

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

EVALUACIÓN ESTIVO-OTOÑAL DE MEZCLAS FORRAJERAS

por

**María José ABUD CLARIGET
Carolina GAUDENTI BORRA
Valentina ORTICOHEA DELL'ACQUA
Valentina María PUIG FERRÉS**

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

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2011**

Tesis aprobada por:

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

Ing. Agr. PhD. Pablo Boggiano

Ing. Agr. Alfredo Silbermann

23 de diciembre de 2011
Fecha: -----

Autores: -----
María José ABUD CLARIGET

Carolina GAUDENTI BORRA

Valentina ORTICOCHEA DELL'ACQUA

Valentina María PUIG FERRÉS

AGRADECIMIENTOS

A los directores de la tesis Ing. Agr. Ramiro Zanoniani e Ing. Agr. Pablo Boggiano, por darnos la posibilidad de realizar esta tesis y por el apoyo brindado.

A Angel Colombino por la ayuda brindada durante el trabajo de campo.

Y en especial a nuestras familias y amigos que nos apoyaron a lo largo de nuestra carrera.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PAGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VIII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1 OBJETIVOS.....	2
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1 ETAPAS DE IMPLANTACIÓN.....	3
2.1.1 <u>Germinación</u>	3
2.1.2 <u>Emergencia</u>	5
2.1.3 Establecimiento.....	6
2.2 SOBREVIVENCIA ESTIVAL.....	7
2.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES Y CULTIVARES QUE COMPONEN LA MEZCLA.....	9
2.3.1 <u>Festuca arundinacea</u>	9
2.3.2 <u>Lotus corniculatus</u>	10
2.3.3 <u>Trifolium repens</u>	12
2.3.4 <u>Paspalum dilatatum</u>	14
2.3.5 <u>Paspalum notatum</u>	18
2.4 MEZCLAS.....	19
2.5 EFECTOS DE PASTOREO.....	23
2.5.1 <u>Defoliación</u>	23
2.5.1.1 Base morfológicas y fisiológicas del manejo del pastoreo.....	26
2.5.2 <u>Parámetros que definen pastoreo</u>	28
2.5.2.1 Frecuencia.....	28
2.5.2.2 Intensidad.....	30
2.5.2.3 Uniformidad.....	31
2.5.2.4 Momento.....	32
2.6 CARACTERÍSTICAS MORFOGENÉTICAS DE LAS GRAMÍNEAS Y ESTRUCTURA DE LAS PASTURAS.....	32
2.6.1 <u>Morfogénesis de gramíneas forrajeras</u>	33

2.6.1.1 Tasa de aparición de hojas	34
2.6.1.2 Tasa de elongación foliar	34
2.6.1.3 Vida media foliar	34
2.6.2 <u>Efecto de los factores ambientales sobre los procesos morfogenéticos y variables estructurales de las pasturas</u>	35
2.6.2.1 Efecto de temperatura	35
2.6.2.2 Agua.....	36
2.6.2.3 Nitrógeno	36
2.6.2.4 Calidad de luz	37
2.7 PRODUCCIÓN ANIMAL	38
2.7.1 <u>Efectos del pastoreo sobre el desempeño animal</u>	38
2.7.2 <u>Consumo animal</u>	39
2.7.2.1 Disponibilidad, altura y estructura	42
2.7.2.2 Calidad	45
2.7.2.3 Selectividad.....	46
2.7.2.4 Pisoteo y deyecciones.....	47
2.7.3 <u>Oferta de forraje</u>	48
2.7.4 <u>Estrés termico</u>	50
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	53
3.1 CONDICIONES EXPERIMENTALES GENERALES	53
3.1.1 <u>Ubicación experimental</u>	53
3.1.2 <u>Descripción del sitio experimental</u>	53
3.1.3 <u>Antecedentes del área experimental</u>	53
3.2 TRATAMIENTOS.....	54
3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL	55
3.4 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	55
3.4.1 <u>Variables determinadas</u>	56
3.4.1.1 Disponibilidad y remanente de materia seca.....	56
3.4.1.2 Altura del forraje disponible y del remanente	57
3.4.1.3 Forraje desaparecido	57
3.4.1.4 Forraje producido	57
3.4.1.5 Tasa de crecimiento	58
3.4.1.6 Composición botánica del disponible y del remanente.....	58
3.4.1.7 Tasa de aparición de hojas	58

3.4.1.8 Tasa de elongación foliar	59
3.4.1.9 Tasa de senescencia foliar	59
3.4.1.10 Numero promedio de hojas por macollo	59
3.4.1.11 Vida media foliar	60
3.4.1.12 Tamaño final de la lámina	60
3.4.1.13 Tamaño medio de lámina	60
3.4.1.14 Peso de los animales	60
3.4.1.15 Ganancia de peso diaria	60
3.4.1.16 Producción de peso vivo por hectárea	61
3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	61
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	62
4.1 DATOS CLIMA	62
4.2 PARAMETROS DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA PASTURA	65
4.2.1 <u>Disponibilidad y remanente de materia seca</u>	65
4.2.2 <u>Altura del forraje disponible y del remanente</u>	67
4.2.3 <u>Forraje disponible y desaparecido en el periodo</u> <u>estivo-otoñal</u>	69
4.2.4 <u>Producción de forraje</u>	70
4.2.5 <u>Tasa de crecimiento</u>	71
4.2.6 <u>Composición botánica de disponible y remanente</u>	73
4.2.7 <u>Tasa de aparición de hojas</u>	76
4.2.8 <u>Tasa de elongación y de senescencia foliar</u>	78
4.2.9 <u>Numero promedio de hojas por macollo</u>	80
4.2.10 <u>Vida media foliar</u>	81
4.2.11 <u>Tamaño medio y final de la lámina</u>	81
4.3 PARAMETROS DE LA PRODUCCIÓN ANIMAL	82
4.3.1 <u>Peso de los animales</u>	82
4.3.2 <u>Ganancia de peso diaria</u>	84
4.3.3 <u>Producción de peso vivo por hectárea</u>	86
4.4 CONSIDERACIONES FINALES	88
5. <u>CONCLUSIONES</u>	89
6. <u>RESUMEN</u>	90
7. <u>SUMMARY</u>	92
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	94

