Carámbula, 2004).

A su vez, según Harvis y Brougham, citados por Carámbula (2004), el manejo del pastoreo puede hacer variar las proporciones de las diferentes especies en la composición botánica, favoreciendo las de hábito erecto o postradas, según la intensidad en que se realice la defoliación. Es así que Fernández y Nava (2008) registraron que en distintas intensidades de pastoreo se generaron diferencias en la estructura vertical para el remanente pero no para el disponible. Para diferentes intensidades se encontró la mayor cantidad de materia seca en el estrato inferior, siendo mayor para el caso de las intensidades más altas (2 y 4,5 % del peso vivo). También se encontró que el raigrás predominó en todos los estratos, siendo su densidad mayor en el estrato inferior. El trébol blanco y lotus se ubicaron también en el estrato inferior.

Otro factor de importancia que afecta las proporciones de los componentes gramínea y leguminosa en una pastura, es la práctica de fertilización. La fertilización nitrogenada estimula un mayor desarrollo de las gramíneas, mientras que la fertilización fosfatada estimula el desarrollo de las leguminosas principalmente (Carámbula, 2004).

El efecto del nitrógeno sobre las gramíneas estaría dado por un incremento en la competencia por luz como consecuencia de un aumento en el área foliar de la misma, así como una reducción de la tasa de fijación de nitrógeno de los rizobios de las leguminosas (Davies y Willoughby, citados por Carámbula, 2004). A su vez debe tenerse claro que si bien el nitrógeno aplicado a una pastura mixta temprano en el otoño favorece a las leguminosas, cuando se aplica tardío favorece a las gramíneas (Carámbula, 2004).

Por lo tanto, según Carámbula (2004), la fertilidad y la defoliación, no actuando en forma aislada, determinan cambios en la composición botánica de una pastura. Mientras que pastoreos frecuentes y dosis bajas de nitrógeno estimulan el desarrollo de las leguminosas de una mezcla, pastoreos intensos y dosis altas de nitrógeno provocan un desequilibrio a favor de las gramíneas sobre las leguminosas. Al respecto, Delpech, Wolf y Smith, citados por Carámbula (2004), sugieren que cuando se aplica nitrógeno a una pastura mixta, es decir con los componentes gramínea y leguminosa, para mantener un

equilibrio adecuado de los mismos en la pastura, se deben realizar pastoreos más frecuentes.

Desde el punto de vista de la selectividad animal sobre una pastura, es de destacar la influencia de la misma sobre la composición botánica, ya que este comportamiento puede conducir a la desaparición de las especies más apetecibles de la pastura. Tal es el caso de las leguminosas, ya que los animales concentran su actividad sobre las mismas respecto a las gramíneas, por lo cual se deben realizar manejos que enternezcan estas últimas de modo de aumentar su apetecibilidad, reduciendo en cierta forma dicha selectividad (Carámbula, 2004). Esto coincide con lo expresado por Fernández y Nava (2008), ya que encontraron que en pastoreos intensos se promueve al trébol blanco en el disponible, mientras que disminuye su participación en el remanente.

Finalmente existen otros elementos como las condiciones climáticas, las cuales son impredecibles e incontrolables que ejercen una influencia importante sobre el comportamiento de las composiciones botánicas en una pastura (Carámbula, 2004).

2.4.3.8 Efecto del pastoreo sobre la persistencia de la pastura

La dinámica de poblaciones, se relaciona con el número de plantas de las praderas y con el modo de cómo cambian los mismos a medida que pasa el tiempo (Harper, citado por Jones, 1980). En cualquier momento la densidad de población depende del egreso e ingreso de individuos, dichos cambios ocurren siempre, incluso en pasturas botánicamente estables (Jones, 1980).

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).

De acuerdo a Marten et al., citados por Carámbula (2004), la persistencia de las pasturas se logra cuando se tiene una población suficiente de plantas como para cumplir con los requerimientos y expectativas del sistema de producción en que se encuentre.

Según Carámbula (2004), desde el punto de vista agronómico, el concepto de persistencia en las pasturas 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.

El problema de la falta de persistencia es atribuido generalmente a una pérdida de las especies sembradas, principalmente de las leguminosas, ya que las gramíneas permanecen en poblaciones poco variables, aunque ofreciendo rendimientos cada vez menores a medida que aumenta la edad de las pasturas. Así mismo, a medida que las leguminosas van desapareciendo, los espacios antes ocupados por dichas plantas, son tomados progresivamente por plantas invasoras tales como malezas y gramíneas ordinarias, muchas veces anuales (Carámbula, citado por Carámbula, 2004).

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. En general en los sistemas de producción de nuestro país existen problemas de persistencia en cuanto a leguminosas, por lo cual se busca aumentar la longevidad productiva de las mismas.

Según Carámbula (2004), los hechos más importantes que se detectan durante la evolución de una pastura a medida que envejece, son las disminuciones en el rendimiento y la longevidad de la población de las leguminosas. A su vez, se registran bajos rendimientos de las gramíneas perennes al disponer de muy poco nitrógeno al ralearse progresivamente las leguminosas. Por tal motivo cuando se quiere prolongar la vida productiva de una pastura se debe hacer hincapié en sostener elevadas poblaciones de leguminosas. En resumen el descenso en los rendimientos de una pastura está ligado a las pérdidas de leguminosas.

Es razonable esperar de las plantas perennes que su supervivencia en la siembra original sea mejor que la de las plántulas que surjan mas 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).

En general la población de plantas disminuye luego de un año de su siembra, se alcanza un máximo de producción en el segundo y tercer año en que las plantas son más vigorosas, luego comienza un proceso de decadencia en que las plantas se fragmentan en clones y tienden a desaparecer. Esta sucesión será más rápida cuanto más irracional sea el manejo que se aplique (Carámbula, 2004).

El manejo del pastoreo es considerado uno de los factores que afecta en mayor proporción la persistencia de las pasturas (Carámbula, 2004). Tan es así que Sheath et al., citados por Carámbula (2004), sostienen que independientemente de los problemas de persistencia que presentan las pasturas, gran parte de los fracasos registrados a nivel de los establecimientos es el resultado de errores en el manejo del pastoreo. Es así que Almada et al. (2007), registraron que si bien una disminución en la asignación de forraje favorece la utilización del mismo, se provoca un descenso en la producción de materia seca y se pone en riesgo la persistencia de la pastura.

A su vez, la interacción entre frecuencia e intensidad de la defoliación tiene una influencia muy importante sobre el porcentaje de sobrevivencia de cada una de las unidades de crecimiento, tanto de macollas y tallos, como de estolones y rizomas (Hodgson y Sheath, citados por Carámbula, 2004). Por tal motivo, Kretschemer, citado por Carámbula (2004), sostiene que para entender la incidencia que tiene el pastoreo sobre la persistencia, principalmente de las leguminosas, es necesario e importante, conocer la morfología y ecología de cada una de las especies de la pastura.

De esta manera, según Carámbula (2004), se debe destacar el hecho de que el pastoreo interacciona en forma muy compleja tanto con las condiciones ambientales prevalentes, como con las especies que componen la pastura. Por esto, cuando las condiciones ambientales se hacen severas, tal es el caso de las altas temperaturas o sequías importantes, el manejo de la defoliación se vuelve un factor crítico en la persistencia.

Según Jones, citado por Carámbula (2004), gran parte del descenso de productividad y deterioro de la composición botánica de las pasturas sembradas es el resultado de manejos incorrectos.

Es de fundamental importancia mantener un equilibrio dinámico entre el medio ambiente y el manejo del pastoreo, evitando casos extremos o simplemente desviaciones que atenten contra la productividad y persistencia de una pastura. Por lo tanto se puede considerar a la persistencia como al mantenimiento de una población adecuada de plantas que tengan la capacidad de cubrir las exigencias de producción de materia seca, especialmente durante las épocas críticas (Carámbula, 2004).

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 (Jones, 1980). Este efecto es muy importante

sobre las especies anuales donde la severidad de la defoliación y la época en que se realiza pueden afectar muy seriamente la resiembra y las condiciones de regeneración. Por lo cual en estas especies se debe promover los procesos de floración y fructificación, así como el de regeneración (Sheath et al., citados por Carámbula, 2004).

En el caso de las especies perennes, la persistencia debe favorecerse por medio del manejo de pastoreo, de tal forma que permita la aparición de nuevas unidades de crecimiento, mediante el mantenimiento de los procesos de macollaje y de formación de tallos, rizomas y estolones. A su vez en algunas especies, y en determinadas condiciones se debe permitir los procesos de floración y fructificación (Carámbula, 2004).

Por lo tanto, se destaca la gran importancia del manejo del pastoreo sobre la pastura, ya que generalmente manejos erróneos traen como consecuencia una reducción de la producción de materia seca, una disminución en la calidad de la misma con la consecuente reducción en la producción animal, así como el acortamiento de la vida productiva de la pastura (Carámbula, 2004).

Por ello, es fundamental recurrir a diferentes técnicas de manejo de pastoreo tales como cambios estacionales en la presión y frecuencia de pastoreo y descansos estratégicos, ya que permiten la restauración de la productividad de una pastura luego de una defoliación inapropiada, que pudiera haber ocurrido en un momento de necesidad o descuido (Frame, citado por Carámbula, 2004).

2.4.4 Características morfogénicas de las gramíneas y estructura de las pasturas

A partir de los procesos concernientes a la ecofisiología del crecimiento de gramíneas forrajeras, se establecen criterios para el manejo de la defoliación por corte o pastoreo. Para esto es importante conocer los mecanismos de generación y expansión del área foliar, así como la dinámica de producción y muerte de tejido, es decir la morfogénesis y como afectan los factores ambientales a las variables morfogénicas de las plantas y estructurales de las pasturas (Agnusdei et al., 1998).

Las diferencias entre los tipos morfogénicos 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).

Las gramíneas muestran un sincronismo entre la aparición de una hoja nueva y el comienzo de la senescencia de la hoja más vieja (Thomas y Stoddart, citados por Colabelli et al., 1998), lo cual explica que la velocidad de producción de órganos foliares esté en relación directa con el crecimiento neto de la cubierta vegetal (crecimiento neto = crecimiento bruto -senescencia) (Colabelli et al., 1998).

Por otro lado, dado a que la temperatura es el principal factor ambiental que determina el desarrollo foliar (Anslow, citado por Colabelli et al., 1998), la dinámica de producción y pérdida de forraje de las pasturas puede ser modelizada a partir de la relación existente entre la aparición de hojas y este factor (Colabelli et al., 1998).

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). Esta puede ser analizada como la tasa de aparición de nuevos órganos (organogénesis), su tasa de expansión (crecimiento), y su tasa de crecimiento y descomposición.

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).

Estas tres variables morfogenéticas son las que determinan mayoritariamente los cambios de estructura que experimentan los macollos en el transcurso de su desarrollo (Davies, citado por Agnusdei et al., 1998). El producto de dichos cambios, determinan las características estructurales de las pasturas como número de hojas vivas por individuo, densidad de macollos y tamaño de la hoja. A su vez estas últimas definen el índice de área foliar de las pasturas, con ello la capacidad de captura de energía lumínica para la fotosíntesis y abastecer funciones de crecimiento (Agnusdei et al., 1998).

En este sentido Agnusdei et al. (1998), le asignan un rol central a la tasa de aparición de hojas debido a que controla en mayor o menor grado todas las variables estructurales. Además como se mencionó en párrafos anteriores las variables morfogenéticas están bajo influencia directa de factores ambientales controlables (nutrientes y agua) y no controlables (temperatura), ello determina

una influencia indirecta de los mismos sobre la estructura de la pastura, y por ende sobre la expansión del área foliar.

2.4.4.1 Tasa de aparición de hojas (TAH)

La misma se define como el intervalo entre la aparición de dos hojas sucesivas en un macollo, este intervalo puede ser expresado en días, pero dada a su estrecha relación con la temperatura puede ser calculado como suma térmica. Es decir producto del intervalo en días, por la temperatura media diaria del intervalo, llamándose filocrono y su unidad es grados días (Colabelli et al., 1998).

Cabe señalar que el macollo es la unidad morfofisiológica de la gramínea. Cada macollo está formado por repeticiones de unidades similares denominadas fitómeros, diferenciados a partir del meristema apical.

El fitómero consiste de una hoja, nudo, entrenudo, meristema axilar e intercalar, el número y longitud de los mismos determinan variaciones en macollos individuales, y su arreglo espacial la estructura de una planta (Colabelli et al., 1998).

En el macollo la diferenciación de células del meristema apical originan primordios de hojas y yemas axilares capaces de originar un nuevo macollo. Los primordios foliares continúan su desarrollo y forman una hoja la cual se hace visible por dentro del conjunto de vainas (Colabelli et al., 1998).

Las hojas presentan un ciclo de vida limitado, luego de crecer, cada hoja comienza a senescer y muere. Las gramíneas forrajeras tienen número máximo de hojas vivas, una vez alcanzado ese valor por cada hoja nueva que se produce, la hoja más vieja muere (Davies, citado por Colabelli et al., 1998).

El primer macollo generalmente emerge de la axila de la primera hoja sobre el tallo principal, una vez que se acumulan dos hojas sucesivas expandidas (Robson et al., citados por Colabelli et al., 1998). A su vez no todas las yemas tienen la capacidad de desarrollar un nuevo macollo, definiéndose la capacidad de hacerlo como site filling, el mismo se expresa como el número de nuevos macollos por macollo por intervalo de aparición de hojas (Davies, citado por Colabelli et al., 1998). Por lo tanto site filling y la tasa de aparición de hojas constituyen los factores internos que regulan los procesos de macollaje de una gramínea.

Durante el desarrollo reproductivo normalmente se acelera la velocidad de aparición de hojas dado a que la velocidad de formación de primordios de hojas es mayor que la de su aparición durante su etapa vegetativa (Colabelli et al., 1998).

Sin tener en cuenta el manejo de defoliación, la TAH de una especie definirá las características que determinan en gran medida la estructura y flujo de material de las pasturas, generando pasturas funcionales y de diferentes estructuras. Por ejemplo el raigrás perenne presenta alta densidad de macollos pequeños debido a la alta TAH que presenta (Lemaire y Chapman, citados por Colabelli et al., 1998). A medida que el intervalo de aparición de hojas se prolonga, la senescencia se desencadena más tardíamente y la máxima acumulación neta de tejido foliar se posterga en igual medida.

En cuanto a la utilización del forraje producido, aquellos genotipos que presentan un recambio foliar más acelerado deberían ser defoliados con alta frecuencia, para evitar pérdidas de material por senescencia. Por otra parte, ese rápido recambio implica una rápida restitución de área foliar y un alto potencial de macollaje, factores que le confieren a las plantas aptitudes para adaptarse a la extracción frecuente de tejido foliar. En cuanto a los genotipos con baja TAH presentan bajos niveles de senescencia por períodos más prolongados.

Esto sumado a una menor velocidad de restitución de tejido foliar, los hace aptos para sistemas de utilización con defoliaciones poco frecuentes (Colabelli et al., 1998). Para el caso particular de *Agropyro elongatum* la tasa de aparición de hoja es de 350 °C día (Agnusdei et al., 1998). Cualquier efecto que cambie la tasa de elongación foliar, afectará la velocidad de emisión de hojas y en consecuencia la velocidad de fabricación de yemas y la emisión de los correspondientes macollos (Azanza et al., 2004).

2.4.4.2 Tasa de elongación foliar (TEF)

Hace referencia al incremento en longitud de lámina verde en un determinado incremento de tiempo (mm/día) o de suma térmica (mm/ C°). La elongación foliar es la principal expresión de crecimiento de una hoja (Colabelli et al., 1998).

Modificaciones en la TEF es función de dos características, por un lado el número de células maduras por día (división celular) y en el cambio en el largo de las células (elongación celular) que ocurre entre la producción, la división y

la maduración (Volenc y Nelson, Mac Adam et al., Gastal et al., citados por Colabelli et al., 1998).

2.4.4.3 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:

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.

Producción cosechable = Producción Bruta- 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.

2.4.5 Efecto de los factores abióticos sobre los procesos morfogénicas y variables estructurales de la pastura

El crecimiento y desarrollo de las plantas están fuertemente controlados, ya sea estimulados o frenados por las condiciones ambientales. Dentro del medio

abiótico, la temperatura, la luz y la disponibilidad de agua y nutrientes son determinantes de ambos procesos.

El balance entre estímulos y frenos (al desarrollo y crecimiento), puede ser instantáneo o de más largo plazo y define los requerimientos energéticos y nutricionales (demanda) que debe proveer el sistema de asimilación básicamente a través de la fotosíntesis (oferta) (Colabelli et al., 1998).

Las señales del medio abiótico son captadas por plantas disparando un programa de morfogénesis. Su cumplimiento dependerá del que el sistema de asimilación provea las demandas morfogenéticas generadas. Entre los factores ambientales, la temperatura es el factor frente al cual las plantas responden en forma instantánea. La misma es la señal ambiental primaria que gradúa el programa morfogenético y la oferta del sistema de asimilación (Colabelli et al., 1998).

2.4.5.1 Efecto de la temperatura

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

Como ya se mencionó, la tasa de aparición de hojas puede expresarse como filocrono ($^{\circ}$ C días). Por ejemplo, en raigrás perenne cada 110° C días aparece una nueva hoja mientras que en festuca alta cada 220° C días (Lemaire, citado por Colabelli et al., 1998). Por tanto con una temperatura media diaria de 10° C, la velocidad de aparición de hojas es de alrededor de 1 cada 11 días para el caso del raigrás, y 1 cada 23 días para el caso de la festuca. Dado a que el número máximo de hojas por macollo es aproximadamente 3 para el primero y 2,5 para la segunda, después de una defoliación el comienzo de la senescencia ocurre cerca del mes en el raigrás y de los 55 – 60 días en la festuca (Colabelli et al., 1998).