9. ANEXOS.....106

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Producción estacional (expresada en kg MS/ ha) y composición botánica expresada como porcentaje de la misma.....	23
2. Rendimientos relativos de cuatro leguminosas bajo distintas frecuencias de pastoreo.....	25
3. Balance para el período estivo-otoñal.....	64
4. Remanente de forraje en tt/ha MS, por estación y acumulado y oferta de forraje en % PV.....	67
5. Forraje disponible por estación (cm).....	68
6. Forraje remanente por estación (cm).....	68
7. Producción de forraje (tt/ha MS).....	71
8. Tasas de crecimiento y condiciones climáticas.....	72
9. Tasa de elongación, tasa de senescencia foliar y tasa neta de crecimiento foliar para los dos periodos de evaluación.....	79
10. Número de hojas promedio por macollo según el periodo de evaluación.....	80
11. Tamaño medio y final de la lámina por periodo.....	81
12. Pesos de los novillos al inicio (enero) y al final (febrero) del periodo estival y ganancias individuales de peso vivo.....	82
13. Pesos de los novillos al inicio (marzo) y al final (abril) del periodo otoñal y ganancias individuales de peso vivo.....	83
14. Ganancias medias diarias por tratamiento y por periodo.....	84
15. Producción de PV estivo-otoñal por hectárea y oferta de forraje por tratamiento.....	86

Figura No.

1. Asociaciones entre consumo animal y características y métodos de asignación de pasturas para gramíneas y leguminosas (Adaptado de Poppi et al., 1987).....	40
2. Asociaciones entre altura de la pastura y (a) consumo por bocado; (b) tasa de bocados; (c) tiempo de pastoreo, y (d) consumo diario, ilustrando la influencia dominante del consumo por bocado en el	

consumo diario de ovinos en pastoreo continuo sobre pasturas de raigrás perenne y trébol blanco (adaptado de Hodgson, 1990).....	43
3. Croquis del área experimental	55
4. Registro de precipitaciones durante el experimento comparado con el promedio histórico.....	62
5. Registro de temperaturas durante el experimento comparado con el promedio histórico.....	63
6. Disponibilidad de forraje (kg/ha MS) por tratamiento, por estación y promedio en periodo estivo-otoñal.....	65
7. Forraje desaparecido y disponible en kg/ha MS.....	69
8. Composición botánica estival y otoñal en kg/ha MS.....	73
9. Proporción de leguminosas en la mezcla en kg/ha MS.....	74
10. Proporción relativa de los componentes de la pastura con la mezcla testigo.....	75
11. Proporción relativa de los componentes de la pastura con <i>Paspalum notatum</i>	75
12. Proporción relativa de los componentes de la pastura con <i>Paspalum dilatatum</i>	76
13. Tasa de aparición de hojas de Festuca en el periodo 1 y 2 en función de la suma térmica.....	77

1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción predominantes en Uruguay se caracterizan por ser de dos tipos: extensivos e intensivos. En los primeros la producción de forraje se basa en alternativas como pasturas naturales o pasturas naturales con mejoramientos; mientras que en los segundos, las alternativas de producción de forraje más frecuentes constituyen pasturas implantadas con sus tres variantes; mezclas forrajeras, gramíneas con nitrógeno o leguminosas puras; o verdeos (Carámbula y Santiñaque, 1981).

En Uruguay se presenta como limitación para lograr altos rendimientos de materia seca de elevado valor nutritivo en las pasturas sembradas, la variación estacional de los parámetros climáticos, que determinan que las condiciones ambientales no sean uniformes para el crecimiento de las plantas. Esto lleva a que en ciertos periodos del año, la producción de estas pasturas se vea limitada (Carámbula y Santiñaque, 1981).

La producción de forraje estival está determinada por la profundidad de los suelos, la capacidad de almacenaje de agua de éstos, las elevadas temperaturas típicas de esta estación, así como la ocurrencia o no de precipitaciones. La mayoría de las especies sembradas en Uruguay son de tipo C₃, en las cuales las condiciones de déficit hídrico y elevadas temperaturas, pueden llegar a reducir a la mitad su actividad fotosintética disminuyendo las sustancias de reserva de la planta en consecuencia del gasto que le ocasiona el elevado proceso de respiración, típico de esta época. Éstas características determinan una disminución o cese del crecimiento (Carámbula, 2007).

Las alternativas que se presentan para enfrentar la crisis forrajera estival, consisten en la siembra de verdeos de verano o incluir en las mezclas especies C₄.

Las especies C₄ se caracterizan por presentar alta capacidad fotosintética, alta velocidad de crecimiento, fotorrespiración y reducida pérdida de agua, por lo tanto se caracterizan por presentar una mayor tasa asimilatoria

que las especies C₃ en condiciones de altas intensidades lumínicas y altas temperaturas (Nelson y Cox, 2008).

En el presente trabajo, en el intento de paliar la problemática forrajera estival, se evalúa la inclusión de 2 especies con las características anteriormente mencionadas como *Paspalum notatum* y *Paspalum dilatatum* en una mezcla forrajera perenne de *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*, comparándolas con dicha mezcla de especies perennes C₃.

1.1 OBJETIVOS

El trabajo presenta como objetivo general evaluar si existe efecto del tipo de mezcla forrajera sobre la productividad de la pastura y sobre el desempeño animal.

Los objetivos específicos son los siguientes;

Evaluar la producción de forraje y composición botánica estivo-otoñal de tres mezclas forrajeras:

- a) *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*,
- b) *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens*, *Lotus corniculatus* y *Paspalum notatum*,
- c) *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens*, *Lotus corniculatus* y *Paspalum dilatatum*.

Evaluar la producción estivo-otoñal de PV de las tres mezclas forrajeras.

Evaluar parámetros de la morfogénesis de *Festuca arundinacea*.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 ETAPAS DE IMPLANTACIÓN

Según Carámbula (2008b), las especies forrajeras tienen lenta velocidad de implantación, lo que posibilita la colonización por parte de malezas, que sumado a que se siembran distintas especies con diferentes requerimientos y diferentes velocidades de crecimiento inicial, hace que se establezcan relaciones de competencia que afectan la composición específica de la mezcla.