El filocron es una característica genotípica que expresado como suma térmica, es relativamente estable a variaciones ambientales para el caso de pasturas vegetativas (Anslow, citado por Colabelli et al., 1998), sin embargo, las condiciones contrastantes y los cambios fisiológicos de las plantas pueden ocasionar variaciones en el mismo. No obstante, la variabilidad dentro de

genotipos es de menor magnitud que entre diferentes genotipos (Colabelli et al., 1998).

La tasa de elongación foliar, al igual que la tasa de aparición de hojas, es directamente proporcional a la temperatura. La relación entre ambas variables es generalmente exponencial, aunque en condiciones de rangos estrechos de temperaturas o períodos cortos de tiempo pueden mostrar una relación lineal, debido al efecto instantáneo de la temperatura sobre la elongación foliar (Colabelli et al., 1998).

Por otro lado a una misma temperatura la extensión foliar en primavera es mayor que en otoño. Esto se asocia al desarrollo reproductivo primaveral en gramíneas templadas y con el efecto positivo de esta condición sobre el desarrollo aéreo (Parsons, citado por Colabelli et al., 1998).

A medida que aumentan estacionalmente las temperaturas medias diarias, también lo hacen en forma simultánea, la velocidad de aparición foliar y la elongación. Pero como el número máximo de hojas por macollo es relativamente constante para las diferentes especies, la vida media de las hojas en los períodos de activo crecimiento debe ser más corta, por lo tanto el recambio de tejido se acelera (Colabelli et al., 1998).

En el período de disminución de temperatura, como en otoño, la proporción de tejido foliar senescente es mayor que la producida, bajando la eficiencia de utilización del forraje. Por el contrario, durante la primavera donde aumenta la temperatura habrá un balance positivo entre el crecimiento y senescencia, y por ende un aumento en la eficiencia de utilización (Colabelli et al., 1998).

Para una misma especie, el largo final de las hojas tiende a aumentar con el incremento de la temperatura, esto ocurre junto al alargamiento de los días y con el incremento de la radiación incidente. De igual manera, el tamaño final muestra un paulatino achicamiento a partir del acortamiento de los días, y de las tasas decrecientes de irradiación que ocurren desde verano hacia el otoño (Colabelli et al., 1998).

La importancia de comprender la evolución estacional en el tamaño foliar radica en su impacto sobre el balance entre crecimiento y senescencia y por ende en la cantidad de forraje cosechable de una pastura (Colabelli et al., 1998).

2.4.5.2 Efecto de la calidad y cantidad de la luz

El IAF altera la calidad de luz que incide sobre una pastura, pudiendo modificar algunas variables morfogenéticas a nivel de planta tales como tasa elongación y aparición de hojas y como consecuencia cambiar algunas características estructurales de las pasturas, tales como densidad y tamaño de macollo (Colabelli et al., 1998).

Normalmente el ambiente lumínico de una cubierta vegetal es heterogéneo. La parte superior del mismo recibe el total de luz incidente, disminuyendo esta exponencialmente con la profundidad dentro de los estratos foliares (Colabelli et al., 1998). La banda fotosintéticamente activa de la luz (PAR) va de los 400 a los 700 nm de longitud de onda, y se llama luz visible. Debido a que las longitudes de onda roja y azul de la PAR son absorbidas preferentemente por los pigmentos fotosintéticos, la misma es poco reflejada y transmitida a estratos inferiores del canopy, fundamentalmente en tapices densos. En este sentido, es esperable que en general en los canopies bajos y abiertos presentan un ambiente lumínico más homogéneo (Colabelli et al., 1998).

En términos generales una baja intensidad de luz y una baja relación R/RL (rojo / rojo lejano) provoca tres respuestas principales en la planta: aumento asignación de recursos a la parte aérea (tallos: raíz alta), alargamiento de los órganos ya existentes, reducción del macollaje (Deregibus et al., Casal et al., citados por Colabelli et al., 1998), y eventualmente una reducción en la aparición de hojas (Grancher et al., citados por Colabelli et al., 1998). Por esta razón en pasturas cerradas, es decir cuando se acumula excesivo material generándose un ambiente sombreado, la estructura de la cubierta se caracteriza por una baja densidad de macollos de tamaño grande respecto de pasturas mantenidas en un ambiente bien iluminado. Si el sombreado presenta continuidad, el escaso desarrollo radical podría conferir a la cubierta susceptibilidad a condiciones de estrés climático y al pastoreo (Colabelli et al., 1998).

Esta variación en las características estructurales de las pasturas, en respuesta a la variación del ambiente lumínico, pueden ser explicadas a partir de mecanismos de plasticidad fenotípica desarrollados por las plantas (Bradshaw, citado por Colabelli et al., 1998).

Es así entonces, que el manejo de pastoreo pasa a tener un rol central como modelador de la estructura de las pasturas: cuando se incrementa la presión de pastoreo, la biomasa disminuye y la pastura tiende a tomar una estructura

basada en alta densidad de pequeños macollos. Estos cambios se revierten cuando la presión de pastoreo decrece. Si los cambios entre tamaño y números de macollos son compensatorios, la producción de biomasa por unidad de área de pastura estructuralmente contrastante tiende a ser similar (Colabelli et al., 1998).

2.4.5.3 Efecto del agua sobre expansión foliar

Las plantas responden al déficit hídrico con cambios morfológicos y fisiológicos que le permiten disminuir la pérdida de agua y al mismo tiempo mejorar el consumo de la misma (Passioura, citado por Colabelli et al., 1998). El déficit hídrico afecta de manera negativa la expansión del área foliar (Colabelli et al., 1998).

Por lo general, la elongación celular es más afectada por el déficit hídrico que la división celular (Turner y Begg, citados por Colabelli et al., 1998). Esto se traduce en la reducción de la tasa de elongación foliar, determinando un menor tamaño de las hojas en pasturas con carencias hídricas en comparación con pasturas que no han sufrido dichas carencias (Colabelli et al., 1998).

Además en condiciones de deficiencia hídrica se ha observado una reducción de la tasa de macollaje y del número de hojas vivas por macollos, junto a un incremento de los procesos de senescencias de hojas y macollos (Turner y Begg, citados por Colabelli et al., 1998). Por lo tanto la vida media foliar tiende a ser más corta y las pasturas menos densas.

El déficit hídrico sobre las variables morfogénicas a nivel de macollo y variables estructurales de las pasturas, determina fuerte incidencia sobre el desarrollo del IAF. Por consiguiente, una parte importante de la reducción de la tasa de crecimiento de una pastura, puede ser explicada a partir de la menor cantidad de energía lumínica interceptada por pasturas con carencia de agua en comparación con pasturas sin limitantes (Colabelli et al., 1998).

En estas condiciones se produce un aumento de la relación raíz-parte aérea (Gales, citado por Colabelli et al., 1998). Esto ocurre dado a que el déficit hídrico reduce el crecimiento aéreo con anticipación a la manifestación de reducciones en la capacidad fotosintética de las hojas (Turner y Begg, citados por Colabelli et al., 1998).

En general, en respuestas de la sequía las especies presentan mayor crecimiento en profundidad de las raíces. Según Gales, citado por Colabelli et al. (1998), en raigrás perenne el crecimiento radical en estratos superiores con déficit hídrico se ve significativamente reducido. Dado a que los estratos superiores del suelo son los primeros en secarse, y que en ellos se encuentra la mayor proporción de nutrientes, las reducciones detectadas de crecimiento aéreo frente a condiciones de sequía pueden deberse tanto a un efecto directo de la misma, como a deficiencias de nutrición mineral, ya que al estar seco el horizonte más fértil los nutrientes no están disponibles (Jones, citado por Colabelli et al., 1998).

2.4.5.4 Efecto de la defoliación

El rebrote de las plantas es un proceso que en primera instancia se encuentra bajo control genético. Por lo tanto el manejo de la defoliación debe estar subordinado a los límites impuestos por características morfogénicas de las plantas (Colabelli et al., 1998)

El crecimiento y desarrollo foliar están íntimamente ligadas con la adaptación de las especies a la defoliación. Por un lado determinan la regeneración del área foliar, que es la vía más rápida de recuperación, y por otro definen la cantidad de yemas que potencialmente pueden desarrollar macollos, componentes principales de crecimiento y de la persistencia de la pastura gramíneas (Colabelli et al., 1998)

2.4.6 Efecto del enmalezamiento sobre la pastura

Por definición mala hierba, hace referencia a la “*planta que crece siempre o de forma predominante en situaciones marcadamente alteradas por el hombre y que resulta no deseable por él en un lugar o momento determinado*” (Pujadas y Hernández, citados por García y Fernández, 1991). Son plantas capaces de invadir nuevos hábitats, de persistir en ellos a pesar de las alteraciones introducidas por el hombre y de competir de forma ventajosa con las plantas cultivadas (García y Fernández, 1991).

Según Carámbula (2003), la presencia de malezas y otras especies indeseables, no solo afecta la producción de forraje de las especies de la mezcla, sino que además reduce el valor nutritivo del mismo.

La convivencia multiespecífica en distintos ambientes determina la existencia de interacciones entre las plantas asociadas, las cuales han sido denominadas como interferencias. En el caso de las asociaciones cultivo-maleza las interferencias negativas son las responsables en gran medida de las pérdidas de rendimiento (Fernández, 1996).

Interferencia es el conjunto de interacciones que la presencia de una planta determina en el ambiente de otra, cuando coinciden en el tiempo y en el espacio. Estas interacciones pueden ser beneficiosas o perjudiciales para una de ellas. La competencia es un tipo de interferencia negativa, diferentes a la alelopatía y parasitismo (también ellas interferencias negativas). Es la captura de recursos limitados por un individuo a expensas de otro, resultando en efectos perjudiciales mutuos y recíprocos en las plantas intervinientes y es consecuencia de la habilidad diferencial de esas plantas para capturar los recursos (Fernández, 1996).

En la determinación de este fenómeno interactúan distintos factores del ambiente como luz, nutrientes y agua. Para el caso de la luz la competencia no está relacionada a la disponibilidad del recurso. Siempre que exista sombreado de las hojas superiores sobre las inferiores estas últimas sufren la competencia de las que están por encima. Por tal motivo los factores determinantes de la competencia son la arquitectura de la plantas (altura y disposición de la hojas), velocidad de crecimiento inicial y hábito de crecimiento. Se torna un factor importante de competencias, cuando existen malezas de crecimiento rápido y porte más elevado que la pastura (Fernández, 1996).

En cuanto a la competencia por nutrientes la mayor habilidad competitiva de las malezas se asocia a características radiculares (densidad y distribución, actividad y velocidad de crecimiento) y a los consumos elevados que realiza confiriéndole ciertas ventajas (Fernández, 1996). Para el caso del agua, cuando esta es limitante las malezas suelen ejercer importante competencia por este factor. También en este caso las características del sistema radicular son determinantes de la capacidad competitiva y fundamentalmente las relacionadas a la velocidad de desarrollo del sistema radicular. La competencia comienza cuando el sistema radicular de una planta invade el volumen de suelo ocupado por su vecina (Fernández, 1996).

Las condiciones ambientales como temperatura, y estructura de suelo son factores por los cuales no se produce competencia, pero pueden incidir en el crecimiento de las plantas, al punto de alterar la capacidad competitiva de las mismas (Fernández, 1996).

Otros aspectos del éxito de las malezas en diferentes ambientes incluyen la mayor eficiencia de producción de materia seca, la rápida y eficiente absorción del agua a través del sistema radicular, alta eficiencia en el uso del agua y la plasticidad morfológica y fisiológica en relación a cambios ambientales (Rodríguez, 1988).

Unos de los aspectos más importantes es la diferenciación de las plantas en C3 y C4, donde estas últimas generalmente tienen tasas de fotosíntesis neta más elevadas que las C3, esto se debe a que la enzima que inicia la fijación de CO₂ tiene una mayor afinidad por dicho gas que la enzima de ciclo C3. Debido a las diferencias anatómicas que existen entre ambas especies, la vía C4 tienen la posibilidad de concentrar CO₂ en células del mesófilo, pudiendo mantener altas tasas de fotosíntesis aun cuando los estomas se encuentren prácticamente cerrados o cuando la concentración de CO₂ en el aire es baja. A su vez, dada esta alta concentración de CO₂ interna la fotorrespiración disminuye sustancialmente, tornándose en un mejor balance neto fotosintético a favor de las C4 (Rodríguez, 1988).

En ambientes caracterizados por estrés hídrico y elevadas temperaturas, probablemente la mayoría de las malezas de verano pertenecerán al grupo C4, mientras que las de invierno pertenecerán al ciclo C3. Respecto a la eficiencia de absorción y uso del agua se destaca el comportamiento de las C4 dado a que presentan mayor desarrollo del sistema radicular y una mayor cantidad de materia seca producida por unidad de agua perdida por transpiración. De esta manera las plantas C4 son más productivas que las C3 en momentos de déficit hídrico (Rodríguez, 1988).

Desde el punto de vista de la plasticidad, las especies cultivadas al estar sujetas a un intenso proceso de mejoramiento, han perdido flexibilidad morfológica y fisiológica para responder a variaciones ambientales (Rodríguez, 1988).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 CONDICIONES EXPERIMENTALES GENERALES

3.1.1 Lugar y período experimental

El presente trabajo se realizó en la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” (Facultad de Agronomía, Universidad de la República; Paysandú, Uruguay) ubicada al este sobre la ruta nacional No. 3, Km 363. El mismo se llevó a cabo en el período comprendido entre el 19/01/2009 al 28/05/2009.

3.1.2 Descripción del sitio experimental

El experimento se localizó en el potrero número 34 sobre la latitud 32°22'30.93"S y longitud 58°3'47.08"O.

Según la Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay (escala 1: 1.000.000), el área experimental se encuentra sobre la Unidad San Manuel, perteneciente a la formación geológica Fray Bentos. Como suelos dominantes presenta Brunosoles Éutricos Típicos (Háplicos), superficiales a moderadamente profundos de textura limo-arcilloso (limosa). Como suelos asociados se encuentran Brunosoles Éutricos Lúvicos, de textura limosa y Solonetz Solodizados Melánicos de textura franca.

3.1.3 Antecedentes del área experimental

La mezcla sobre la que se trabajó fue sembrada el 15 de junio del año 2008, sobre un rastrojo de sorgo con barbecho de treinta días, ya que el 15 de mayo del mismo año se le aplicó una dosis de glifosato de 4 l/ha (360g de ingrediente activo).

Las densidades de siembra que se utilizaron fueron 23 kg/ha de *Agropyron elongatum* cv Rayo INTA, 15 kg/ha de *Lolium perenne* cv Horizont, 8 kg/ha de *Lotus corniculatus* cv San Gabriel y 2 kg/ha de *Trifolium repens* cv Zapicán. Se agregaron también 100 kg/ha de fosfato de amonio (18-46-0) a la siembra, y se

refertilizó con 100 kg/ha de urea a mediados de setiembre luego del primer pastoreo, en ambos casos al voleo.

El método de siembra empleado para las leguminosas fue al voleo, en cambio para las gramíneas se utilizó la siembra directa de forma cruzada, de tal forma que el surco de ambas especies se crucen para lograr una mejor distribución espacial. La emergencia de plántulas ocurrió aproximadamente a los 15 días posteriores a la siembra.

3.1.4 Tratamientos

Los tratamientos consistieron en dos frecuencias de pastoreos diferentes, de 37 y 52 días, con seis repeticiones cada uno. Para los mismos se utilizaron novillos holando de 2 años, con un peso individual promedio inicial de 300 kg, alcanzando a partir del segundo pastoreo los 320 kg de PV en promedio. La asignación de forraje durante los pastoreos en promedio fue de 3,5%. El tiempo de ocupación de los animales durante cada pastoreo fue en promedio seis días.

El método de pastoreo fue rotativo con períodos de descanso de 37(Tratamiento 1) y 52(Tratamiento 2) días para los respectivos tratamientos.

3.1.5 Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue el de bloques completos generalizados.

El área experimental abarcó un total de 4,6 hás, la cual se divide en tres bloques de 1,97 (B1), 1,52(B2) y 1,07(B3) has, y a su vez éstos se subdividen en cuatro parcelas iguales, obteniendo un total de 12 parcelas, las que se definen como unidad experimental.

3.2 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.2.1 Variables determinadas

Las variables a través de las cuales se determinó la respuesta de la pastura a diferentes frecuencias de pastoreo, son las siguientes: disponibilidad de MS, remanente de MS, altura del disponible y del remanente, forraje desaparecido, porcentaje de utilización, crecimiento en altura, composición botánica tanto del disponible como del remanente, producción de forraje y tasa de crecimiento; a su vez se determinaron características morfogénicas del agropiro en particular, como son: tasa de elongación foliar, tasa de senescencia foliar, tasa de aparición de hojas, número medio de hojas por macollo, tamaño medio de lámina, tamaño final de lámina, peso específico de la lámina, número de macollos por m² y la relación parte aérea-raíz.

3.2.1.1 Disponibilidad y remanente de materia seca

La disponibilidad de materia seca (kg/ha) se define como la cantidad de materia seca en la parcela antes de comenzar el pastoreo. Ésta contabiliza la cantidad de forraje acumulado hasta el comienzo del pastoreo.

En cambio el remanente es la cantidad de materia seca (kg/ha) que queda en la parcela luego de terminado el mismo.

El método de medición empleado para la determinación de la disponibilidad y el remanente fue el doble muestreo (Haydock y Shaw, 1975). El mismo consistió en determinar por apreciación visual una escala de 5 puntos según la heterogeneidad de dicha pastura. Se tomaron tres repeticiones de cada punto, en las cuales se realizaron tres mediciones de altura en cm en forma diagonal dentro de un rectángulo de 50 por 20 cm en el punto más alto de la pastura que toca la regla. Una vez realizado esto, se tomaron dichas mediciones como referencia, y se recorrió el área en forma de zig-zag, depositándose cada 20 pasos el cuadro asignándose la escala que mejor corresponda y hacer las mediciones de alturas correspondientes. Dicho procedimiento fue repetido 25 veces para obtener un punto de escala y una altura promedio de cada parcela. Finalmente se procedió al corte del forraje de referencia enmarcado por el rectángulo con tijera de aro a 1 cm de altura desde el suelo, de manera tal de tener tres repeticiones de cada punto de escala.