El proceso de implantación está compuesto por las etapas de germinación, emergencia y establecimiento de la plántula, las cuales constituyen probablemente los procesos más difíciles en la vida de una forrajera, lo que se refleja claramente en que en estas primeras etapas del desarrollo se registra una gran mortandad de plántulas, pudiendo alcanzar bajo malas condiciones, más del 90% de la población sembrada (Silverstown y Dickie, citados por Carámbula, 2008b).

2.1.1 Germinación

La germinación comprende en las gramíneas el crecimiento del germen, la ruptura de la semilla y la aparición de la radícula y el coleoptile, en cambio en las leguminosas solo la aparición de la radícula (Carámbula, 2008b).

En el proceso de la germinación se pueden distinguir tres fases. La fase de hidratación, en la cual la absorción de agua es el primer paso de la germinación, durante esta fase se produce una intensa absorción de agua por los tejidos de la semilla, a través de las paredes de la cubierta seminal, a favor de un gradiente de potencial hídrico (García Breijo, 2011), la semilla debe hacer una ganancia neta de agua, es decir debe absorber mas agua de la que pierde a la atmósfera (Castrillón y Pirez, citados por Methol y Solari, 1994), hasta superar el contenido hídrico crítico, propio de cada especie (Bologna y Hill, citados por Methol y Solari, 1994). La fase de germinación, representa el verdadero proceso de germinación, en ella ocurren las transformaciones

metabólicas necesarias para el correcto desarrollo de la plántula. Finalmente la fase de crecimiento, es la última fase de la germinación y se asocia con un cambio morfológico visible (aparición de la radícula).

La germinación es afectada por diferentes factores, los que se pueden dividir en dos tipos, factores internos (intrínsecos) y factores externos (extrínsecos).

Dentro de los factores internos de la semilla que afectan la germinación se encuentra la madurez de la semilla y la viabilidad. Decimos que una semilla es madura cuando ha completado su desarrollo tanto morfológico como fisiológico, (Methol y Solari, 1994) las semillas que son fisiológicamente inmaduras carecen de suficiente concentración de fitocromo, siendo necesario un periodo de post-maduración para que se sintetice en las cantidades requeridas. En cuanto a la viabilidad, es el periodo de tiempo en que la semilla conserva la capacidad de germinar, y depende del tipo de semilla y de las condiciones de almacenamiento (mantenerla seca, con temperaturas bajas y reducir al mínimo la presencia de oxígeno en el ambiente de conservación, aumentan la longevidad).

En cuanto a los factores externos o extrínsecos, se destacan, la humedad, temperatura, gases y luz. La hidratación de la semilla es el primer paso y el más importante en la germinación, ya que la rehidratación de los tejidos de la semilla es necesaria para la recuperación de su metabolismo. La temperatura es un factor decisivo en la germinación, ya que influye sobre la actividad de las enzimas que regulan la velocidad de las reacciones bioquímicas que ocurren en la semilla luego de la rehidratación y en cuanto a los gases la mayor parte de las semillas necesitan un medio aireado que permita adecuada disponibilidad de O_2 y CO_2 (García Breijo, 2011). A pesar de que la respiración durante los primeros instantes de la imbibición es fundamentalmente anaerobia, se transforma en aerobia a medida que la radícula atraviesa los tejidos circundantes y la cubierta seminal (Matilla, 2000).

2.1.2 Emergencia

La emergencia como cita Carámbula (2008b) consiste en la aparición de la plántula sobre la superficie del suelo y según Matilla (2000) indica la finalización de la germinación y el comienzo del crecimiento de la plántula.

La velocidad de esta etapa resulta importante ya que al igual que en la germinación las plántulas son no fotosintéticas (autotróficas), y el crecimiento de la plántula depende exclusivamente de las reservas de la semilla, la velocidad con que sucede este proceso depende entre otros de la siembra de semillas vigorosas, cuyas plántulas podrán sobrevivir con menos riesgos si poseen habilidad para emerger rápidamente y soportar condiciones desfavorables de temperatura y humedad así como ataques de insectos y hongos (Carámbula, 2008b).

Para las leguminosas, la superficie cotiledonaria máxima alcanzada (primeros órganos fotosintetizadores) a las dos semanas esta correlacionada con el peso de las semillas (Hur y Nelson, citados por Carámbula, 2008b), no obstante, según Carámbula (2008b), no alcanzaría con que una especie presente este atributo ya que como en el caso del lotus, si bien normalmente registra una mayor superficie cotiledonar antes que el trébol blanco, esta última especie expande sus primeras hojas más rápidamente y por consiguiente muestra un vigor mayor en sus plántulas que el lotus.

En cambio para las gramíneas, la velocidad en que las plántulas emergen y crecen en las primeras etapas de su desarrollo depende del grado de utilización de las reservas endospermicas. Carámbula (2008b) concluye que el vigor de las plántulas parece estar determinado fundamentalmente por el tamaño de semilla y por factores genéticos que fijan las diferentes velocidades de utilización de las reservas de las semillas y el crecimiento característico de cada especie, cuando estas se encuentran bajo el mismo ambiente.

Langer (1981) hace referencia a la esencialidad de la calidad de la semilla para un establecimiento exitoso de la pastura, aclarando que debería

estar libre de malezas problemáticas, tener elevado grado de pureza y germinar con rapidez. Para las semillas certificadas, según este autor, la prueba de germinación no debería tener más de 6-9 meses, y en caso de ser así, la semilla debería ser sometida a un nuevo análisis. Carámbula (2008b) enfatiza en el hecho de que tanto en leguminosas como en gramíneas, los porcentajes de emergencia son afectados sensiblemente por las profundidades de siembra de las semillas. Según Langer (1981) las gramíneas y leguminosas con semillas de mayor tamaño se siembran mejor a una profundidad de 1,5 – 2,5 cm mientras que las de menor tamaño deberían sembrarse más superficialmente, a 1,0 – 1,5 cm. Como regla general, a medida que el tamaño de la semilla disminuye, también debe disminuir la profundidad de siembra. Esto probablemente este asociado con cantidades diferentes de reservas en los cotiledones y el endosperma, aunque en las leguminosas también puede estar asociado con limitaciones en el crecimiento en longitud del hipocotilo (Black, citado por Langer, 1981).