Posteriormente se pesaron las muestras para obtener el peso fresco de las mismas tanto para el disponible como para el remanente, luego se secaron en estufa durante 48 horas a 60°C, y se determinó su peso seco.

Una vez que se obtuvo el contenido de materia seca de la pastura se procedió al cálculo de la disponibilidad de forraje por hectárea. Con los datos obtenidos para cada punto de la escala y su correspondiente disponibilidad de forraje se ajustó la ecuación de regresión, entre altura en cm y kg de MS/ha, y entre valor de escala y kg de MS/ha, tomando la variable (altura o escala) que tenía mayor asociación con la disponibilidad. Con la función obtenida se procedió al cálculo de la disponibilidad de forraje por hectárea, utilizándose los promedios de escala y altura de cada parcela, sustituyéndolos en la función por la incógnita. El mismo procedimiento se llevó a cabo para la estimación del remanente.

3.2.1.2 Altura del forraje disponible y del remanente

La altura del forraje disponible hace referencia a la altura promedio en cm del forraje en la parcela antes del ingreso de los animales, mientras que la altura del forraje del remanente hace referencia a la altura promedio en cm del forraje en la parcela una vez culminado el pastoreo.

La determinación de las alturas se realizó de la forma explicada en el ítem anterior.

3.2.1.3 Forraje desaparecido

Se define como la cantidad de materia seca desaparecida durante el pastoreo. Se calculó como la diferencia de los kg de materia seca disponible y el remanente.

3.2.1.4 Porcentaje de utilización

Es la cantidad de forraje que desapareció en el proceso del pastoreo en relación al disponible. Se calcula como la relación entre el forraje desaparecido y el que había antes del pastoreo, expresado en porcentaje

3.2.1.5 Crecimiento en altura

Se define como la altura promedio en cm de la pastura en la parcela durante el período entre pastoreos. Se calculó como la diferencia entre la altura promedio del disponible al momento del ingreso de los animales y la altura promedio del remanente del pastoreo anterior.

3.2.1.6 Forraje producido

Es la cantidad de materia seca total producida por hectárea del componente pastura y maleza. Se determina mediante la sumatoria de los productos entre la tasa de crecimiento por los días de descanso y los días de pastoreo.

3.2.1.7 Tasa de crecimiento

Es la cantidad de materia seca que se produce por día (kg/ha/día) durante el período libre de animales entre pastoreos. Se calculó como la diferencia entre la cantidad de materia seca del disponible al momento del ingreso de los animales y la cantidad de materia seca del remanente del pastoreo anterior, dividido los días de crecimiento de la pastura libre de animales entre pastoreos.

3.2.1.8 Composición botánica del disponible y del remanente

Hace referencia al aporte porcentual de biomasa de las diferentes especies, sembradas, no sembradas y malezas en general, en el momento del muestreo, tanto en el disponible antes del ingreso de los animales como en el remanente una vez finalizado el mismo.

Para el diagnóstico de la composición botánica de la pastura se utilizó el método Botanal Modificado (Tothill et al., 1978), con el propósito de determinar las especies o grupos de especies encontradas y la contribución de las mismas.

En este caso, al mismo tiempo que se determinaba la escala y altura dentro del cuadro, se estimaba visualmente el volumen verde aportado por cada especie y/o grupo, en porcentaje. En primer lugar se determinó el porcentaje de suelo desnudo, luego se estableció por separado el aporte en volumen de

restos secos y material verde, y por último lo que represento cada especie en el porcentaje antes determinado como material verde.

Los datos obtenidos de porcentaje se aplicaron tanto al disponible como al remanente para determinar el aporte en kg MS/ha de cada componente.

3.2.1.9 Relación parte aérea-raíz

Esta relación es indicativo de la adaptación al estrés hídrico que tiene una determinada especie.

Consiste en cuantificar en kg de materia seca la biomasa aérea de la planta en relación a la biomasa radicular de determinadas especies, en este caso *Agropyron elongatum* y *Lolium perenne*.

Para determinar esta variable se obtuvieron panes de tierra similares a cubos con una pala de 20 cm de ancho y 20 cm de profundidad, de forma de extraer plantas con la menor pérdida posible de material radicular. Las muestras extraídas fueron dos por parcela, sumando un total de 24 muestras. Esto se realizó dos veces durante el período en estudio, 23/3 y 30/5.

Una vez obtenida las muestras, se las lavó para eliminar la tierra y otros restos, consiguiendo una planta entera y limpia. Se discriminó por especie, en cada parcela, para comenzar con el conteo de macollas por planta. Luego se las dividió en parte aérea, y raíz. A su vez se subdividió en pseudotallo, lámina expandida entera, lámina expandida no entera, lámina no expandida entera, lámina no expandida no entera, restos secos y raíces. Se midió la longitud de las láminas y se determinó el peso fresco de los componentes. Finalmente se colocaron las muestras en una estufa a 60°C durante 48 horas, para luego determinar el peso seco de las diferentes fracciones.

A su vez en cada parcela se marcaron dos transectas perpendiculares a las líneas de *Agropyron enlogatum*, de forma que abarque al menos cinco líneas. Una vez fijadas las transectas, dentro de las mismas se seleccionó una macolla por planta de un total de 5 plantas por transecta, marcándolas con anillos de cable de colores para realizar su seguimiento.

Las mediciones se efectuaron en el período comprendido entre el 24 de marzo hasta el 25 de abril para ambos tratamientos. En promedio se realizaron cinco mediciones por transecta en dicho período, permitiendo hacer el seguimiento de la evolución de cada macolla.

Las mediciones consistieron en determinar el número inicial de hojas de las macollas, determinando el estado de desarrollo de las mismas, es decir si son hojas expandidas, en expansión, entera, defoliada, con senescencia o totalmente senescente para luego medir su longitud.

3.2.1.10 Tasa de aparición de hojas

Es el intervalo entre la aparición de dos hojas sucesivas en un macollo, dicho intervalo puede ser expresado en días. Sin embargo debido a su estrecha relación con la temperatura, puede ser calculado como una suma térmica (expresado como la sumatoria de las temperaturas medias diarias entre la aparición de dos hojas sucesivas), denominándose como filocrón, siendo su unidad °C días (Colabelli et al., 1998).

A partir de las mediciones realizadas sobre los macollos marcados en las transectas antes mencionadas, se estima el filocrón considerando el número de hojas aparecidas y los grados días acumulados durante el período evaluado. A partir de la ecuación de regresión obtenida en base a estas dos últimas variables, se calcula el inverso del coeficiente "b", correspondiendo este valor a los grados días necesarios para la aparición de una nueva hoja.

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

3.2.1.11 Número promedio de hojas vivas por macollo

Se obtuvo a partir del registro de hojas vivas que presenta cada macollo.

3.2.1.12 Tasa de elongación foliar

Hace referencia al incremento en longitud de lámina verde en un intervalo de tiempo o 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.

3.2.1.13 Vida media foliar

Es el intervalo entre la aparición de una hoja y el comienzo de la senescencia. Puede ser expresada como número de intervalo de aparición de hojas. Las hojas tienen una vida limitada, siendo esta una característica relativamente estable para cada genotipo. Luego de crecer cada hoja comienza a senescer y muere (Colabelli et al., 1998).

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).

3.2.1.14 Número de macollos por m²

Cabe señalar que el macollo es la unidad morfofisiológica de la gramínea. Cada macollo está formado por repeticiones de unidades similares denominadas fitómeros, diferenciados a partir del meristema apical.

El fitómero consiste de una hoja, nudo, entrenudo, meristema axilar e intercalar, el número y longitud de los mismos determinan variaciones en macollos individuales, y su arreglo espacial la estructura de una planta (Colabelli et al., 1998).

La densidad de macollos en una pastura es el balance entre la cantidad de macollos que aparecen y la cantidad que mueren (Colabelli et al., 1998).

El método empleado para determinar dicha variable fue explicado en el ítem de relación parte aérea-raíz.

3.2.1.15 Tasa de senescencia foliar

Las hojas tienen un ciclo de vida limitado, es decir, luego de su crecimiento, comienza la etapa de senescencia y mueren. Las gramíneas forrajeras tienen un número máximo de hojas vivas, que luego de llegado a ese valor, por cada hoja nueva que se produce, la hoja más vieja muere (Davies, citado por Colabelli et al., 1998).

Para su determinación se ingresaron datos extraídos a campo de la longitud de lámina verde en un determinado período, las mismas son registradas en una planilla Excel predeterminada. Con las mediciones sucesivas se estimaba automáticamente la tasa de senescencia. Las unidades en que se mide esta variable son $\text{mm}/^{\circ}\text{C}$.

3.2.1.16 Tamaño final de lámina

Esta variable hace referencia a la longitud final de una hoja promedio, medida en centímetros.

Para la determinación de la misma, se hicieron mediciones de la longitud total solo de las láminas verdes completamente expandidas enteras, considerando estas como aquellas que tienen la lígula expuesta, ya que cesa su crecimiento.

3.2.1.17 Tamaño medio de lámina

Esta variable hace referencia a la longitud final de una hoja promedio, medida en centímetros.

Para la determinación de la misma, se hicieron mediciones de la longitud total de las láminas verdes tanto de las completamente expandidas enteras como las en expansión enteras.

3.2.1.18 Peso específico de la lámina

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

3.2.2 Análisis estadístico

Las variables medidas se analizaron por medio del análisis de varianza, y en el caso de encontrarse diferencias significativas se realizó la prueba de Tukey para determinar la mínima diferencia significativa entre tratamientos. Los máximos y mínimos fueron calculados mediante la derivada primera de las funciones de respuesta.

Modelo estadístico

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\beta t) + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

- $i - 1$; 2 tratamientos
- $j - 1$; 2.....6 repeticiones
- Y_{ij} - es el valor del i -ésimo tratamiento, en la j -ésima repetición
- μ - media poblacional
- α_i - efecto del tratamiento "relativo" a los demás tratamientos en el experimento
- β_j - efecto bloque (B1; B2;B3)
- βt - efecto Bloque x Tratamiento
- ε_{ij} - error experimental entre U.E.

El modelo presenta los siguientes supuestos:

- El modelo es correcto y aditivo.
- A los errores experimentales: que los mismos son variables aleatorias, que ε tiene una distribución normal con media cero y tiene una varianza poblacional y que son independientes.

Hipótesis estadística

Ho: $T1 = T2$

Ha: $T1 \neq T2$

Ho: Las variables estudiadas son iguales para ambas frecuencias de pastoreo.

Ha: Existe diferencia entre frecuencia de pastoreo al menos para una de las variables.

La información se procesó mediante el paquete estadístico SAS. El mismo consta de un conjunto de programas que facilitan el cálculo de las distintas variables, a partir de la información generada en las mediciones realizadas durante el trabajo de campo.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 INFORMACION METEOROLÓGICA

En las siguientes figuras (No. 1 y No. 2) se presenta el registro de precipitaciones y temperaturas medias correspondientes al período en el que se llevó a cabo el experimento (enero-mayo 2009) y los promedios históricos (1961-1990) de dichos parámetros.

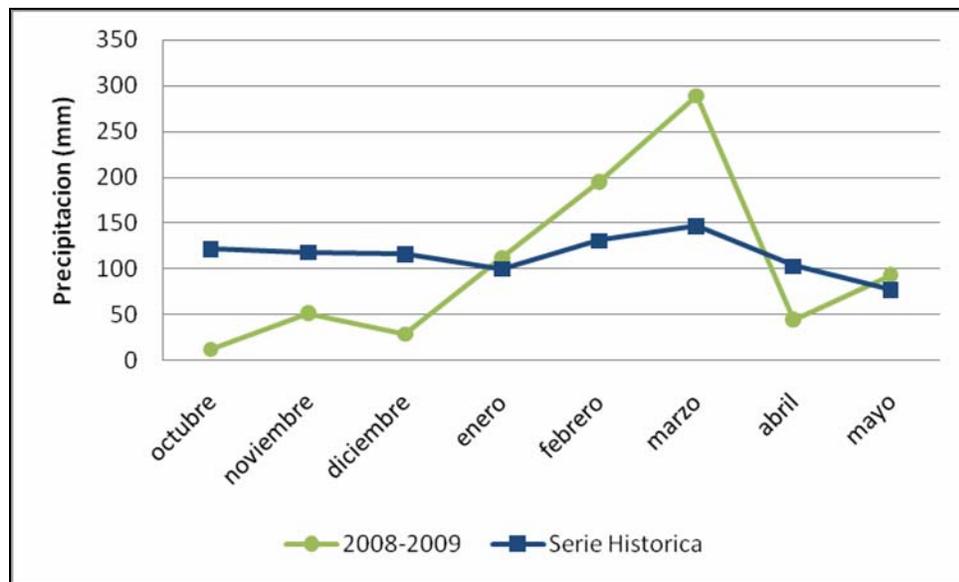


Figura No. 1: Registro de precipitaciones durante el experimento comparadas con la media histórica.

Como se observa en la figura 1 existen diferencias entre los promedios mensuales de la serie histórica con los del período experimental. Durante los tres meses previos al inicio del mismo las precipitaciones fueron mensualmente inferiores a la serie histórica en 87 mm en promedio. Sin embargo en los tres primeros meses (ene-feb-mar) se revierte la situación, estando mensualmente 76 mm en promedio por encima a la serie histórica, llegando a un máximo durante el mes de marzo, para luego descender hasta invertirse nuevamente la situación y estar 58 mm por debajo de la serie histórica en el mes abril, para finalmente igualarse en el último mes del experimento.

Considerando el déficit hídrico que sufre la pastura meses previos al experimento, y la sensibilidad a dicho estrés por parte de especies como raigrás perenne y trébol blanco (Carámbula, 2002), podemos afirmar que el crecimiento y persistencia de las mismas se vio afectado negativamente en dicho período, condicionando en cierto modo el comportamiento futuro de dichas especies. Sin embargo, como se verán posteriormente, especies mejor adaptadas como agropiro y *Lotus corniculatus* de mejor tolerancia al estrés, fueron afectadas, pero en menor magnitud para el caso de la gramínea.

Con respecto al período en estudio, las precipitaciones superaron a la serie histórica, exceptuando el mes de abril.

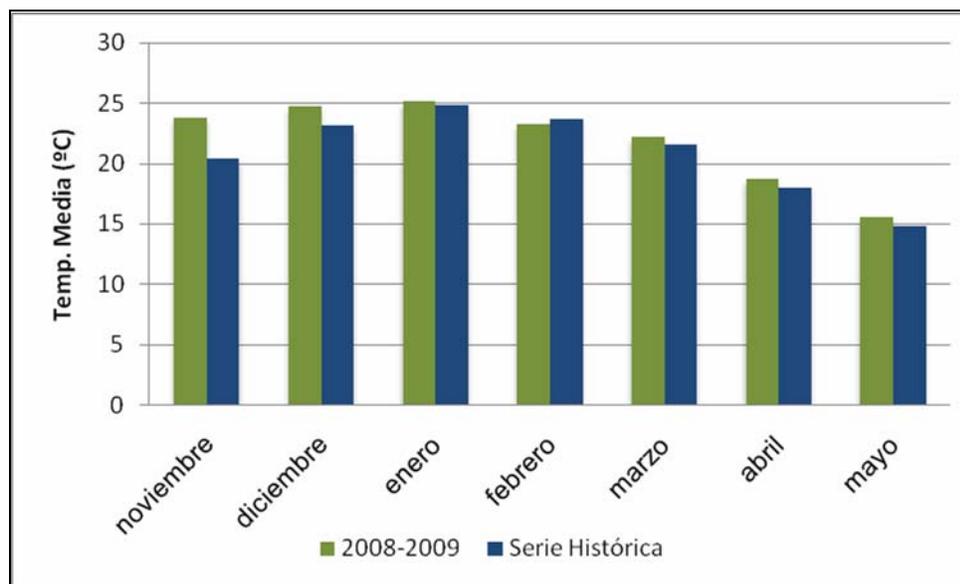


Figura No. 2: Registro de temperaturas medias durante el experimento comparadas con la media histórica.

Como se observa en la figura 2 las temperaturas medias estuvieron siempre por encima de la serie histórica, con un rango entre 3,4 y 0,3 °C, promediando aproximadamente 1 °C, a excepción del mes de febrero, en el cual la temperatura registrada fue de 0,4 °C menor a la serie histórica.

Si se considera según Carámbula (1977), que las temperaturas necesarias para un buen desarrollo de las especies con metabolismo C3 como *Lolium perenne*, *Trifolium repens*, *Lotus corniculatus* y *Agropyron elongatum*, van de 15 a 20 °C, se puede decir que entre los meses de noviembre y marzo las

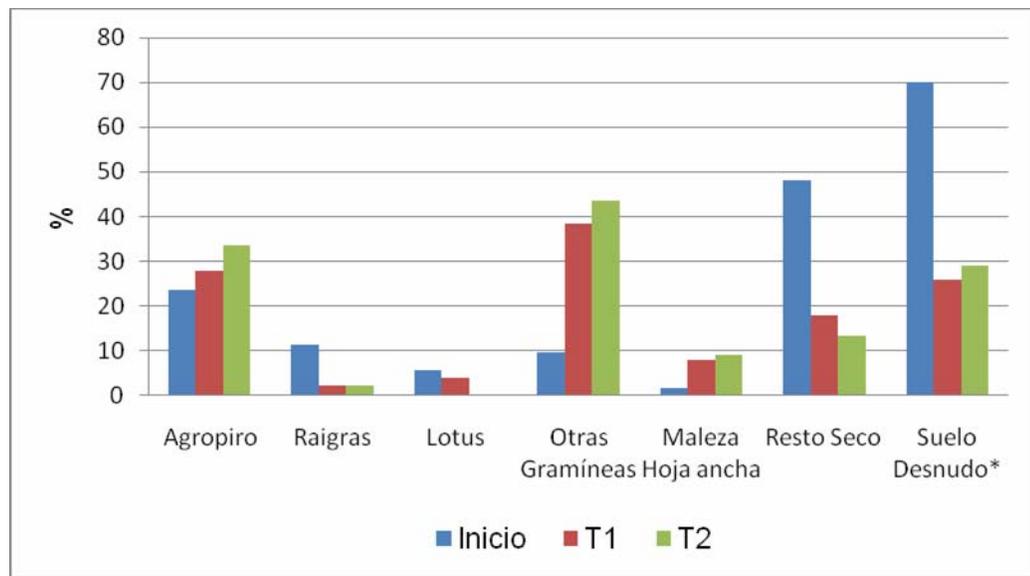
temperaturas medias superaron a las necesarias para el crecimiento, pudiendo ser perjudiciales para el crecimiento de estas especies.

Teniendo en cuenta la información meteorológica presentada durante meses previos al experimento y durante el mismo, se asume que ambas variables observadas, la precipitación y la temperatura fueron limitantes del buen crecimiento de la mezcla, afectando así su producción de materia seca.

4.2 PRODUCCIÓN DE FORRAJE

4.2.1 Composición botánica del disponible

En las siguientes figuras y cuadros se presenta la composición botánica del disponible por un lado y del remanente por otro y su evolución durante el experimento.



*S. Desnudo: No forma parte del 100% de la composición botánica

Figura No. 3: Composición botánica del disponible según frecuencia de pastoreo (como porcentaje del total de materia seca disponible).

La figura 3 muestra la proporción promedio en que se encuentra cada especie al comenzar el experimento, en el tratamiento de menor frecuencia por un lado y de mayor frecuencia por otro, además de la proporción de suelo desnudo para cada caso.

Según el gráfico anterior se comienza el experimento con importante porcentaje de suelo desnudo, 70%. Esta tendencia se revierte en cada uno de los tratamientos, siendo de 26% para el tratamiento más frecuente y 29 % para el menos frecuente, pero esta diferencia no alcanza a ser estadísticamente significativa (cuadro 1).

En primer lugar, para poder explicar la gran diferencia agronómica observada en suelo desnudo al inicio y durante el experimento, se debe tener en cuenta que se trabajó con especies templadas, que poseen un rango de temperatura óptimo de crecimiento que va desde 15-20 °C, registrándose temperaturas medias durante el período en torno a los 25 °C. Otra de las razones por las cuales se da esta diferencia son las precipitaciones previas al inicio por debajo de la media histórica. Esto concuerda con Colabelli et al. (1998) que el déficit hídrico afecta negativamente la expansión de área foliar mediante cambios morfológicos y fisiológicos. Los mismos le permiten a la planta en una primera etapa disminuir la pérdida de agua y mejorar el consumo de la misma. A su vez afecta la elongación celular, determinando menor tamaño de hojas. Sin embargo si el déficit se prolonga puede provocar la muerte progresiva de órganos de plantas o la muerte total. Esta situación se vio reflejada en la pastura, ya que se observó una distribución heterogénea de las plantas, espacios vacíos, presencia de malezas en desarrollo y tamaño disminuido de las especies sembradas.

Los restos secos tienen igual comportamiento que suelo desnudo. Existe una importante presencia al inicio del experimento con valores cercanos al 50%, disminuyendo considerablemente durante los tratamientos a valores por debajo del 20%, no existiendo diferencias significativas entre los restos producidos en ambos tratamientos. Se debe considerar que el déficit hídrico según Turner y Begg, citados por Colabelli et al. (1998), produce una reducción de la tasa de macollaje y del número de hojas vivas por macollo junto a un incremento de los procesos de senescencia de hojas y macollos, por lo tanto la vida media foliar tiende a ser más corta y las pasturas menos densas, lo que coincide con lo observado en nuestro caso.

Cuadro No. 1: Composición botánica en kg MS/ha del disponible según frecuencia de pastoreo.

Trat	Componentes						
	Kg MS/ha						%
	Agropiro	Raigrás	Lotus	O. Gramíneas	M. Hoja ancha	Resto Seco	S. Desnudo *
T1	363 a	36 a	77 a	532 b	131 b	213 a	26 a
T2	363 a	19 a	3 a	1303 a	237 a	161 a	29 a

Letras diferentes presentan diferencias estadísticamente significativas (P < 0,05)

En el cuadro 1 se observa el mayor aporte de materia seca por parte del componente malezas, en el cual se destaca la producción de gramíneas no sembradas, sin embargo los componentes de la mezcla utilizada se encuentran en menor proporción. En este sentido Carámbula (2004) cita que el manejo del pastoreo puede hacer variar las proporciones de las diferentes especies en la composición botánica viéndose favorecidas las de hábito erecto o postradas, según la intensidad con que se produzca la defoliación.

El componente malezas, ya sea de hoja ancha u otras gramíneas, son los únicos que presentan diferencias significativas entre tratamientos, observándose mayor proporción en el tratamiento de menor frecuencia de pastoreo. Este comportamiento es consecuencia principalmente de las condiciones ambientales predominantes previo y durante el experimento. Como ya se mencionó, la pastura sufre un gran estrés hídrico previo al inicio del experimento, si bien durante el mismo se registran precipitaciones por encima de la media histórica, pero concentradas en pocos días del mes de febrero y marzo, las altas temperaturas provocaron una depresión del crecimiento de las especies sembradas reduciendo su capacidad de competencia frente a las malezas.

Las condiciones ambientales dadas, el porcentaje de suelo desnudo y el estado de la pastura, concuerdan con los resultados obtenidos, y el gran enmalezamiento observado. Como afirma García y Fernández (1991), las malezas son plantas capaces de invadir nuevos hábitats, de soportar alteraciones del ambiente y competir en forma ventajosa con las especies cultivadas.

Para el caso en particular donde existe déficit hídrico, según Fernández (1996), las malezas suelen ejercer importante competencia dadas las características de su sistema radicular, densidad, distribución y principalmente

las vinculadas a su velocidad de desarrollo, características que le confieren además mayor competitividad a la hora de competir por nutrientes.

El enmalezamiento también interfiere negativamente en la competencia por luz, tornándose importante cuando existen malezas de crecimiento rápido y más elevado que la pastura (Fernández, 1996), como es el caso de las gramíneas anuales estivales como *Digitaria sanguinalis*, *Echinochloa colona* y *Setaria geniculata*, principales malezas encontradas en la pastura bajo estudio.

En la competencia por luz, la arquitectura de la planta, ya sea altura y disposición de las hojas, velocidad de crecimiento inicial y hábito de crecimiento, según Fernández (1996) toma un papel preponderante. En este caso las que predominan tienen en estado reproductivo tallo principal elongado, porte erecto, y altura mayor a la de la pastura lo cual provocó sombreado sobre las especies sembradas y por tanto competencia por luz, limitando la producción de la pastura. A su vez se debe considerar que estas malezas son especies de tipo C4, que presentan mayores ventajas competitivas frente a las especies sembradas de tipo C3 en dichas condiciones ambientales. Como hace mención Rodríguez (1988), el éxito de las malezas C4 radica en la mayor eficiencia de producción de materia seca, en la rápida y eficiente absorción de agua a través del sistema radicular, alta eficiencia en el uso del agua y en la plasticidad morfológica y fisiológica en relación a cambios ambientales, reafirmando una vez más la alta proporción encontrada de malezas.

En lo que respecta a la composición de las especies sembradas, como ya se mencionó no existen diferencias significativas entre tratamientos. La especie que se encuentra en mayor proporción según la figura 3 para las distintas situaciones (inicio, T1, T2), es el *Agropyron elongatum*, siendo 24, 28 y 33 % respectivamente. Esta mayor proporción se debe según Carámbula (2002), a que es una especie adaptada a condiciones ambientales muy restrictivas para la mayoría de las gramíneas sembradas.

Coinciden además con Castro y Ferrarotti (2008), en que soporta períodos de sequías, inundaciones y temperaturas extremas de invierno y verano. Este comportamiento puede ser explicado por el sistema radicular bien desarrollado y profundo (Asay y Knowles, citados por Navarro 2006, Pistorale et al. 2008, Castro y Ferrarotti 2008).

Sin embargo, los resultados obtenidos no concuerdan totalmente con lo citado por Castro y Ferrarotti (2008), ya que en nuestro caso no se determinó una mayor sensibilidad a la frecuencia de pastoreo para dicha especie. Lo que podría explicarse debido a que la situación ambiental en que se llevó a cabo el experimento fue excepcional provocando una alta competencia por parte de las

malezas hacia dicha especie durante su desarrollo, por otra parte se debe tener en cuenta que el período de evaluación fue menor (verano y otoño) y no anual como lo determinaron estos autores.

En *Lolium perenne* no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos. Como se observa en la figura 3 la proporción de este material disminuye, partiendo de un 11% para llegar a un 2% en ambos tratamientos. La escasa producción observada coincide con lo dicho por Carámbula (2002), donde establece que el comportamiento del raigrás perenne es muy pobre durante el verano, dada sus exigencias en humedad. Si bien el cultivar Horizont fue seleccionado por tolerancia a la sequía entre otras, se vio comprometido tanto su producción como persistencia debido al marcado estrés hídrico. García (2003), agrega además que a esta situación contribuirán las altas temperaturas, comportándose como una especie bianual desapareciendo prácticamente en el segundo año, como fue observado en el experimento donde hubo pérdidas de plantas, dejando espacios libres. En este caso se registraron temperaturas de hasta 25 °C promedio, a partir de las cuales se reduce su crecimiento según Carámbula (2003).

Es importante destacar que su sistema radicular denso se caracteriza por ser poco profundo, confiriéndole escasa tolerancia al déficit hídrico (Langer, 1981).

Lotus corniculatus fue la única leguminosa de la mezcla sembrada presente, dado que no se registró la presencia de trébol blanco. No presenta diferencias significativas entre tratamientos y es la especie que en menor proporción se encuentra en las distintas situaciones, siendo para el inicio, T1 y T2, 5, 4 y 0% respectivamente.

Como se observa en el cuadro 1, no existen diferencias estadísticamente significativas entre la materia seca disponible de lotus en ambos tratamientos, presentando un alto coeficiente de variación, 96 y 179 % para el T1 y T2 respectivamente, ya que se encontraba distribuido en manchones dentro de las diferentes parcelas.

A pesar de ser una especie perenne estival con producción primavera-estivo-otoñal (Zanoniani y Ducamp, 2004) y recomendada por su resistencia a la sequía y persistencia por Carámbula (1977), el déficit hídrico por el cual atravesó no le permitió alcanzar su potencial de producción, es más, se vio comprometida su persistencia observándose una distribución heterogénea del mismo en toda el área.

En este caso no muestra sensibilidad a la frecuencia de defoliación, esto no concuerda con lo expuesto por Smith y Nelson, citados por Langer (1981) donde ha demostrado que si el intervalo de pastoreo es muy reducido, se afecta

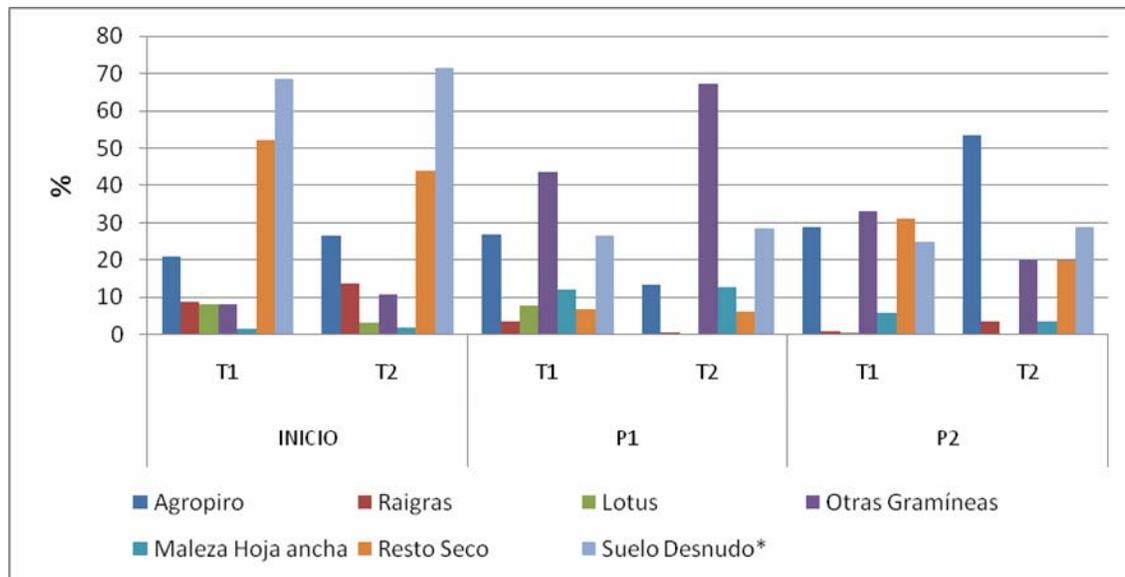
negativamente tanto la longevidad como su producción de forraje, y por otro lado con lo dicho por Formoso (1996), donde recomienda una frecuencia de pastoreo de 20 a 25 cm, superior a las manejadas en este experimento, con intensidad de 3 a 6 cm para invierno y verano respectivamente, denotando una vez más, su sensibilidad a la frecuencia de pastoreo. Se debe considerar que los datos fueron obtenidos a partir de una escasa biomasa, por lo cual estos resultados no serían consistentes.

Las condiciones climáticas dadas llevó a la desaparición total del trébol blanco, situación que era de esperar si consideramos lo dicho por Carámbula (2002), donde expresa que podría comportarse como anual, bienal, o de vida corta dependiendo de las condiciones del verano, sufriendo enormemente la falta de agua, provocando hasta la muerte de plantas.

Según García (1995b), la planta desarrolla inicialmente una raíz pivotante y un tallo principal, luego puede comportarse como perenne a través de la producción de estolones a partir de yemas axilares de las hojas más cercanas al suelo. Los mismos desarrollan raíces adventicias en sus nudos superficiales, en los primeros centímetros de suelo y la raíz principal muere entre el primer o segundo año. Por lo tanto se debe tener siempre en cuenta que la población de plantas que sobreviven el período estival esta en relación directa con la población de estolones, el número de nudos enraizados y la cantidad de puntos de crecimiento por estolones (Carámbula, 2002). En este caso debido a la intensidad del estrés hídrico meses previos y durante el experimento, probablemente se produjo tanto la muerte de la raíz principal, como también se pudo afectar la producción y supervivencia de estolones, registrándose pérdidas casi totales de plantas.

4.2.1.1 Evolución de la composición botánica del disponible

En la figura 4 se muestra en qué forma evoluciona cada componente durante el experimento.



*S. Desnudo: No forma parte del 100% de la composición botánica

Figura No. 4: Evolución de la composición botánica del disponible durante los pastoreos y según frecuencia de defoliación.

En primer lugar cabe señalar como ya fue destacada la importante proporción de suelo descubierto y restos secos al inicio, viéndose un importante descenso de los mismos durante los pastoreos posteriores. Las proporciones de estos componentes son similares para ambos tratamientos durante todo el período.

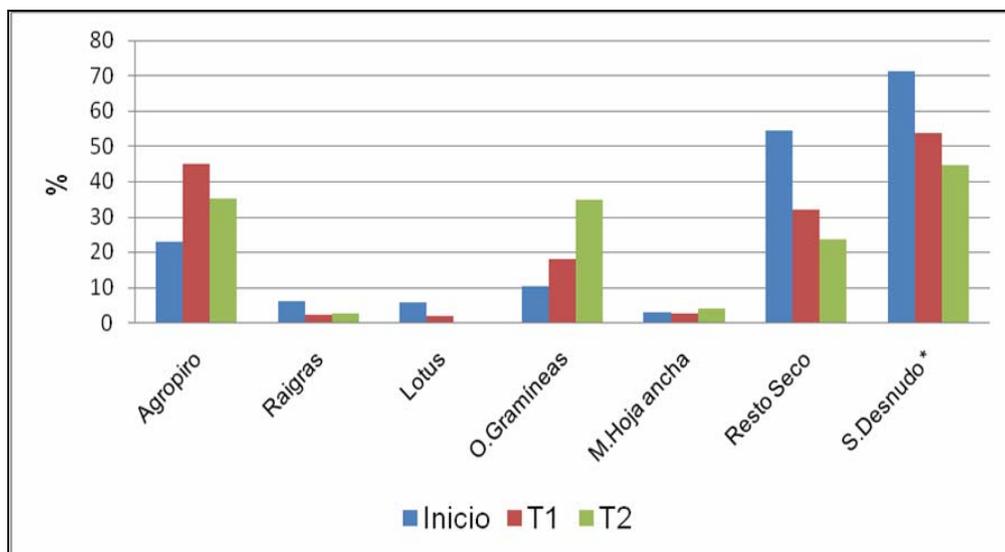
El comportamiento observado para el caso de las malezas de hoja ancha en general fue, al inicio baja presencia no superando el 10%, hacia el segundo pastoreo se constata un fuerte aumento, llegando a un máximo para luego descender hacia el último pastoreo. El componente otras gramíneas siempre fue mayor que el componente hoja ancha para todo el período y en ambos tratamientos, detectándose diferencias significativas de ambos componentes entre dichos tratamientos.

En lo que respecta a los componentes de la mezcla, se destaca el comportamiento del agropiro frente a las demás especies sembradas, observándose mayor proporción del mismo durante todo el experimento. Las proporciones encontradas en promedio entre ambos tratamientos para el inicio, pastoreo 1 y pastoreo 2 son de 24, 20 y 41% respectivamente. Esta diferencia observada que si bien es marcada, no es estadísticamente significativa entre los distintos momentos evaluados.