2.1.3 Establecimiento

Carámbula (2008b) define el establecimiento o porcentaje de establecimiento como el número de plántulas saludables que se establecen en la pastura y se expresa como porcentaje del número de semillas viables sembradas. Este valor está limitado a las primeras etapas de vida de la pradera, al que se le denomina “de desarrollo”, y finaliza entre 10 y 12 semanas luego de la siembra. Dado que este porcentaje es la sumatoria de los porcentajes de germinación y de mortandad registrados durante el periodo, resume la habilidad de cada especie para contribuir a la composición de la pastura.

Al terminar la etapa autotrófica y comenzar la etapa heterotrófica, la plántula se independiza de la semilla y pasa a depender exclusivamente de los nutrientes del suelo. Es por esto que la disponibilidad de nutrientes y en particular de nitrógeno y fósforo pueden determinar la dominancia de unas especies sobre otras (Carámbula, 2008b).

2.2 SOBREVIVENCIA ESTIVAL

Estudios realizados por Campbell y Swain (1973) mostraron que las plantas establecidas en la primavera a la primavera siguiente, registraron el 81 % de las pérdidas durante el primer verano. Estos descensos fueron explicados principalmente por la competencia por luz con especies espontáneas.

Bologna y Hill, citados por Methol y Solari (1994) también registraron una merma de 69% del número de plantas totales en el primer periodo estival de la pradera, afectadas por precipitaciones ocurridas.

Con respecto al manejo de pastoreo en la primavera, luego de logrado un número adecuado de plantas arraigadas, se deben pastorear frecuentemente (30 días) para reducir la competencia por luz de las especies estivales residentes en el bajo. Llegado el verano si bien se debe aliviar un poco (40 días), el período de descanso no debe ser tan largo como para determinar la formación de maciegas y endurecimiento de las estivales que causen demasiada competencia y selectividad hacia las sembradas, ni tan frecuente que provoque un estrés continuado por el rebrote de las especies introducidas, ya que se encuentran casi siempre fuera de su estación óptima de crecimiento (Zanoniani, 1998).

Según Jones (1986) los diversos factores que controlan la persistencia de las especies forrajeras se agrupan, en sentido amplio, en aquellos que pueden ser manejados y controlados por el hombre, y en aquellos en los que el hombre no puede intervenir. En el primer caso por ejemplo la carga animal, el sistema de pastoreo y la aplicación de fertilizantes. En el segundo caso la persistencia depende de la especie sembrada, recurso genético, donde es posible encontrar persistencia vegetativa o persistencia reproductiva (capacidad de producción de semilla y/o resiembra natural) y el efecto del medio ambiente (tipo de suelo, pendiente, drenaje, precipitaciones, etc.).

En el Uruguay la evolución productiva de las pasturas sembradas es directamente dependiente de la persistencia del componente leguminosa. Estas

por lo general tienen su pico de producción en el segundo año, y luego declinan, siendo difícil que extiendan su vida productiva más allá del tercer o cuarto año (García, 1992). De esta forma a partir del tercer año comienzan a desaparecer las especies sembradas, produciéndose espacios libres en el tapiz donde avanzan malezas y gramillas (Carámbula, 2007).

Existen básicamente dos formas por la que las leguminosas persisten, siendo estas, la permanencia de la planta original o por resiembra e instalación de nuevas plantas. La importancia relativa de ambos mecanismos varía con la especie y el clima. Debido a que el clima en Uruguay se caracteriza por su aperiocidad, los estreses por sequías ocurren en cualquier momento del año, confiriéndole a la resiembra como mecanismo de persistencia un alto grado de erraticidad (García, 1992).

Un claro ejemplo es el *Trifolium repens*, este presenta un sistema radicular de bajo desarrollo, aspecto que se acentúa luego del segundo año. Esta característica lo hace sumamente susceptible a las condiciones estivales, poniendo en riesgo su persistencia, como fue mencionado anteriormente. Esto determina la necesidad de una apropiada resiembra para permanecer en el tapiz, sobretodo en suelos que presentan mayores deficiencias hídricas (Zanoniani, 1998).

El mismo autor sostiene que para obtener una buena resiembra natural es necesario que cuando esta se produce, en otoño, las pasturas tengan una altura baja. Esto se logra mediante los manejos de pastoreo, no permitiendo que exista una gran acumulación de forraje en primavera-verano, siendo esto importante también para mantener un número de plantas apropiado en el tiempo. También recomienda como estimador de la persistencia de un mejoramiento, contar el número de plantas por año, incluyendo las plantas que sobreviven de un año a otro y las que nacen en la resiembra.

2.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES Y CULTIVARES QUE COMPONENTEN LA MEZCLA

2.3.1 Festuca arundinacea

Gramínea perenne invernal de hábito de crecimiento cespitoso con presencia de rizomas muy cortos. Se adapta a un amplio rango de suelos, comportándose mejor en suelos medios a pesados, y tolera suelos ácidos y alcalinos (Langer, 1981).

Presenta un sistema radicular fibroso, profundo y muy extendido el que le permite obtener agua de horizontes muy profundos, confiriéndole la característica de buena resistencia a la sequía (Langer, 1981), no presentando latencia estival. Por lo que la persistencia de la festuca depende del desarrollo de un buen sistema radicular desde fines de invierno y primavera. Además de un manejo cuidadoso del pastoreo que no afecte desfavorablemente el rebrote de otoño (García 2003, Carámbula 2010, Formoso 2010).

Es una especie de buena precocidad otoñal, rápido rebrote de fines de invierno y una floración temprana (setiembre-octubre). En uso exclusivo de pastoreo se recomienda no permitir el encañado, ya que detiene la formación de macollas y el desarrollo del sistema radicular, proceso que debilita la planta (García, 2003).

Como desventajas de la especie se encuentra el lento establecimiento (Langer, 1981), falta de resiembra natural y la falta de apetecibilidad y de digestibilidad en etapas avanzadas del crecimiento. La primera, debido a que sus plántulas son muy poco vigorosas, siendo muy vulnerable a la competencia en este estado ya sea por malezas o por especies forrajeras acompañantes. Esta característica la hace una de las especies que más sufre en siembras consociadas con cereales.