Para el caso del *Lotus corniculatus* y *Lolium perenne* las proporciones encontradas en promedio no superan el 10%. Al inicio se detecta una mayor presencia, disminuyendo a medida que transcurre el tiempo, no constatándose diferencias significativas entre tratamientos y pastoreos.

4.2.2 Composición botánica del remanente

El siguiente gráfico muestra las proporciones en que queda cada componente de la mezcla, las malezas, suelo desnudo y restos secos, una vez finalizado el pastoreo.



*S. Desnudo: No forma parte del 100% de la composición botánica

Figura No. 5: Composición botánica del remanente según frecuencia de pastoreo (como porcentaje del total de materia seca remanente).

Como se observa en el gráfico 5, el porcentaje de suelo desnudo y restos secos una vez finalizado cada pastoreo tienen igual comportamiento, tendiendo a disminuir desde que comienza, luego en el T1 y por último en el T2. Estas diferencias obtenidas, para ambas variables y entre los tratamientos son estadísticamente significativas siendo mayor para el T1.

En el cuadro No. 2 se muestra el aporte en kg de materia seca que realiza cada uno de los componentes antes mencionados y el porcentaje de suelo desnudo.

Cuadro No. 2: Composición botánica en kg MS/ha del remanente y porcentaje de suelo desnudo según frecuencia de pastoreo.

Trat.	Componentes						
	kg MS/ha						%
	Agropiro	Raigrás	Lotus	O. Gramíneas	M. Hoja ancha	Resto Seco	S. Desnudo *
T1	318 a	19 a	33 a	125 a	19 b	257 a	54 a
T2	254 b	20 a	3 a	333 a	33 a	204 b	45 b

Letras diferentes presentan diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$)

En el cuadro se aprecia que la superficie de suelo desnudo para ambos tratamientos es mayor que la encontrada para el disponible, el motivo fundamental es que al ser estimaciones visuales de área ocupada por biomasa, la remoción de este material permite apreciar con mayor facilidad el área descubierta.

La diferencia encontrada entre tratamientos es debida principalmente a la mayor producción de materia seca durante el tratamiento con un mayor descanso entre pastoreos, dejando así un mayor remanente, con gran aporte del componente malezas, dentro del cual existen diferencias significativas en el aporte del componente hoja ancha, que la disposición de sus hojas hace que ocupe con poca biomasa una mayor superficie de suelo.

En cuanto al componente resto seco, se mantiene la tendencia observada para el disponible, pero en este caso se determinan diferencias significativas, esto podría darse por un lado porque partimos en el disponible de T1 con mayor cantidad de restos secos y por otro que su remanente es menor, con plantas más pequeñas de menor área foliar, aisladas, y por tanto mayor porcentaje de suelo desnudo, lo cual llevaría a tener suelo a su alrededor más seco en los primeros centímetros, determinando una mayor retención de agua disponible. A

su vez según lo expresado por Blaser et al., citados por Carámbula (2004), la menor área foliar en esta época del año, estaría determinando una menor bomba de succión y por ende menor absorción de agua lo que sumado al estrés energético de rebrote provocaría una mayor mortandad de plantas o partes de la misma y por lo tanto un incremento en la cantidad de restos secos.

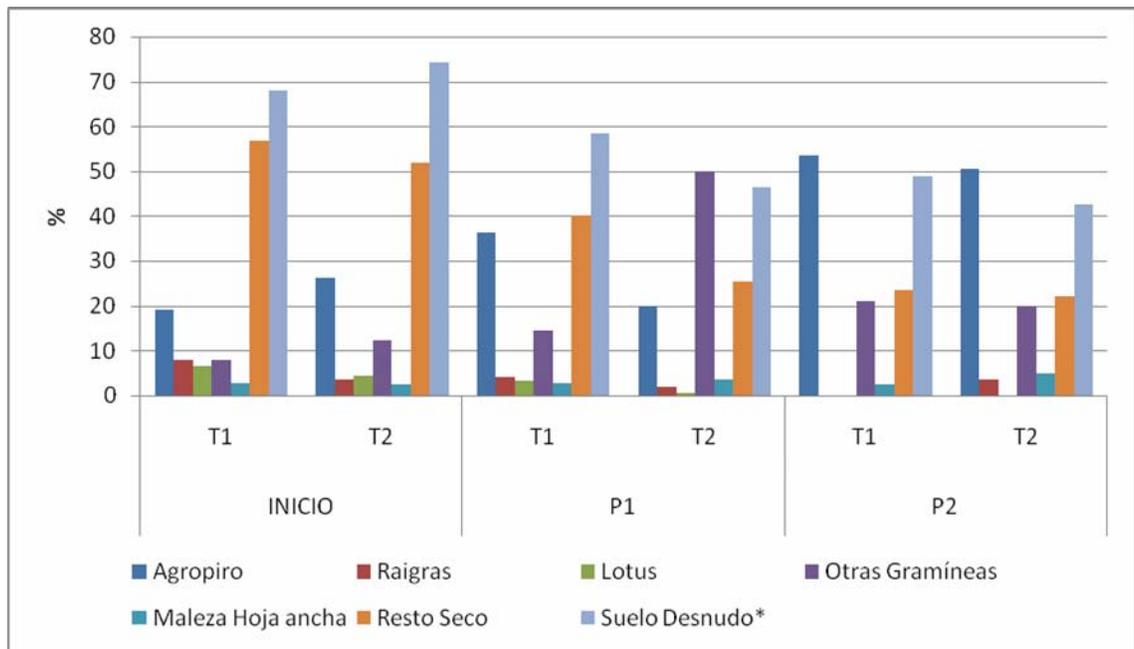
Para el componente otras gramíneas, no se determinaron diferencias significativas, sin embargo sí se registraron diferencias agronómicas a favor del T2, explicado en parte por una mayor disponibilidad al ingreso, y menor preferencia hacia ellas por parte de los animales.

Lo contrario ocurre con las malezas de hoja ancha, donde se detectaron diferencias significativas a favor del T2, esta situación podría explicarse debido a que en su mayoría eran de hábito postrado permitiendo el escape al diente del animal, sumado a la reducción de competencia por parte del resto de las especies, viéndose así favorecidas y aumentando su proporción.

Con respecto al agropiro existen diferencias significativas, donde el remanente es mayor para T1. Para poder comprender esta diferencia debemos tener en cuenta lo dicho por García (1995b), que establece que una misma cantidad de forraje se puede lograr con pasturas densas y bajas, o pasturas laxas y altas. Por lo tanto la diferencia encontrada se adjudica principalmente a que en el T1 se manejaron pasturas más bajas y más densas en los estratos inferiores que en T2., a lo que se suma la menor competencia ejercida por el enmalezamiento, llevando así a un mayor remanente de agropiro en el T1.

En cuanto al raigrás y lotus del remanente no existen diferencias significativas en el aporte de materia seca entre los tratamientos para ambas variables. Al igual que para el disponible ambos componentes se encuentran en menor proporción, siguiendo igual tendencia.

4.2.2.1 Evolución de la composición botánica del remanente



*S. Desnudo: No forma parte del 100% de la composición botánica

Figura No. 6: Evolución de la composición botánica del remanente según frecuencia de pastoreo. (como porcentaje del total de materia seca remanente).

En la evolución de la composición botánica del remanente como se muestra en la figura, tanto el suelo desnudo como restos secos son las variables que más sobresalen por su mayor proporción. Es claro que esto se da por el hecho de retirar biomasa con el pastoreo, y por la escasa densidad de la pastura.

A medida que transcurre el experimento el porcentaje de suelo desnudo y de restos secos disminuye, pero la diferencia entre pastoreo 1 y 2 no llegan a ser estadísticamente significativas.

Dentro de las malezas el componente que toma protagonismo es el de gramíneas que alcanzan su máximo en el primer pastoreo, al igual que en el disponible llegando a un 50% en el T2. Como se mencionó antes esto coincide con la ocurrencia de precipitaciones en los meses de febrero y marzo lo que estimuló la aparición de malezas hoja ancha y gramíneas estivales anuales de tipo C4 principalmente.

Como se observa en la figura anterior, con respecto al agropiro es el componente de la mezcla sembrada que en mayor proporción se encuentra durante el experimento. A medida que se llevan a cabo los pastoreos, el agropiro se ve favorecido, debido principalmente a la mejoría de las condiciones ambientales y a su mayor adaptación permitiéndole mejor sobrevivencia. Cabe señalar que su presencia es siempre mayor para el T1 que T2 durante los pastoreos, siendo unas de las causas el mayor control de la competencia ejercida por el enmalezamiento en el primero de los nombrados.

El lotus y raigrás comienzan con una muy baja presencia tendiendo a desaparecer en el transcurso del experimento, esto se hace más notorio para el caso del lotus, que en el último pastoreo desaparece totalmente en ambos tratamientos.

4.2.3 Disponibilidad y altura del forraje

A continuación se presenta la disponibilidad y altura promedio del forraje para cada tratamiento.

Cuadro No. 3: Efecto de la frecuencia de pastoreo sobre la cantidad de forraje disponible promedio.

Tratamiento	Disponibilidad (kg MS/ha)
T1	1652 b
T2	2545 a

Letras diferentes presentan diferencias estadísticamente significativas (P < 0,05)

Como se observa en el cuadro anterior existe diferencia significativa entre los tratamientos, teniendo una mayor disponibilidad de forraje cuando la pastura tiene mayor período de descanso entre pastoreos.

Los resultados encontrados concuerdan con lo dicho por Carámbula (2004), ya que cuanto mayor es la frecuencia de pastoreo, menor será el tiempo de crecimiento entre los mismos, y por tanto menor será la producción de forraje de cada uno de ellos.

Por otra parte los períodos requeridos de descanso para las pasturas en verano e invierno son el doble de los requeridos en otoño y primavera (Carámbula, 2004).

La menor disponibilidad observada en el primer tratamiento se explicaría en parte como fue citado por Langer (1981), a que el rebrote luego del pastoreo depende de la movilización de productos del metabolismo (reservas) desde el sistema radicular, el tallo, vaina foliar y bases de hojas, por consiguiente las plantas pastoreadas sin haber atravesado un período de descanso suficiente como para recuperar las reservas utilizadas, tendrán un rebrote más lento y por ende un menor rendimiento de forraje.

Conocer la altura del forraje nos permitirá en el orden práctico determinar la disponibilidad de forraje en un momento dado y condiciones definidas (García, 1995b), por tal motivo se presenta a continuación la altura promedio del disponible.

Cuadro No. 4: Efecto de la frecuencia de pastoreo sobre la altura promedio del forraje disponible.

Tratamiento	Altura (cm)
T1	8,9 b
T2	15,6 a

Letras diferentes presentan diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$)

Las alturas promedio de disponibilidades, presentaron diferencias significativas a favor del T2 (cuadro 4).

Con referencia a la relación entre la altura y la biomasa disponible, existió una correlación alta ajustando una regresión lineal (Anexo 1). Según la ecuación de regresión, cada unidad de incremento en altura equivaldría a 105 kg de materia seca a partir de un disponible de 811 kg MS/ha, lo cual coincide con Almada et al. (2007).

Para esta variable en particular se debe tener en cuenta el efecto pastoreo, que presenta diferencias significativas entre ambos tratamientos. A continuación se presentan dichos resultados.

Cuadro No. 5: Disponibilidad de materia seca según pastoreo.

Pastoreos	Disponibilidad (kg MS/ha)
P1	2562 a
P2	1635 b

Letras diferentes presentan diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$)

En el primer pastoreo, realizado entre el 26 de febrero al 2 de abril para los diferentes bloques y parcelas, se aprecia una mayor disponibilidad de materia seca que en el último pastoreo realizado entre el 17 de abril al 28 de mayo.

Es importante destacar que el período de pastoreo es muy amplio existiendo gran variabilidad ambiental durante el mismo. Esta diferencia puede deberse a un efecto ambiental, dado que durante los meses de febrero y marzo se registraron precipitaciones mayores al promedio histórico pero concentradas en pocos días (no pudiendo ser retenidas por el suelo), mientras que para el último pastoreo los registros fueron mínimos, no pudiendo así recuperarse en buena forma la pastura.

Como menciona Carámbula (2004), el pastoreo interacciona en forma compleja tanto con condiciones ambientales como con las especies que componen la pastura. Por eso en momentos de sequía el manejo de defoliación se vuelve un factor crítico.

4.2.4 Remanente y altura del forraje

Cuadro No. 6: Efecto de la frecuencia de pastoreo sobre la cantidad de forraje remanente.

Tratamiento	Remanente (kg MS/ha)
T1	751 a
T2	836 a

Letras diferentes presentan diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$)

Según el cuadro, no existen diferencias significativas entre los remanentes de los diferentes tratamientos. Lo contrario ocurre en el caso de las alturas del remanente donde la diferencia entre tratamientos es significativa.

Cuadro No. 7: Efecto de la frecuencia de pastoreo sobre la altura del forraje remanente.

Tratamiento	Altura (cm)
T1	5,6 b
T2	6,0 a

Letras diferentes presentan diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$)

La causa de esta diferencia a favor del T2 podría atribuirse a que el disponible en altura de T2 es mayor que el de T1 y que a su vez tiene predominancia de malezas de tipo gramíneas en estado reproductivo, con mayor altura de tallos, llevando a que el pastoreo se realice en el estrato superior y medio, logrando una profundidad de bocado tal que deja un remanente de mayor altura.

Según Galli et al., citados por Cangiano (1997), la profundidad del bocado es generalmente una fracción más o menos constante de la altura de la pastura, cercana al 50% de la altura de la planta, por tanto teniendo en cuenta la altura

de la pastura disponible (T1= 8,9 cm y T2= 15,6 cm), los resultados obtenidos en altura del remanente son esperables, ya que se aproximan al dato mencionado.

Al igual que el disponible, en la altura también existe efecto del pastoreo, dado a que la diferencia entre los remanentes en ambos pastoreos es significativa.

Cuadro No. 8: Cantidad de materia seca según pastoreo.

Pastoreos	Remanente (kg MS/ha)
P1	1024 a
P2	564 b

Letras diferentes presentan diferencias estadísticamente significativas (P < 0,05)

Como se observa en el cuadro anterior hay diferencias significativas entre pastoreos, dejando un mayor remanente para el caso del primer pastoreo. Las causas de estas diferencias también son de carácter ambiental, coincidiendo con las mencionadas en párrafos anteriores para el caso de la disponibilidad.

A su vez si consideramos que el disponible de materia seca era mayor en el P1 que en el P2, a igual número de animales y mismo período de pastoreo, los consumos serían semejantes. Por lo tanto en el pastoreo donde hubo mayor disponibilidad (P1) es esperable que se deje un mayor remanente como fue encontrado.

4.2.5 Forraje desaparecido

Con respecto al forraje desaparecido se obtuvieron diferencias significativas entre ambos tratamientos, siendo mayor para el tratamiento de menor frecuencia de pastoreo.

Cuadro No. 9: Forraje desaparecido según frecuencia de pastoreo.

Tratamiento	Forraje desaparecido	
	kg MS/ha	Porcentaje
T1	901 b	53 b
T2	1709 a	65 a

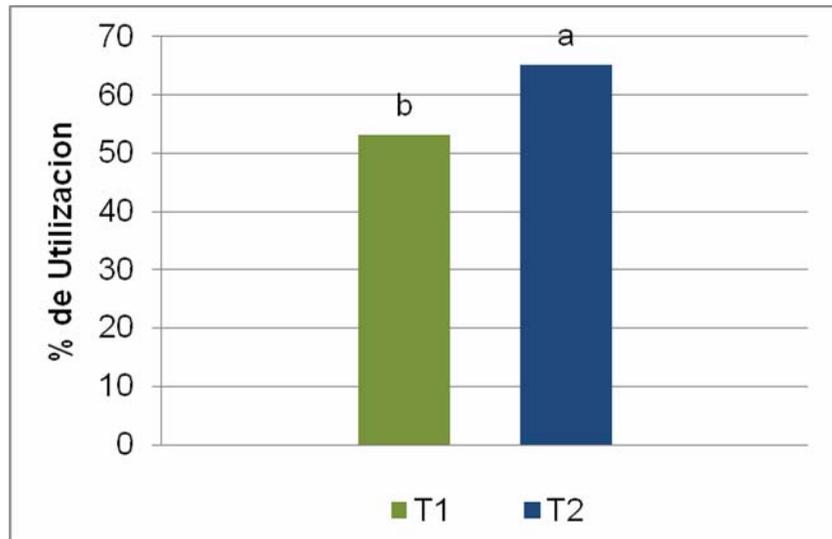
Letras diferentes presentan diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$)

Estas diferencias se deben principalmente a que en el tratamiento menos frecuente, se disponía de mayor cantidad de materia seca, por lo cual si se considera que el remanente es igual para ambos tratamientos, serían lógicos estos resultados. Además según Galli y Cangiano (1998), la estructura de la pastura en el lugar donde el animal toma el bocado determina el peso y las dimensiones del mismo, afectando directamente la tasa de consumo, y por ende el forraje desaparecido.

La diferencia observada en forraje desaparecido a favor del T2 puede deberse a la estructura de la pastura, más erecta y accesible (alta y laxa según García, 1995b) al animal y si bien con mayor presencia de tallos y vainas permitió un mayor consumo animal, determinando un mayor peso del material desaparecido para dicho tratamiento. En cambio el tapiz del tratamiento más frecuente, al tener menor período de crecimiento estaría compuesto por plantas de hábito más prostrado con una mayor proporción de láminas.

4.2.6 Porcentaje de utilización del forraje disponible

En cuanto al porcentaje de utilización de la pastura, como se observa en la figura 8, también existieron diferencias estadísticamente significativas a favor del tratamiento de menor frecuencia, equivalente a un 65% de utilización.