Dada su alta producción y a su rebrote rápido, esta especie necesita disponer de muy buena fertilidad, si se quieren aprovechar sus características más sobresalientes (Carámbula, 2010). Por lo que necesita un suministro de

nitrógeno importante, ya sea aplicando fertilizantes nitrogenados o sembrándola en mezcla con leguminosas.

Admite defoliaciones intensas y frecuentes (entrar a pastorear con 10-15 cm como máximo para evitar la formación de maciegas y consiguiente mala calidad).

En Uruguay, INIA La Estanzuela ha sido creada la variedad sintética de uso público, Tacuabé para mejorar tres deficiencias agronómicas importantes que presentaba Kentucky 31, material hasta ese entonces más usado comercialmente en el país. Los tres objetivos de mejoramiento seguidos con relación al k 31 fueron aumentar el potencial de producción de forraje otoño-invernal, la persistencia productiva y la fuerza de competencia con respecto al trébol blanco (Formoso, 2010). Lográndose ventajas en la producción estacional de forraje de 49% en otoño y de un 22% en primavera, además de una relación adecuada en sus mezclas con trébol blanco y una persistencia productiva muy destacable (Formoso, 2010).

Es un cultivar que no presenta semilatenencia estival como los de tipo mediterráneo, su tasa de crecimiento máxima obtenida por Garcia (2003) se da durante la primavera y es de 52 kg/ha/día MS. En cambio, durante el verano mantiene tasas de crecimiento entre 10-20 kg/ha/día MS, aumenta un poco en otoño para luego volver a descender hacia el invierno.

La producción según la evaluación INIA-INASE 2010 para el primer año es 6037 kg/ha MS, el segundo 12577 kg/ha MS y el tercer año 10135 kg/ha MS.

2.3.2 Lotus corniculatus

Lotus corniculatus cv. San Gabriel es una leguminosa forrajera perenne de ciclo estival. Entre sus fortalezas se destaca que se adapta a un rango muy amplio de suelos, tiene un sistema radicular pivotante profundo, ofrece un buen potencial de producción primavero-estivo-otoñal con posibilidades de producción a fines de invierno en cultivares tempranos y presenta un elevado valor nutritivo que declina poco en pleno verano con la madurez. Algunas de las

limitantes es el lento crecimiento de sus plántulas y su difícil establecimiento, lo que quiere decir que no compite satisfactoriamente con plántulas de crecimiento rápido, ya sean cereales, forrajeras o malezas y el bajo vigor de sus plántulas origina un establecimiento del cultivo pobre, además de la susceptibilidad que presenta al mal manejo del pastoreo. Y en cuanto a la producción de semillas es afectada por la maduración despareja de las vainas y el proceso generalizado de desgrane de las mismas (Carámbula, 2010). Otra de las debilidades es la alta susceptibilidad a enfermedades de raíz y corona dado por *Fusarium oxysporum* y *Fusarium solani* (Altier, 1997).

El lotus no es exigente en cuanto a requerimientos de suelos. Es sumamente plástica, pudiendo presentar buen desarrollo tanto en suelos arenosos como en arcillosos; en suelos demasiado húmedos y pesados para la alfalfa o demasiado secos para el trébol blanco y en suelos moderadamente ácidos o alcalinos, aún con bajos porcentajes de fósforo. Sin embargo responde muy bien a la fertilización fosfatada y al encalado (Carámbula, 2010).

Su resistencia a la sequía, su alto valor nutritivo y su persistencia, hacen de ella una especie muy recomendable para ser incluida en mezclas forrajeras (Formoso, 1993).

Si bien presenta un patrón de crecimiento bastante parecido al de alfalfa, se destaca por poseer un mejor comportamiento bajo temperaturas frescas a frías y la gran ventaja de no producir meteorismo. Lotus al igual que las praderas mixtas, muestran una clara tendencia hacia una estacionalidad más marcada a medida que el cultivo envejece (Carámbula, 2010). Esto es reafirmado por Formoso (1993), que dice que la primavera es la estación en la que es menos notoria esta disminución de la producción por una mayor edad.

Una característica fundamental que presenta es el alargamiento de entrenudos, que determina que la defoliación retire no solo folíolos sino también meristemas apicales y axilares que se encuentran por encima de la altura de corte y que las hojas más nuevas, que se encuentran en la parte superior del canopeo, sean susceptibles a ser removidas durante el pastoreo, determinando

que el área foliar remanente sea nula o de baja capacidad fotosintética (Zanoniani y Ducamp, 1994).

En cuanto al manejo de pastoreo, Formoso (1996) indica que manejos frecuentes (10-12 cm) e intensos (3 cm) determinan una baja producción de forraje y baja longevidad de las plantas. Un manejo menos frecuente (20-25 cm) en verano sería el factor determinante en alcanzar condiciones de alta longevidad de plantas, y en estas condiciones la disminución de la intensidad de corte de 3 a 6 cm permitiría un mejor comportamiento productivo. Así mismo, manejos frecuentes en primavera determinan condiciones de menor producción de forraje y cuando se maneja en forma menos frecuente la producción de forraje anual incrementa. En condiciones de alta producción y persistencia (buenas condiciones fisiológicas y morfológicas del cultivo), el aumento de intensidad de corte de 6 a 3 cm, favorece mayores eficiencias de cosecha (eficiencia de utilización) y posibilita que se obtengan mayores rendimientos, por lo que se puede concluir que la intensidad de corte incide en forma diferencial según la condición fisiológica del cultivo. Las mayores producciones se logran cuando se manejan cortes menos frecuentes e intensidades de 3 a 6 cm.

La tasa de crecimiento máxima obtenida se presenta según Díaz et al. (1996) en primavera y es de 31 kg/ha/día MS.

La producción según la evaluación INIA-INASE 2010 para el primer año es 2319 kg/ha MS y para el segundo 12639 kg/ha MS.

2.3.3 *Trifolium repens*

Es una leguminosa perenne, aunque puede comportarse como anual, bienal o de vida corta, dependiendo de las condiciones del verano, ya que sufre enormemente la falta de agua y muchas plantas pueden morir durante el verano. Es de hábito estolonífera y ciclo invernal, pero su mayor producción se registra en primavera (Carámbula, 2010).

El cultivar Estanzuela Zapicán tuvo su origen en clones de trébol blanco selección Santa Fe. Este cultivar original, introducido hace varias décadas al país desde la provincia Argentina de Santa Fe, ha sido multiplicado en la zona de influencia de La Estanzuela y parte del litoral sur-oeste. Desde 1965 y hasta la fecha se le conoce con el nombre de Estanzuela Zapicán y ha sido incluido en el registro de forrajeras certificadas que realiza el Servicio de semillas de La Estanzuela (Pristch, 1976).

En las especies forrajeras interesa tanto la capacidad de producir forraje en cantidad y calidad como su estabilidad en el tiempo, esto es su capacidad de persistir, la cual en trébol blanco se logra mediante dos mecanismos: formación y enraizamiento de entrenudos nuevos (estolones hijos), y resiembra natural (Westbrooks y Tesar, citados por Formoso y Allegri, 1980). Estos dos mecanismos en cierta forma son antagónicos, dado que el primero se logra impidiendo la floración, y por otro lado si se deja florecer las yemas darán lugar a cabezuelas y no a nuevos estolones.

Los cultivares de floración temprana (como el cultivar Estanzuela Zapicán), que poseen alta capacidad de producción de semillas, están más adaptados a este mecanismo (Formoso y Allegri, 1980).

La intensidad de floración en el trébol blanco es gobernada por factores ambientales, sobre todo el fotoperíodo y la temperatura, durante el periodo de la iniciación floral, en este sentido en La Estanzuela se observó que Zapicán es capaz de florecer en otoño e invierno, aun bajo temperaturas de alrededor de 15 grados y fotoperíodos cortos.

El potencial para producir semilla es alto para la mayoría de los cultivares de trébol blanco (Pristch, 1976).

El trébol blanco se adapta al manejo intenso y produce altos rendimientos de materia seca dado que posee porte rastrero, tiene los meristemas contra el suelo, índice de área foliar (IAF) bajo, hojas jóvenes ubicadas en el estrato inferior y hojas maduras en el estrato superior. No

obstante bajo pastoreos muy intensos y frecuentes el trébol blanco pierde su habilidad competitiva, al igual que todas las plantas forrajeras (Carámbula, 2010).

Entre los caracteres que hacen del trébol blanco una de las especies más importantes para utilizar en las pasturas, lo son su elevado valor nutritivo y su habilidad para fijar cantidades muy apreciables de nitrógeno (Carámbula, 2010). Según Veribona (2006), el trébol blanco beneficia la ganadería intensiva de varias maneras, entre ellas, el valor de la pasturas con esta especie es superior, debido a su mayor contenido energético y de proteína cruda y a que la ingesta voluntaria de estas pasturas por el ganado son superiores debido a incrementos en la palatabilidad, lo que incrementa directamente el rendimiento y la producción ganadera.

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

La presencia de la gramínea no solo puede ser más eficiente para reducir el riesgo de empaste, sino que a la vez éstas aprovecharán mejor el nitrógeno de aquellas (Carámbula, 2010).

La máxima tasa de crecimiento se da en primavera llegando a 43 kg/ha/día MS (Díaz et al., 1996).

La producción según la evaluación INIA-INASE 2010 para el primer año es 4699 kg/ha MS y para el segundo 7359 kg/ha MS.

2.3.4 *Paspalum dilatatum*

Se trata de una gramínea subtropical (C4), autóctona, perenne de ciclo estival, la cual presenta un hábito de crecimiento rizomatoso a cepitoso, siendo sus rizomas muy cortos. Se adapta muy bien a suelos profundos y fértiles. Su

distribución geográfica nativa cubre toda la zona de la pampa húmeda y campos del cono Sur. Debido a su sistema radicular extenso, fuerte y profundo, es resistente a sequías y tolerante a excesos hídricos. Posee gran potencial de producción primavero – estivo – otoñal y reposo invernal, comenzando su período productivo en octubre finalizando en mayo, época cuando se inician las heladas (Carámbula, 2010). Presenta una temperatura óptima de crecimiento del entorno de los 25 °C (Thom, 2003). Es una gramínea de buena palatabilidad y presenta una buena producción de forraje (Burson y Watson, 1995). Según Carámbula (2010), es una especie de gran productividad que cubre fácilmente la deficiencia generalizada estival de forraje de la mayoría de las mezclas convencionales, ofreciendo una entrega más homogénea a lo largo del año.

La baja expansión de esta especie se ve afectada por el bajo porcentaje de semillas llenas, asociado muchas veces a un bajo porcentaje de germinación según García (1971). También sostiene que este comportamiento está asociado a factores inherentes a su forma de producción, a efectos producidos por el ataque del hongo *Claviceps paspali* y las condiciones ambientales durante la floración.

Esta especie presenta una baja implantación debido a la mala calidad de semilla y a su lenta germinación (Holt, 1956). Langer (1981), agrega que debido a su baja capacidad competitiva en el estado de plántula, el pasto miel no se establece bien cuando forma parte de una mezcla.

Puede instalarse en primavera como en otoño, siempre que la siembra se realice temprano. Aún en las mejores condiciones, demora varias semanas en germinar, siendo recién a los cuatro meses que las pequeñas plántulas adquieren vigor en caso de no sufrir competencia de otras especies (Carámbula, 2010).

En siembras de primavera, de preferencia en agosto, la germinación ocurre bajo condiciones muy favorables, promoviéndose un rápido desarrollo de las plántulas y una buena implantación debido a los aumentos sucesivos de temperatura (Carámbula, 2010).

Las siembras de otoño, en marzo o abril, facilitan la inclusión de esta especie en mezcla con forrajeras de ciclo invernal. Sin embargo, a pesar de que las bajas temperaturas no matan las plántulas de esta gramínea, la vegetación residente que se encuentra en pleno desarrollo puede dominarlas fácilmente, provocando que el establecimiento de dicha especie sea más demorado (Carámbula, 2010). Burson y Watson (1995) sostienen que la competencia de malezas en la implantación es un problema debido a la lenta y errática germinación que presenta esta especie. Según Harris y Lazenby (1974), el factor principal determinante de un establecimiento lento de la especie es en las siembras de otoño, es que se da justo antes del reposo invernal de la misma. Esto ocasiona una baja habilidad competitiva de la gramínea para ganar espacio durante su establecimiento, causando una prolongada supresión y disminuyendo su crecimiento estival en el primer año (Carámbula y Santiñaque, 1981).