Letras diferentes presentan diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$)

Figura No. 7: Porcentaje de utilización según frecuencia de pastoreo.

Asumiendo para este caso que el disponible no es limitante y teniendo en cuenta que el porcentaje de utilización es la relación entre lo disponible y lo desaparecido expresado en porcentaje, la diferencia existente entre ambos tratamientos estaría explicada por características de la pastura tales como calidad y estructura, determinando un mayor porcentaje de utilización para el tratamiento con descanso más prolongado.

Como cita García y Fernández (1991), Cangiano (1997), la utilización de la pastura está íntimamente ligada al consumo animal y éste a su vez está directamente relacionado con la calidad de dicha pastura y las características estructurales. En este caso las principales características que determinan estas diferencias entre tratamientos son de tipo no nutricionales, como ser la altura y la densidad.

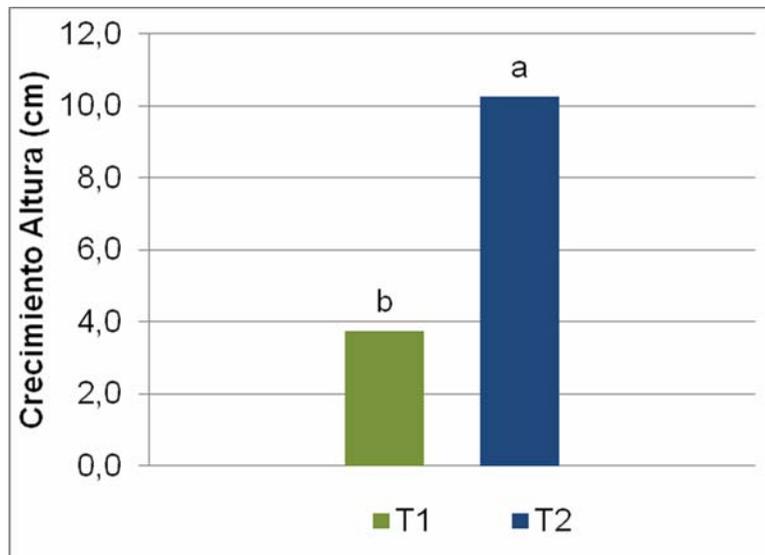
Dichas características, principalmente la altura, influyen sobre el consumo animal, a través del peso del bocado. Por lo tanto en el T2 donde se obtuvieron disponibles de mayor altura promedio, los animales tuvieron una mayor accesibilidad y mejor aprehensión de la pastura, de tal forma que se lograron bocados de mayor peso, dado la mayor profundidad del mismo. Esto además concuerda con lo citado por Cangiano (1997) donde dice que el bocado es más pesado en pasturas altas y ralas que en cortas y densas.

Sin embargo los resultados obtenidos no concuerdan con lo establecido por Parga y Nolberto (2006), ya que en el tratamiento menos frecuente debería

haber una menor utilización por la disminución en calidad del forraje, debido a la acumulación y envejecimiento excesivo.

4.2.7 Crecimiento en altura del forraje disponible

Como se observa en la siguiente figura existen diferencias significativas entre ambos tratamientos en lo que respecta a crecimiento en altura de la pastura para el período en descanso.



Letras diferentes presentan diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$)

Figura No. 8: Crecimiento en altura del forraje disponible según frecuencia de pastoreo.

Como lo expresa Carámbula (2004), con referencia a la frecuencia de cosecha, cuanto mayor sea la misma, menor será el tiempo de crecimiento entre dos pastoreos sucesivos, y por tanto menor será la producción de forraje. Esto se reafirma con los datos encontrados, ya que a una menor frecuencia de pastoreo, la pastura logró alcanzar una mayor altura promedio, siendo de 10 cm, 6 unidades por encima del tratamiento más frecuente.

Es importante destacar que en el T2 se logra un índice área foliar mayor y más cercano al óptimo, teniendo así un mayor crecimiento en altura.

4.2.8 Producción de materia seca total, de la pastura, y de malezas según frecuencia de pastoreo

Como se observa en el cuadro, la producción total de materia seca tiene dos componentes fundamentales, por un lado la producción de la pastura (mezcla forrajera) y por otro la producción de malezas (hoja ancha y otras gramíneas).

Cuadro No. 10: Producción de materia seca total.

Tratamiento	Producción Total (kg MS/ha)	Producción Pastura (kg MS/ha)	Producción Malezas (kg MS/ha)
T1	1342 b	475 a	866 b
T2	2077 a	385 a	1693 a

Letras diferentes presentan diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$)

Se observan diferencias significativas en producción total de materia seca entre ambos tratamientos, siendo mayor la producción del tratamiento menos frecuente, la misma tendencia se observa en la producción de malezas, contrario a lo que ocurre con la producción de la pastura donde no existen diferencias significativas.

En primer lugar cabe destacar que la producción del componente pastura se hace indiferente al tratamiento aplicado, siendo similar para ambas frecuencias de pastoreo. En cambio el aporte de las malezas es mayor que el de las pasturas en ambas situaciones, siendo significativamente mayor el enmalezamiento producido para el tratamiento con mayor período de descanso.

Las razones del gran enmalezamiento general que sufrió la pastura, coinciden con lo expresado por Carámbula (2004), donde afirma que a medida que las leguminosas van desapareciendo, como fue en nuestro caso por el estrés hídrico sufrido en dicho período, los espacios antes ocupados por dichas plantas, son tomados progresivamente por plantas invasoras como malezas de hoja ancha y gramíneas, especialmente de tipo C4 y en su mayoría anuales; donde es importante destacar la mayor eficiencia de absorción y uso del agua por parte de dichas malezas, permitiéndoles ser más productivas que las plantas de tipo C3 (mezcla forrajera y otras) en momentos de déficit hídricos

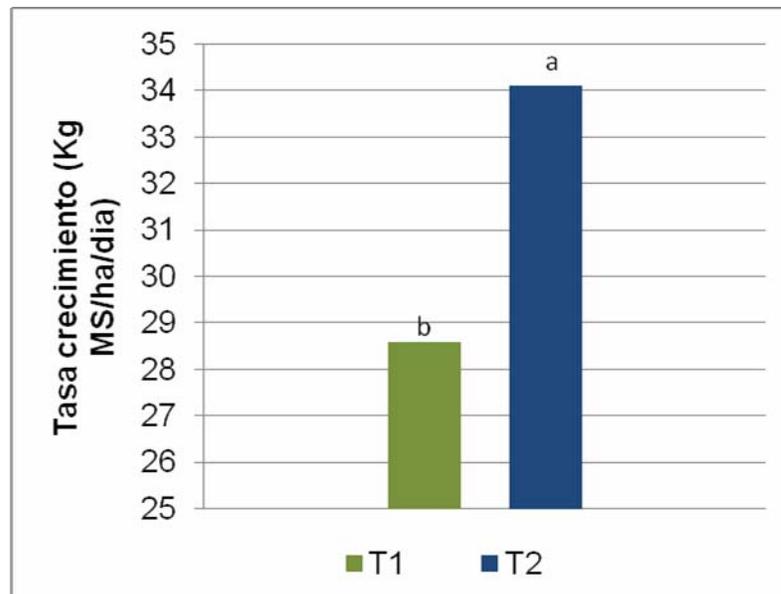
(Rodríguez, 1988). En este caso a nivel de campo se observó una gran presencia de las gramíneas *Digitaria sanguinalis* y *Echinochloa colona*, si bien se hicieron presentes en las parcelas de ambos tratamientos, fue significativamente más notoria su presencia en el T2, a causa de su mayor adaptación a las condiciones del medio y alta competitividad, sumado a un período de descanso más prolongado entre pastoreos, lo que permite la gran colonización observada y a su vez un menor porcentaje de suelo desnudo. Sin embargo, si bien en el T1 se determinó la presencia de ambas gramíneas, el manejo con pastoreos más frecuentes, es decir con menor tiempo de recuperación, mantiene menores niveles de enmalezamiento permitiendo una mejor competencia por parte del componente pastura, no alcanzando así los niveles de colonización observados en el T2. Así como el manejo de pastoreo disminuye el enmalezamiento, también afecta el óptimo crecimiento de la pastura, determinando un incremento en el porcentaje de suelo desnudo respecto a T2.

Otro aspecto a considerar que fue observado a nivel de campo es el sombreado ocasionado a la pastura por parte de las malezas, dado a que éstas últimas se encontraban mayormente en estado reproductivo, destacándose su hábito más erecto y porte más elevado, lo que interfería en la óptima intercepción de luz por parte de la pastura, esto coincide con lo dicho por Fernández (1996).

La diferencia significativa en producción total encontrada para ambos tratamientos, se explica en parte por la tasa de crecimiento promedio como bien lo expresa Parga y Nolberto (2006). Para el caso del tratamiento menos frecuente la tasa de crecimiento es significativamente mayor a la del tratamiento más frecuente, siendo de 35 y 29 Kg MS/ha/día respectivamente. Como bien lo cita Langer (1981), Carámbula (2004), la tasa de crecimiento de una pastura depende del área foliar, a su vez cada especie tiene su propio IAF para una determinada tasa de crecimiento máxima, conocido como IAF óptimo o crítico. A su vez Langer (1981) cita que en pasturas mezclas (gramíneas con leguminosas) el IAF óptimo para el verano ha de ser mayor que para el invierno. A su vez Parga y Nolberto (2006) han demostrado que manejos de pastoreos frecuentes e intensos reducen la producción neta de materia seca. Por un lado la pradera no alcanza a desarrollar la cantidad de hojas necesarias para un crecimiento máximo, ni para acumular reservas, por otro lado el remanente no es suficiente para un buen rebrote. En esta situación la baja tasa de crecimiento que se logra, es la que limita la producción neta de materia seca.

4.2.9 Tasa de crecimiento del forraje

En el siguiente gráfico se presenta la tasa de crecimiento promedio de ambos tratamientos para la pastura en general (mezcla y malezas).



Letras diferentes presentan diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$)

Figura No. 9: Tasa de crecimiento del forraje según frecuencia de pastoreo.

Según la figura anterior existen diferencias significativas en la tasa de crecimiento promedio entre ambos tratamientos. Esta diferencia es de 5 Kg de materia seca por hectárea por día a favor del T2.

Esta diferencia se debe por un lado a las características del remanente, ya que la altura del mismo en el T2 es significativamente mayor, lo cual lleva a un remanente con pseudotallos y hojas de mejor calidad y eficiencia, recuperándose así a partir de sus reservas (almacenadas por el período de descanso más prolongado) y principalmente a la fotosíntesis realizada por los restos de hojas del remanente, lo que conduce a un rebrote más eficiente y rápido logrando una mayor cobertura del suelo e interceptando mayor radiación (Parga y Nolberto, 2006).

Por otro lado y de mayor importancia esta diferencia se debe a la gran presencia del componente maleza en el T2, el cual como se mencionó

anteriormente se caracteriza por tener un crecimiento muy rápido y ser muy competitiva en las condiciones imperantes.

4.2.10 Características morfogénicas y partición de la materia seca en la relación parte aérea/raíz del *Agropiro elongatum*

4.2.10.1 Relación parte aérea-raíz

Cuadro No. 11: Relación promedio parte aérea-raíz según frecuencia de pastoreo.

Tratamiento	Relación Parte Aérea/Raíz
T1	3,4 a
T2	3,3 a

Letras diferentes presentan diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,1$)

Como se observa en el cuadro no se registran diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en lo respecta a la relación existente entre la parte aérea y raíz de Agropiro.

Para evaluar este resultados en términos absolutos se debe considerar principalmente el impacto del estrés hídrico por el cual atravesó la pastura durante el período en estudio, ya que según Gales, citado por Colabelli et al. (1998) en estas condiciones se produce un aumento de la relación raíz-parte aérea.

En términos comparativos, este valor se verá más afectado por intensidad de pastoreo según Carámbula (2004), que por la frecuencia con que se lleve a cabo, siendo uno de los motivos por el cual no se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos planteados.

Si bien observando las alturas de remanente, vemos que el T1 teniendo una menor altura es de suponer que su relación PA/R sería mayor, ya que la planta tendería a compensar con la producción de forraje aéreo, sin embargo el gran estrés hídrico registrado y sumado al gasto de energía efectuado por el proceso de rebrote, hace que no se presenten estas diferencias, encontrándose una

misma relación para ambos tratamientos.

Los valores encontrados son similares a los observados por Evans (1971) para raigrás perenne, con intensidad de defoliación de 5 a 7,5 cm quien encontró una relación PA/R de 2,43, donde el control sin defoliación fue de 2,56. Además halló que el efecto del sombreado sobre dicha relación, donde una restricción del 60% de luz determinó una relación de 3,24, siendo la situación control sin sombreado de 2,91.

4.2.10.2 Tasa de elongación, tasa de senescencia y tasa de elongación neta foliar por macolla de Agropiro

Cuadro No. 12: Tasa de elongación, de senescencia y elongación neta foliar según frecuencia de pastoreo.

Tratamiento	Tasa elongación (mm/ °C)	Tasa senescencia (mm/ °C)	Tasa elongación neta (mm/ °C)
T1	0,30 a	0,19 a	0,10 b
T2	0,36 a	0,11 b	0,25 a

Letras diferentes presentan diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,1$)

Según el cuadro en la tasa de elongación foliar no existieron diferencias significativas entre tratamientos, lo contrario ocurre con la tasa de senescencia, que para ambos casos es menor que la de elongación foliar. Resultando de ambos procesos una tasa neta de elongación significativamente mayor para el T2, es decir el proceso se ve favorecido con el mayor número de días de descanso que posea la pastura.

Se debe recordar el contexto ambiental en donde se desarrollo el experimento, condiciones importantes de déficit hídrico lo cual según Colabelli et al. (1998), afectan en forma negativa la expansión foliar, determinando un menor tamaño de las hojas. A su vez provoca una reducción de la tasa de macollaje y del numero de hojas vivas por macollo y por ende un aumento en el proceso de senescencia de hojas tendiendo a ser más corta la vida media foliar (Turner y Begg, citados por Colabelli et al., 1998).

En definitiva las condiciones estuvieron dadas para obtener una menor tasa de elongación neta, en ambos casos.

4.2.10.3 Tasa de aparición de hojas en agropiro

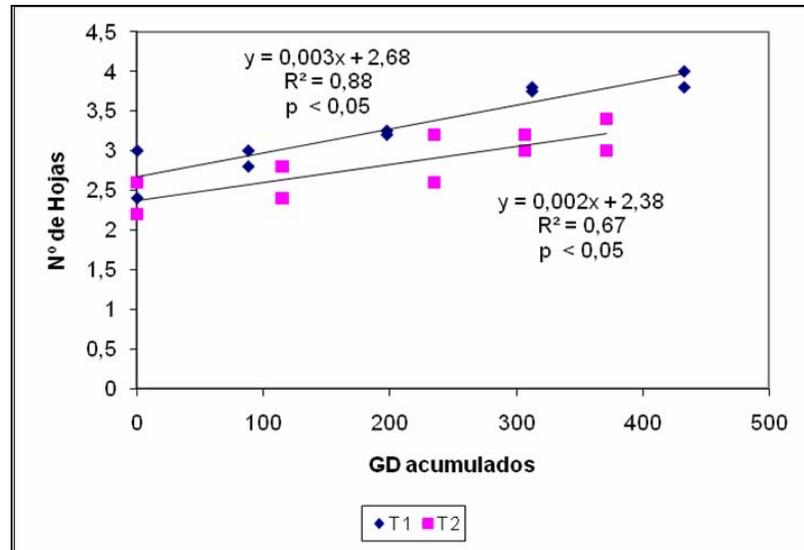


Figura No. 10: Tasa de aparición de hoja de agropiro según tratamiento.

Se debe destacar que para esta variable se trabajó con la información de solo un bloque, por lo cual debería considerarse que con un mayor volumen de información se podrían obtener datos más consistentes al respecto. A su vez se trabajó con el promedio de ambos tratamientos ya que si bien existen diferencias entre los coeficientes b de ambas ecuaciones, estas no son significativas.

Cuadro No. 13: Filocrón según frecuencia de pastoreo.

Tratamiento	Filocrón (°C días)
T1	333 a
T2	454 a
Promedio	389

Letras diferentes presentan diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,1$)

En el cuadro se presenta el filocrón promedio para *Agropiro enlongatum*, el cual es de 389 °C días, es decir cada 389 °C días aparece una nueva hoja, por ejemplo con T° promedio diarias de 25 °C durante el mes de enero, una hoja tardará 13 días en aparecer, por tanto la velocidad de aparición de hojas disminuye o aumenta de acuerdo a la época del año, es decir a las temperaturas medias diarias.

En términos comparativos el filocrón del agropiro supera varias veces al del raigrás perenne (110 °C días) y festuca (220 °C días) respectivamente (Lemaire, citado por Colabelli et al., 1998).

Cabe destacar que los resultados obtenidos por Agnusdei et al. (1998) en la Estación Experimental Balcarce, de 350 °C días para el caso del agropiro bajo condiciones agronómicas aproximadamente no limitantes durante otoño-invierno- primavera, concuerdan con el dato de filocrón promedio obtenido, considerando la restricción hídrica durante el período en estudio.

Si bien no existen diferencias significativas entre los tratamientos con respecto al filocrón, si las hay a nivel agronómico, lo cual posiblemente sea explicado por la diferencia en la altura del pseudotallo, siendo 5,8 y 5,5 cm para el T2 y T1 respectivamente, no siendo estadísticamente diferentes, pero si puede explicar el mayor tiempo requerido de aparición de hoja.

4.2.10.4 Número medio de hojas totales por macollo para agropiro

Cuadro No. 14: Número medio de hojas por macollo de agropiro según frecuencia de pastoreo.