A pesar de los problemas de implantación mencionados, esta gramínea presenta una gran persistencia y demora en exterminarse en las degradaciones pratenses, igualmente no es agresiva (Carámbula, 2010).

En lo que refiere a su manejo bajo pastoreo, Carámbula (2010) sostiene que el *Paspalum dilatatum* para mantener su calidad requiere pastoreos intensos y frecuentes, resistiendo bien al pisoteo y el diente sin problemas, debido a que la mayor parte de los rebrotes se producen desde yemas ubicadas por debajo del nivel del suelo.

En cuanto al rebrote, el contenido de reservas del paspalum cumple un papel más importante que la superficie foliar remanente (Watson y Ward, 1970).

Boggiano y Zanoniani¹ coinciden que el *Paspalum dilatatum* con el objetivo de mantener la calidad, este debe pastorearse con una frecuencia de 20 cm y una intensidad de 7 a 10 cm.

¹ Boggiano, P.; Zanoniani, R. 2011. Com. personal.

Un tercer grupo, Burson y Watson (1995), mantienen también que ésta gramínea soporta altas cargas de pastoreo, siendo la altura óptima de defoliación entre 7,5 y 10 cm para obtener una mayor producción de forraje.

Para obtener una mejor persistencia y una mayor calidad de materia seca en paspalum es necesario un manejo que elimine las macollas reproductivas, debido a que el ciclo vegetativo se confunde con el reproductivo, asegurando un macollaje continuo (Carámbula, 2010).

La presencia de esta gramínea en mezclas, dada su gran persistencia, le permite aportar mayor longevidad y un mejor equilibrio entre gramíneas y leguminosas, disminuyendo paralelamente los riesgos de infestación de malezas, especialmente cuando existe un mayor porcentaje de especies invernales en la pastura, cubriendo los espacios libres dejados por estas en verano (Carámbula, 2010). También, su buena calidad en respuesta a un manejo correcto, permite lograr forraje capaz de cubrir satisfactoriamente los requerimientos de las diferentes producciones animales.

El manejo adecuado de la pastura es muy importante para mantener el balance de especies y permitir la persistencia del paspalum, sobre todo si la mezcla contiene leguminosas y especies anuales invernales, debido a que el sombreado de la especie anual invernal puede producir un retraso en el crecimiento del paspalum en principios y mediados de la primavera (Harris et al., 1981).

Otra debilidad que presenta la especie es que puede provocar ergotismo en los animales debido a la infección por el hongo *Claviceps paspali* (Burson y Watson, 1995).

La producción según Cicardi e Irazoqui, citados por Pizarro (2000) es de 6000-9000 kg/ha/año MS y según Álvarez, citado por Pizarro (2000) es de 4500-12000 kg/ha/año MS.

2.3.5 *Paspalum notatum*

Es una gramínea subtropical (C4), autóctona, perenne, de ciclo estival y apomíctica. Presenta hábito de crecimiento estolonífero y tipo productivo fino (Burson y Watson, 1995). Es originaria de regiones que presentan precipitaciones en las estaciones cálidas y persiste en una gran diversidad de suelos en la zona subtropical de América del Sur, encontrándose especialmente en el sur de Brasil, Paraguay, Uruguay y el noreste argentino donde su importancia como forrajera es debido a la buena calidad de forraje (Maraschin, 2000). La temperatura óptima de crecimiento es entre 25 y 30 °C según Russell y Webb (1976). Presenta una gran tolerancia a un amplio tipo de suelos, se adapta muy bien a suelos livianos de baja fertilidad y alta saturación de aluminio debido a su sistema radicular profundo. Debido a sus tallos rastreros densamente radiculados con raíces largas y fibrosas, forman pasturas densas y firmes, aún en suelos arenosos y secos (Skerman y Riveros, 1992).

Se propaga tanto vegetativamente como por semilla. Su producción forrajera se extiende desde la primavera hasta el otoño, mientras en invierno se seca debido al frío y se observa la parte superior quemada en consecuencia de las heladas, sin embargo mantiene un crecimiento activo mensurable en esta época. Presenta una buena adaptación al pastoreo y es resistente al pisoteo debido a sus estolones que están protegidos por las vainas que los cubren (Maraschin, 2000). Es un buen colonizador de espacios descubiertos no permitiendo el ingreso de malezas, especialmente del *Cynodon dactylon*, contribuyendo además a la persistencia de la pradera (Burson y Watson, 1995). Su profundo sistema radicular le confiere la tolerancia a la sequía.

La siembra de primavera de esta gramínea es generalmente la más utilizada luego de ocurrida la última helada (Burson y Watson, 1995). Presenta una germinación lenta. Skerman y Riveros (1992) sostienen que ésta mejora luego de tres años de almacenamiento de la semilla y luego vuelve a disminuir. La latencia puede interrumpirse con un tratamiento a base de ácido sulfúrico y pasando las semillas por un molino de mazos (Burton, citado por Skerman y Riveros, 1992). La plántula presenta un vigor bajo, por lo que se debe evitar la

competencia con malezas en esta etapa. Una vez establecida aumenta el crecimiento formando un césped tupido y puede hasta llegar a convertirse en maleza (Skerman y Riveros, 1992).

Dicha especie soporta pastoreos frecuentes e intensos hasta continuos, siendo en esos casos y en campo natural una de las gramíneas que más contribuye (Millot, 1991). Sin embargo se promueve con pastoreos entre 15 cm de altura de ingreso hasta 5 cm de salida, en los cuales es capaz de demostrar altos niveles de producción (Boggiano, 2000). Según Skerman y Riveros (1992), al ser una especie rastrera la mayor parte del forraje se encuentra cerca de la superficie del suelo, esto hace que deba ser pastoreada con frecuencia e intensidad para obtener la mejor calidad.

El cultivar utilizado fue Pensacola, que presenta una hoja estrecha pero menos vellosa que otros cultivares. Produce semillas más pequeñas pero en mayor cantidad que otros (Skerman y Riveros, 1992). Es de origen americano, y se encuentra en el mercado desde mediados de los 50.