Tratamiento	No medio hojas totales/macollo
T1	2,9 a
T2	2,5 b

Letras diferentes presentan diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,1$)

Con respecto a esta variable existió diferencia significativa entre ambos tratamientos, teniendo un mayor número de hojas promedio por macollo para el tratamiento de mayor frecuencia de pastoreo. Esta diferencia se debe principalmente al efecto del mayor enmalezamiento en el T2, lo cual lo hace un gran factor de competencia para la pastura como Fernández (1996) lo menciona. Se debe tener en cuenta a su vez que normalmente el ambiente lumínico de una cubierta vegetal es heterogéneo, y que la parte superior del mismo recibe el total de luz incidente, disminuyendo esta exponencialmente con la profundidad dentro de los estratos foliares. Por lo tanto en canopeos bajos y abiertos es esperable un ambiente lumínico más homogéneo (Colabelli et al., 1998). Considerando esto, según Grancher et al., citados por Colabelli et al. (1998), una baja intensidad de luz provoca eventualmente una reducción en la aparición de hojas, como sucede en el T2 debido al sombreado ocasionado por el componente maleza. Por otro lado podría asociarse el menor número de hojas por macollo a que en el T2 se obtuvo un mayor filocrón, tardando más tiempo la aparición de hojas.

Los datos registrados concuerdan con lo expresado por Angusdei et al. (1998), donde concluye que todas las especies tienen una capacidad limitada de producir hojas, y que las gramíneas templadas pueden acumular hasta 3 hojas vivas por macollo, a diferencia de las especies megatérmicas que acumulan hasta 4 hojas. A su vez Colabelli et al. (1998), menciona que el número máximo de hoja por macollo es aproximadamente 3 y 2,5 para el caso del raigrás y la festuca respectivamente.

4.2.10.5 Tamaño medio y final de lámina del agropiro

Cuadro No. 15: Tamaño medio y final de lámina según frecuencia de pastoreo.

Tratamiento	Tamaño medio (cm)	Tamaño final (cm)
T1	8,70 a	14,9 a
T2	6,4 b	14,8 a

Letras diferentes presentan diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,1$)

En el cuadro se observa que tanto para el tamaño medio como final de hoja, se registraron valores mayores con el tratamiento de mayor frecuencia de pastoreo. Sin embargo solo se encuentra diferencia estadísticamente significativa para el caso del tamaño medio de hoja. Si bien sería esperable encontrar hojas con mayor desarrollo (largo) en el tratamiento menos frecuente, y a su vez considerando un menor largo de vaina que debiera tener el T1, esto no se reflejó en los datos de altura media de hoja encontradas, ya que de esta forma la hoja media para el T1 debería ser menor. Por lo cual el mayor desarrollo encontrado en el T1 podría ser explicado por la competencia del enmalezamiento por agua, nutrientes, espacio y luz que provocan una mayor interacción entre las distintas variables y determinan resultados no siempre acordes a lo mencionado en la literatura. Como fue mencionado anteriormente, el T2 se caracteriza por tener un gran desarrollo del componente maleza, la cual como cita Fernández (1996), se torna un factor importante de competencia cuando existen malezas de crecimiento rápido y porte más elevado que la pastura, no permitiéndole su normal desarrollo. Por lo tanto los datos encontrados sugieren que la gran competencia ejercida por las malezas, principalmente en el T2, es la principal causante de la diferencia encontrada entre tratamientos.

Con respecto al tamaño final de hoja cabe destacar que si bien no se reportaron datos bibliográficos específicos, se hace referencia a matas de 40 a 140 cm según Asay y Knowles, citados por Navarro (2006), Pistorale et al. (2008), Castro y Ferrarotti (2008). A su vez se menciona que dichos valores dependen de factores como fertilidad del suelo, precipitaciones y manejo.

Tomando en cuenta los valores registrados en el experimento, 14,9 y 14,8 cm para T1 y T2 respectivamente, siendo no significativos entre ambos, cabe señalar que a pesar de la diferencia en las alturas del disponible, no se reflejó en el tamaño final de hoja. Por tanto, se considera como el mayor factor restrictivo para su normal desarrollo a las precipitaciones.

4.2.10.6 Peso específico de lámina en agropiro

Cuadro No. 16: Peso específico de lámina según frecuencia de pastoreo.

Tratamiento	Peso específico (mg/mm)
T1	1,19 a
T2	1,49 a

Letras diferentes presentan diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,1$)

Como fue citado esta variable corresponde al peso en miligramos de láminas completamente expandidas enteras y en expansión enteras por cada milímetro de longitud de lámina verde, según se observa no existen diferencias significativas entre ambos tratamientos. En resumen esta variable no se ve alterada por la frecuencia con que se pastoreó la pastura.

4.2.10.7 Número de macollos promedio de agropiro por m²

Cuadro No. 17: Número de macollos promedio de agropiro por m² según frecuencia de pastoreo.

Tratamiento	Macollos/ m ²
T1	201 a
T2	180 b

Letras diferentes presentan diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,1$)

Como se observa en el cuadro, existen diferencias significativas entre ambos tratamientos para el número de macollos por m². Los resultados encontrados muestran un mayor número de macollos por superficie para el tratamiento con mayor frecuencia de pastoreo. Esto se debe a un mayor número de plantas encontradas por m² para el T1, ya que el pastoreo más frecuente reduce la competencia y el sombreado por parte del componente malezas, por lo cual como se mencionó antes, dicho raleo más frecuente permite una incidencia de luz más homogénea. A su vez Deregibus et al., Casal et al., citados por Colabelli et al. (1998) mencionan que una baja intensidad de luz y una baja relación R/RL (rojo/rojo lejano) como se vió en el T2, provoca una reducción en el macollaje.

Por otro lado esta diferencia entre tratamientos podría deberse según Carámbula (2004), a que en el tratamiento más frecuente se mantiene a las plantas en estado vegetativo estimulando así el macollaje sobre todo en el otoño.

Por otro lado se resalta la baja producción de macollos, ya que según Gentos (2006), esta especie tiene una producción que va desde 1100 a 1500 macollos/m², variando en función de la época del año, haciéndose máximo en el otoño y mínimo a fines del verano. Esto puede deberse al intenso estrés hídrico que atravesó la pastura durante el verano, perdiéndose así plantas de agropiro y por ende una gran disminución en el número de macollos por m².

También cabe resaltar que esa gran diferencia entre los valores registrados y los mencionados por la literatura, pueden ser debidas a que en este último caso no se saben características determinantes de dicha variable como ser la

región, condiciones ambientales, época del año, período de evaluación, mezcla utilizada, edad de la pastura, manejo, entre otras.

4.2.10.8 Vida media foliar del agropiro

En el cuadro 18 se muestran los valores de vida media foliar durante el primer mes de otoño, para ambos tratamientos.

Cuadro No. 18: Vida media foliar según tratamiento.

Tratamiento	Vida media foliar (°C días)
T1	986 a
T2	1135 a

Letras diferentes presentan diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,1$)

Si bien no hay diferencias significativas, se observa un aumento de la vida media foliar para el T2.

Se debe destacar que si bien es una característica estable para cada genotipo (Agnusdei et al., 1998), se puede ver alterada en ciertos casos como lo fue con el estrés hídrico registrado

A su vez los resultados obtenidos concuerdan con lo expresado por Davies y Nabinger, citados por Azanza et al. (2004), ya que el aumento en la velocidad de aparición de hojas se acompaña de una reducción en su duración.

Esta diferencia agronómica donde la vida media foliar es mayor para el T2, puede ser explicada por el efecto que tiene el pastoreo sobre la longitud del pseudotallo, siendo mayor en el T2 que en el T1 (datos no publicados). Este mayor largo en el pseudotallo determinaría un mayor recorrido de la lámina por el interior del mismo, llevando a que sea mayor el tiempo necesario para que aparezca una hoja (filocrón) en el T2, y por ende una menor tasa de aparición de hojas, determinando así un aumento en la vida media foliar.

Considerando una temperatura media diaria en el mes de abril de 19 °C, los días que persiste verde una hoja en promedio es de 52 y 60 días para T1 y T2 respectivamente.

En base a los datos si bien no existen diferencias entre vida media foliar, se puede decir que el T2 sería el que mejor se adapta al manejo de defoliación del agropiro independientemente del resto de las especies, ya que como menciona Agnusdei et al. (1998) es una especie que requiere bajas frecuencias de defoliación para favorecer la cosecha de su potencial de producción de forraje. Por lo cual un tratamiento menos frecuente nos permitiría alcanzar mayor acumulación de material verde utilizable.

5. CONCLUSIONES

1. La producción del componente pastura fue indiferente al tratamiento aplicado, siendo similar para ambas frecuencias de pastoreo (37 y 52 días).
2. En cuanto a la composición botánica del disponible la frecuencia de pastoreo no tuvo efecto sobre la contribución de materia seca para ninguno de los componentes de la mezcla sembrada. Pero sí tuvo efecto sobre el componente maleza, tanto de hoja ancha como otras gramíneas.
3. En cuanto a la composición botánica del remanente, la frecuencia de pastoreo afectó a las malezas de hoja ancha, con mayor presencia en el tratamiento menos frecuente, en cambio el componente otras gramíneas fue indiferente a los tratamientos.
4. La partición de materia seca en la relación parte aérea/raíz de *Agropiro elongatum* según la frecuencia de pastoreo, fue similar para ambos tratamientos.
5. En lo que respecta a la tasa de aparición de hojas en *Agropiro elongatum* no se encontraron diferencias a nivel de tratamientos, obteniéndose un filocrón promedio de 389 °C días.
6. La frecuencia de pastoreo no modificó las variables morfogénicas de Agropiro.
7. La frecuencia de pastoreo modificó las variables estructurales de la pastura de Agropiro.

5.1 CONSIDERACIONES FINALES

Teniendo en cuenta la información meteorológica presentada durante meses previos al experimento y durante el mismo, se asume que tanto el déficit hídrico y las temperaturas registradas fueron limitantes para el buen crecimiento de la pastura.

La producción total de materia seca es afectada por la frecuencia de pastoreo, obteniéndose una mayor producción en el tratamiento menos frecuente (52 días). La producción del componente pastura fue indiferente al

tratamiento aplicado, siendo similar para ambas frecuencias de pastoreo (37 y 52 días). En cambio el aporte de las malezas es mayor que el de las pasturas en ambas situaciones, siendo significativamente mayor el enmalezamiento producido para el tratamiento con mayor período de descanso, explicando las diferencias encontradas en la producción total. A su vez se encontraron diferencias entre los tratamientos respecto a la tasa de crecimiento, siendo mayor para el caso menos frecuente, lo cual también estaría explicando su mayor producción de materia seca.

La producción de forraje disponible se vio alterada según la frecuencia de pastoreo utilizada, registrándose una mayor cantidad de materia seca para el tratamiento de menor frecuencia. El mismo comportamiento se observa para el caso de las alturas de ambos tratamientos. También se encontraron diferencias en el crecimiento en altura del disponible a favor de T2, explicando en parte su mayor altura.

En cuanto a la composición botánica del disponible la frecuencia de pastoreo no tuvo efecto sobre la contribución de materia seca para ninguno de los componentes de la mezcla sembrada. El *Agropiro elongatum* es la especie que mayor cantidad de materia seca aporta a la mezcla en ambos tratamientos, siendo de 76 y 94 % para T1 y T2 respectivamente. El resto de los componentes se encuentran representados por el *Lolium perenne* y el *Lotus corniculatus*, ya que no se constató la presencia de *Trifolium repens*.

Por otro lado la frecuencia de pastoreo sí tuvo efecto sobre el componente maleza, tanto de hoja ancha como otras gramíneas, registrándose mayor enmalezamiento para el tratamiento con mayor período de descanso. Cabe resaltar que las especies dominantes de maleza son de tipo C4, siendo estas gramíneas anuales estivales como *Digitaria sanguinalis*, *Echinochloa colona* y *Setaria geniculata*.

En ambos casos se constató un mayor aporte de materia seca por parte del componente maleza con respecto a las especies sembradas.

Tanto para los restos secos como para el porcentaje de suelo desnudo no se evidencia un efecto tratamiento.

La cantidad de materia seca remanente no se vio afectada por la frecuencia de pastoreo, pero lo contrario ocurre para el caso de la altura de la misma, siendo mayor para el tratamiento de menor frecuencia.

En la composición botánica del remanente se encontró efecto de la frecuencia de pastoreo únicamente para el caso del *Agropiro elongatum*

respecto a la mezcla forrajera, observándose una mayor producción de materia seca a menor frecuencia de defoliación. Además esta especie es la que en mayor medida contribuye a la materia seca de la mezcla, representando un 86 y 92% para T1 y T2 respectivamente. Para el caso de *Lolium perenne* y *Lotus corniculatus* su presencia es mínima.

La frecuencia de pastoreo también afectó a las malezas de hoja ancha, con mayor presencia en el tratamiento menos frecuente, en cambio el componente otras gramíneas fue indiferente a los tratamientos.

Tanto resto seco como suelo desnudo se vieron alterados con los diferentes tratamientos, encontrándose para ambos casos valores más altos para el tratamiento más frecuente.

El forraje desaparecido varió de acuerdo al tratamiento, con valores mayores para la pastura con mayor descanso. El mismo comportamiento se observó para el porcentaje de utilización del forraje.

La partición de materia seca en la relación parte aérea/raíz de *Agropiro elongatum* según la frecuencia de pastoreo, fue similar para ambos tratamientos.

Para la tasa de elongación no se encontraron diferencias a nivel de tratamiento, lo contrario ocurrió con la tasa de senescencia, observándose valores mayores para el tratamiento más frecuente. A su vez se determinó una tasa de elongación neta superior para el tratamiento con mayor período de descanso.

En lo que respecta a la tasa de aparición de hojas en *Agropiro elongatum* no se encontraron diferencias a nivel de tratamientos, obteniéndose un filocrón promedio de 389 °C días.

El efecto de la frecuencia de pastoreo se evidenció en algunas de las variables morfogénicas.

El número de hojas promedio por macollo para *Agropiro elongatum* fue superior para el tratamiento con mayor frecuencia de pastoreo, siendo de 2,9 hojas por macollo. El mismo comportamiento se observa para el tamaño medio de hoja de esta especie. No así para el tamaño final de la misma, siendo igual para ambos tratamientos.

En cambio el peso específico de las hojas se mantuvo en iguales valores para los tratamientos aplicados.

Las variables estructurales de la pastura de Agropiro fueron modificadas por la recuencia de pastoreo.

El número de macollos promedio por m² de *Agropiro elongatum*, fue afectado por los distintos tratamientos, observándose mayor número de macollos para el pastoreo más frecuente.

En lo que respecta a la vida media foliar de dicha especie si bien no presenta diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, aumenta con la menor frecuencia de pastoreo, lo que estaría indicando que el T2 sería el que mejor se adapta al manejo de defoliación del agropiro.

6 RESUMEN

El presente trabajo se llevó a cabo en la estación experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” (Facultad de Agronomía, Universidad de la República; Paysandú, Uruguay), durante el período comprendido entre el 19/01/2009 y el 28/05/2009. Se evaluó el efecto de diferentes frecuencias de pastoreo sobre la productividad estivo-otoñal de una pradera de primer año compuesta por las siguientes especies: *Trifolium repens*, *Lolium perenne*, *Lotus corniculatus*, sumado a un componente de tipo gramínea perenne con gran producción estivo-otoñal como es el *Agropiro elongatum*. A su vez se estudió la respuesta en producción, utilización y composición botánica de la pastura y las características morfogenéticas y partición de la materia seca en la relación parte aérea/raíz de *Agropiro elongatum* según la frecuencia de pastoreo. El diseño experimental utilizado fue el de bloques completos generalizados. El área experimental abarcó un total de 4,6 há, dividida en tres bloques y a su vez éstos se subdividen en cuatro parcelas iguales, obteniendo un total de 12 parcelas, las que se definen como unidad experimental. Los tratamientos consistieron en dos frecuencias de pastoreos diferentes, de 37 (T1) y 52 (T2) días, con seis repeticiones cada uno. Para los mismos se utilizaron novillos holando de dos años, con un peso individual promedio inicial de 300 kg. Se constató mayor producción de materia seca total (componente sembrado y maleza) para el T2, sin embargo no existió diferencia significativa para la pastura sembrada. Para el componente malezas existieron diferencias como también para la tasa de crecimiento de la pastura, siendo mayor en el T2. La producción de forraje disponible fue mayor para el T2, el mismo comportamiento tuvieron las alturas y las tasas de crecimiento en altura. La composición botánica del disponible de la mezcla, no se vio afectada por la frecuencia de pastoreo. El enmalezamiento tanto para otras gramíneas (anuales, estivales, tipo C4) y hojas anchas, se vio favorecido con una menor frecuencia de pastoreo. Tanto para restos secos como para porcentaje de suelo desnudo, no se observó efecto del tratamiento. La cantidad de materia seca remanente no se vio afectada por la frecuencia de pastoreo, lo contrario ocurrió para el caso de la altura de la misma, siendo mayor para el tratamiento de menor frecuencia. En cuanto a la mezcla, la composición botánica del remanente, solo se vio efecto tratamiento para el caso de *Agropiro elongatum* siendo mayor para el T2. A nivel de malezas en el remanente, el componente que presentó diferencias fueron las hojas anchas

con mayor producción con menor frecuencia de pastoreo. Se vio un aumento de restos secos y suelo desnudo del remanente para el tratamiento de mayor frecuencia. El forraje desaparecido así como porcentaje de utilización de la pastura, fueron mayores para el T2. La relación parte aérea raíz para *Agropiro elongatum* no se vio afectada por el tratamiento. Para la tasa de elongación de hojas, no hubo diferencias, lo contrario ocurrió para la tasa de senescencia, siendo mayor el T1. La tasa de elongación neta, fue superior para el T2. El filocrón promedio de *Agropiro elongatum* fue de 389° C/día, no habiendo diferencias entre los tratamientos. El número de hojas promedio por macollo de agropiro fue mayor para T1, el mismo comportamiento se observa para el tamaño medio de hoja. El peso específico de la hoja se mantuvo sin efecto tratamiento. El número de macollos/m² fue mayor en el T1. La vida media foliar no presenta diferencias significativas entre tratamientos, aunque aumentó con la menor frecuencia de pastoreo.

Palabras clave: Frecuencia de pastoreo; Producción de pastura; Composición botánica; Pradera mezcla; Agropiro elongatum; Morfogénesis.

7 SUMMARY

The present study was held in Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni" (Facultad de Agronomía, Universidad de la República; Paysandú, Uruguay), in the period between the 19/01/09 and the 28/05/09.

The purpose of the study was to evaluate the effect of different frequencies of grazing on the productivity of a summer season-autumn pasture first year consisted of the following species: *Trifolium repens*, *Lolium perenne*, *Lotus corniculatus*, in addition to a component type perennial grass with great summer season-autumn production such as *Agropiro elongatum*. In turn, we studied the effect of frequency grazing on production, use and botanical composition of pasture and morphogenetic characteristics and distribution of dry matter ratio shoot / root of *Agropiro elongatum* pasture. The experimental design used was complete block widespread. The experimental area comprised a total of 4.6 hectares, divided into three sections and these in turn are subdivided into four equal plots, obtaining a total of 12 plots, which are defined as experimental unit. Treatments consisted of two different grazing frequencies, 37 (T1) and 52 (T2) days, with six replicates each. For the same Holstein steers were used in two years, with an initial average individual weight of 300 kg. It was found greater total dry matter production (component planted and weeds) for T2, but no significant difference for sown pasture. For weeds component as well as the rate of pasture growth, were differences, being higher in the T2. Forage production was higher in T2, the same behavior had heights and height growth rates. The botanical composition of the mix available, was not affected by the frequency of grazing. The others weedy (annual, summer, C4) and broad leaves, were enhanced with a lower frequency of grazing. In the dry remains and percentage of bare soil, no treatment effect was observed. The remaining amount of dry matter was not affected by the frequency of grazing, the opposite occurred in the case of the height of it, being higher for the treatment less often. With regard to the mix, the botanical composition of the remainder, treatment effect was seen only in the case of *Agropiro elongatum* was higher for T2. At the level of weeds in the remnant, the component which showed differences were wide leaves with higher production with less frequent grazing. At the remanent, was an increase of remains dry and soil bare for treatment more frequently. At disappearing forage and utilization rate of the pasture were greater for T2. The root to shoot ratio *Agropiro elongatum* was not affected by treatment. For the leaf elongation rate, there were no differences, the opposite happened for the rate of senescence was greater T1. The net elongation rate was higher for T2. The *Agropiro elongatum* phyllochron average was 389 ° C / day with no differences between treatments. The average number of leaves per tiller of agropiro was greater for T1, the same behavior is observed for the average size leaf. The

specific leaf weight remained ineffective treatment. The number of macollos/m² was higher in the T1. The mean leaf life does not differ significantly between treatments, but increased with less frequent grazing.

Keywords: Grazing frequency; Pasture production; Botanical composition; Grass-legume pasture; *Agropiro elongatum*; Morphogenesis.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. 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.
2. 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.
3. _____.; WADE, M. 2002. Factores del crecimiento y del manejo que determinan la estructura de la pastura. In: Asociación Argentina de Producción Animal (2002, Buenos Aires). Bases para el manejo del pastoreo. Buenos Aires, AAPA. s.p.
4. ALMADA F.S.; PALACIOS A. M.; VILLALBA P.S.; ZIPITRÍA M.G. 2007. Efecto de la asignación de forraje y la suplementación sobre la productividad de una pastura de raigrás perenne, trébol y lotus corniculatus. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 90 p.
5. ANDRÉS, A. 2007. Nueva variedad de *Agropiro alargado* (*Thinopyrum ponticum* = *A. elongatum*). (en línea). Buenos Aires, INTA Pergamino. s.p. Consultado nov. 2009. Disponible en <http://www.zoetecnocampo.com/forodocs/Forum9/HTML/000007.html>
6. AZANZA, A.; PANISSA, R.; RODRIGUEZ, 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.
7. BEGUET, H.; BAVERA, G. 2001. Fisiología de la planta pastoreada. (en línea). Río Cuarto, s.e. 6 p. Consultado nov. 2009. Disponible en http://www.produccionbovina.com/produccion_y_manejo_pastur

as/pastoreo%20sistemas/04-
fisiologia de la planta pastoreada.pdf

8. BORRAJO, C.; ALONSO, S.; ECHEVERRÍA, H. 2000. Evolución del pseudotallo y la foliosidad en materiales de Agropiro. In: Reunión Latinoamericana de Producción Animal (16^a., 2000, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, s.e. pp. 2- 4
9. _____; _____. 2004. Germinación, emergencia e implantación de variedades experimentales de *Agropiro alargado*. Revista Argentina de Producción Animal. 24(1-2):29-40.
10. CANGIANO, C. 1997. Producción animal en pastoreo. Balcarce, Buenos Aires, Argentina, La Borrosa. 139 p.
11. CARÁMBULA, M. 1977. Producción y manejo de pasturas sembradas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 463 p.
12. _____. 2002. Pasturas y forrajes; potenciales y alternativas para producir forraje. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t.1, 357 p.
13. _____. 2003. Pasturas y forrajes; insumos, implantación y manejos de pasturas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t.2, 371 p.
14. _____. 2004. Pasturas y forrajes; manejo, persistencia y renovación de pasturas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. t.3, 413 p.
15. CASTRO, A.; FERRAROTTI, A. 2008. Agropiro. (en línea). Buenos Aires, s.e. 3 p. Consultado nov. 2009. Disponible en <http://www.inta.gov.ar/bordenave/contactos/autores/bibi/agropiro2.pdf>
16. CASTRO, M. 2008. Evaluación de cultivares. (en línea). Montevideo, INIA. s.p. Consultado nov. 2009. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/legum08.htm
17. CLAUSEN, A.; ALONSO, S. 2006. Logran una nueva variedad de *Agropiro alargado*. INTA Newsletter. no. 418. s.p

18. 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. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación e Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Centro Regional Buenos Aires Sur. Estación Experimental Agropecuaria Balcarce. Boletín Técnico no. 148. 21 p.
19. DE LEÓN, M. 2004. Mejoramiento de la productividad y calidad de la carne bovina; herramientas para manejar las complejas relaciones pastura- animal. Argentina. EEA INTA Balcarce. Boletín Técnico Producción Animal. 2(1): s.p.
20. EMPRESA SEMILLERISTA PICASSO. Descripción semilla Ryegrass Perenne (*Lolium Perenne*). (en línea). Buenos Aires, s.e. Consultado nov. 2009. Disponible en http://www.picasso.com.ar/descripcion_ryegrassperenne.php
21. FERNÁNDEZ, G. 1996. Manejo de malezas. In: Curso de Actualización Técnica (2º., 1996, Montevideo). Trabajos presentados. Montevideo, s.e. s.p.
22. FERNANDEZ, M.; NAVA, M. 2008. Efecto de la asignación de forraje y suplementación sobre la estructura y composición botánica de una pastura mezcla. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 100 p.
23. FORMOSO, F. 1993. *Lotus corniculatus*; performance forrajera y características agronómicas asociadas. Montevideo, INIA. pp. 5-22 (Serie Técnica no. 37).
24. _____. 1995. Bases morfológicas y fisiológicas del manejo de pasturas. In: Risso, D. F.; Berretta, E. J.; Moron, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Tacuarembó, INIA. pp. 1 - 20 (Serie Técnica no. 80).
25. GALLI, J.; CANGIANO, C. 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(3-4): 247-261.
26. GARCIA, J. 1992. Persistencia de Leguminosas. Investigaciones Agronómicas. 2(1): 143-156.

27. _____. 1995a. Estructura del tapiz de praderas. Montevideo, INIA. 9 p. (Serie Técnica no. 66).
28. _____. 1995b. Variedades de trébol blanco. Montevideo, INIA. 13 p. (Serie Técnica no. 70).
29. _____. 2003. Crecimiento y calidad de gramíneas forrajeras en la Estanzuela. Montevideo, INIA. 25 p. (Serie Técnica no. 133).
30. GARCIA, T; FERNANDEZ- QUINTANILLA, C. 1991. Concepto de mala hierba. Características biológicas de las malas hierbas. In: Fundamentos sobre malas hierbas y herbicidas. Madrid, Mundi-Prensa. pp. 27-34.
31. GENTOS. 2006. AGROPIRO ALARGADO (*Thynopirum ponticum*); manejo y utilización. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado nov. 2009. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20artificiales/30-agropiro_alargado_manejo_y_utilizacion.htm
32. GIORDANI, A. 1973. Métodos de aprovechamiento de pasturas. Revista CREA. no. 8: s.p.
33. HAYDOCK, K.P.; SHAW N.H. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*. 15:663-670.
34. IZAGUIRRE, P; BEYHAUT, R. 1998. Las leguminosas en Uruguay y regiones vecinas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. pt. 1, 550 p.
35. JONES, R. M, 1980. Persistencia de las especies forrajeras bajo pastoreo. (en línea). Santa Lucía, s.e. 33 p. Consultado nov. 2009. Disponible en http://webapp.ciat.cgiar.org/forrajes/pdf/evaluacion_pasturas_09.pdf
36. LANGER, R.H.M. 1981. Las pasturas y sus plantas. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 514 p.
37. MARCHEGIANI, G. 1985. Morfología de las plantas forrajeras. Asociación Argentina de Consorcios de Experimentación Agrícola. Cuaderno de Actualización Técnica no. 36. s.p.

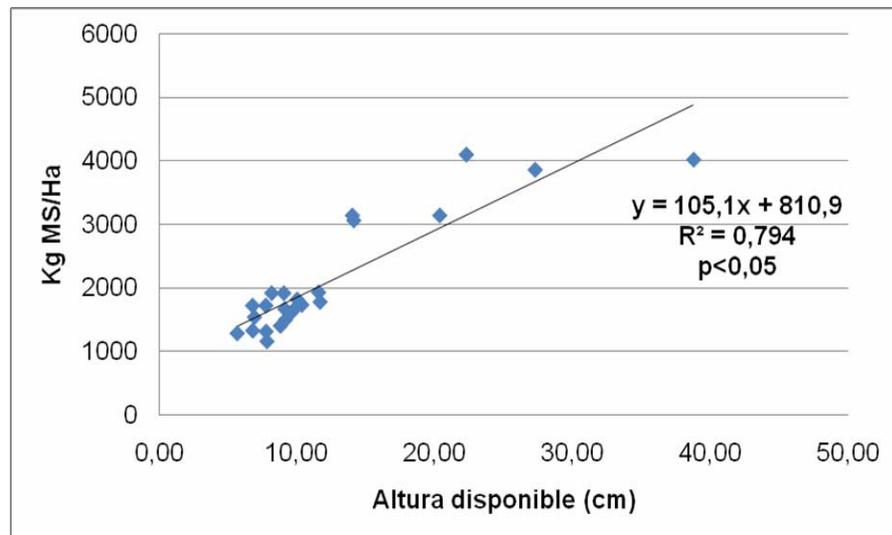
38. _____. 2002. Fisiología de las forrajeras. Asociación Argentina de Consorcios de Experimentación Agrícola. Cuaderno de Actualización Técnica no. 36. s.p.
39. MILLOT, J.C.; CARÁMBULA, M.; METHOL, R. 1987. Relevamiento de pasturas naturales y mejoramientos extensivos en aéreas ganaderas del Uruguay. Montevideo, FUCREA. 199 p.
40. MOLITERNO, 2000. Caracterización de la producción inicial de la producción inicial de diversas mezclas forrajeras. Agrociencia. 4(1): 31-49.
41. MONTOSI, F.; RISSO, D.; FIGURINA, G. 1995. Consideraciones sobre utilización de pasturas. In: Risso, D. F.; Berretta, E. J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Tacuarembó, INIA. pp. 93-105 (Serie Técnica no. 80).
42. MUSLERA, P.; RATERA, G. 1984. Praderas y forrajes; producción y aprovechamiento. Madrid, España, Mundi-Prensa. 695 p.
43. NAVARRO, M. 2006. Nutrición y alimentación de los bovinos. (en línea). Buenos Aires, s.e. s.p. Consultado nov. 2009. Disponible en <http://www.rosenbusch.com/argentina/manual/capitulo5a.htm>
44. NUÑEZ, G.; ESPINOZA, J.; SALINAS, H.; GUTIERREZ, J.; MEDINA, G.; DOVEL, R. 2000. Manejo agronómico de praderas. (en línea). Mexico, D.F., s.e. 6 p. Consultado nov. 2009. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20artificiales/48-manejo_agronomico_de_praderas.pdf
45. OLMOS, F. 2004. Factores que afectan la persistencia y productividad de pasturas mejoradas con trébol blanco (*Trifolium repens* L.). Tacuarembó, INIA. 239 p. (Serie Técnica no. 145).
46. ORTÍZ, R.; SILVA, S. 2006. Cálculo y manejo en pastoreo controlado. II) Pastoreo rotativo y en franja. (en línea). Veterinaria. 41: 161 – 162. Consultado nov. 2009. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/52-art_pastoreo2_completo.pdf

47. PARGA, J.; NOLBERTO T. 2006. Manejo del pastoreo con vacas lecheras en praderas permanentes. (en línea). Remehue, INIA Remehue. 12 p. Consultado nov. 2009. Disponible en http://www.inia.cl/remehue/biblioteca/online/boletin_inia/148/cap6.pdf
48. PISTORALE, S.; ABBOTT, L.; ANDRÉS, A. 2008. Diversidad genética y heredabilidad en sentido amplio en agropiro alargado, *Thinopyrum ponticum*. Ciencia e Investigación Agraria. 35(3): 259-264.
49. REINOSO, V.; SOTO, C. 2006. Calculo y pastoreo controlado. Pastoreo por horas. Determinación de la disponibilidad y crecimiento de la pastura. Revista Veterinaria (Montevideo). 41(161-162):25-30.
50. RODRÍGUEZ, L.J. 1988. Las malezas y el agroecosistema. (en línea). Montevideo, s.e. 26 p. Consultado nov. 2009. Disponible en <http://www.pv.fagro.edu.uy/Malezas/Doc/LAS%20MALEZAS%20Y%20EL%20AGROECOSISTEMAS1>
51. 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.
52. TOTHILL, J., HARGREAVES, J.; JONES, R. 1978. A comprehensive sampling and computing procedure for estimating pasture yield and composition. CSIRO Australia. Tropical Agronomy Technical Memorando no. 8. s. p.
53. URUGUAY. MINISTERIO DE GANADERÍA, AGRICULTURA Y PESCA. DIRECCIÓN GENERAL DE SERVICIOS GANADEROS. DIVISIÓN CONTRALOR DE SEMOVIENTES. 2008. Declaración jurada 2008, total nacional. Montevideo. s.p.
54. _____. _____. DIRECCIÓN DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS. AGROPECUARIAS. 2009. Anuario Estadístico Agropecuario 2009. Montevideo. 212 p.
55. _____. _____. OFICINA DE PROGRAMACIÓN Y POLÍTICA AGROPECUARIA. Comportamiento del sector carne vacuna en 2008 y perspectivas para el 2009. Montevideo. 47 p.

56. VIGLIZZO, E. 1981. Dinámica de los sistemas pastoriles de producción lechera. Buenos Aires, Argentina, Hemisferio Sur. pp. 83-98.
57. VILARÓ, D. 2008. Evaluación de cultivares. (en línea). Colonia, INIA La Estanzuela. s.e. Consultado nov. 2009. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/gram08.htm
58. ZANONIANI, R. A.; DUCAMP, F. 2004. Leguminosas forrajeras del genero Lotus en el Uruguay. Cangüé. no. 25: 5-11.
59. _____.; BOGGIANO, P.; CADENAZZI, M. SILVEIRA, D. 2006. Evaluación de cultivares de raigrás bajo distintas intensidades de pastoreo. In: Reunión del Grupo Técnico Regional de Cono Sur, Grupo Campos (21^{a.}, 2006, Pelotas). Trabajos presentados. Pelotas, s.e. pp. 3-19 (Documento 166).
60. _____. 2008. Características agronómicas de Leguminosas utilizadas en los sistemas de producción. In: Curso de Pasturas 4o. año (2008, Paysandú, Uruguay). Textos. Paysandú, Facultad de Agronomía. s.p.

9. ANEXOS

ANEXO No. 1: Correlación entre materia seca disponible y altura de la pastura.



ANEXO No. 2: Resultados obtenidos para características morfológicas del *Agropiro elongatum* que no fueron citadas en el texto.

Variable	Medias		Significancia
	T1	T2	
Tasa acumulación neta (mg/°C/macollo)	0,129	0,372	**
mg/°C/m ²	23,15	64,99	NS
mg/Macolla Período	114,23	397,78	**
Kg MS/Ha	204,5	689,9	**
% Lámina en Parte Aérea	33,282	37,285	NS
Tasa extensión media (mm/°C)	0,245	0,666	NS
Tasa extensión total (mm/°C)	0,3	0,37	NS
Tasa de defoliación media (%)	61,75	33,133	*
Defoliación Total (cm)	12,785	3,362	**
Tasa senescencia media (mm/°C)	0,155	0,096	NS
Tasa de Senescencia Total (mm/°C)	0,194	0,11	NS
Lamina Verde Total (cm)	26,02	15,7	*
Hoja Total Completamente expandida (n)	1,6117	1,3517	NS
Hoja Verde Completamente expandida (n)	1,3583	1,2983	NS
Hoja Completamente expandida (n)	0,66833	0,235	*
Defoliación Total en Área foliar (%)	41,283	22,55	**
Hoja en extensión (n)	1,4233	1,22	*
Lamina Verde Completamente expandida (cm)	16,243	14,816	*
* Significancia al 5%			
** Significancia al 10%			