La producción es de 6000-9000 kg/ha/año MS (Cicardi e Irazoqui, citados por Pizarro, 2000) y de 4500-12000 kg/ha/año MS (Álvarez, citado por Pizarro, 2000).

2.4 MEZCLAS

Carámbula (2010) define mezcla forrajera como una población artificial formada por varias especies con diferentes características tanto morfológicas como fisiológicas. Como resultado de esta “población artificial” de especies y de las características de cada una en particular, se produce un proceso complejo de interferencias que puede conducir a alguno de los siguientes resultados; mutua depresión, depresión de una especie en beneficio de otra, mutuo beneficio y por último falta total de interferencia.

Según Correa (2003), al momento de la elección de especies a incluir en la mezcla se debe tener en cuenta; a) la adaptación edáfica de la especie, b)

la zona geográfica donde se va a sembrar, c) el destino del recurso, d) duración de la pradera y momento de aprovechamiento, e) y el sistema de producción.

Pensando en el factor competencia que se puede generar entre las especies sembradas, Santiñaque (1979) plantea que dos plantas, independientemente de cuán cerca estén una de la otra no compiten entre sí mientras el contenido de agua, nutrientes, luz y calor se encuentre en exceso sobre las necesidades de ambas. Teniendo en cuenta que basta que uno de los factores decaiga por debajo de la demanda combinada de ambas plantas, para que dicha competencia comience. Además de considerar que pueden ocurrir relaciones benéficas entre las especies sembradas. Por esta razón el proceso más exacto para definir esta relación sería "interferencia" (Donald, citado por Santiñaque, 1979). La cual se define como la respuesta de una planta individual o plantas de una especie al ambiente total cuando éste es modificado por la presencia y/o el crecimiento de otros individuos.

Santiñaque (1979) nombra las principales especies disponibles para formar mezclas en Uruguay, separando por componente gramínea o componente leguminosa.

Haciendo referencia a las gramíneas aporta que su importancia radica en que constituye el volumen más importante de forraje para los animales, separándolas en invernales y estivales. Dentro de las estivales, propone al *Paspalum dilatatum*, especie que asociada con otras invernales sería capaz de aprovechar el potencial productivo de los suelos durante el verano, cumpliendo una función semejante a lo que acontece en las praderas naturales. Como gramíneas invernales propone las especies normalmente usadas en el país, *Festuca arundinacea*, *Phalaris tuberosa*, entre otras. Con un comportamiento que determina dos periodos productivos, primavera y otoño y un periodo invernal donde se observa una disminución en la producción de forraje y finalmente un reposo total o casi total durante el verano según sean las condiciones climáticas.

Clasifica a las leguminosas como “dadoras” de nitrógeno al componente gramínea asociado y como responsables de incrementar el valor nutritivo del forraje. Recomendando el uso de leguminosas templadas de crecimiento estival, como *Medicago sativa* y *Lotus corniculatus*.

Como clasificación general de las mezclas se destacan mezclas ultra simples, mezclas simples y mezclas complejas, las diferencias entre unas y otras radica en el número de especies integrantes.

Las mezclas ultra simples están formadas por una gramínea y una leguminosa ambas de ciclo invernal o estival, se puede citar como ejemplo; festuca-trébol blanco (invernales) o paspalum-lotus (estivales).

Las mezclas simples consisten en una mezcla ultra simple mas una gramínea o leguminosa de ciclo complementario, teniendo como ejemplo festuca-trébol blanco-lotus. Según Langer (1981), utilizando mezclas simples de especies compatibles el potencial de crecimiento individual es alcanzado con mayor facilidad por reducción de la competencia interespecífica y por lo tanto el manejo es más fácil, si lo comparamos con las mezclas complejas.

Por último las mezclas complejas, las cuales pueden ser de ciclos similares (varias gramíneas y leguminosas del mismo ciclo) o de ciclos complementarios (dos gramíneas y dos leguminosas de ciclo diferentes). Existiendo como ejemplo, para el primer caso festuca-falaris-trébol blanco-trébol rojo y para el segundo lotus-paspalum-festuca-trébol blanco. Se las clasifica como mezclas de difícil establecimiento y manejo. Langer (1981) plantea que es virtualmente imposible proveerle condiciones de establecimiento y manejos óptimos para todas las especies, provocando que algunas desaparezcan pronto.

El rol de las gramíneas dentro de las mezclas es aportar; a) productividad sostenida por varios años, b) adaptación a gran variedad de suelos, c) facilidad de mantenimiento de poblaciones adecuadas, d) explotación

total del nitrógeno simbiótico, e) estabilidad en la pastura, h) baja vulnerabilidad a la invasión de malezas y g) mejora las propiedades físicas del suelo.

En el caso de las leguminosas; a) ofrecen nitrógeno a las gramíneas, b) poseen alto valor nutritivo para completar la dieta animal, c) promueven la fertilidad en suelos naturalmente pobres, así como degradados por un mal manejo (Carámbula, 2010). Según Boggiano y Zanoniani¹, la cantidad de nitrógeno fijado en los nódulos de las leguminosas no es suficiente para cubrir sus propias necesidades durante el primer año y los inviernos, por lo cual se descarta la capacidad de ofrecérsela a las gramíneas.

Según Formoso (2010), a medida que se aumenta el número de especies en la mezcla, las contribuciones individuales de cada componente disminuyen, sin embargo, las especies deprimidas en uno o dos periodos del año pasan a ser dominantes en otros, donde tienen ventajas comparativas de crecimiento, estas complementaciones posibilitan aumentar los rendimientos globales de las asociaciones.

Se debe tener en cuenta además las temperaturas óptimas de crecimiento de cada especie, como forma de lograr una distribución de forraje homogénea en las distintas estaciones. Siendo entre 15 y 20 °C la temperatura óptima de crecimiento para las especies templadas, y de 30 a 35 °C para las tropicales (Carámbula, 2008a). Por otro lado Langer (1981) sostiene que la temperatura óptima para especies templadas es 20 °C y 25°C, por lo tanto se manejó como óptimo 20°C.

En el siguiente cuadro se cuantifica en el primer año de la mezcla la producción estacional y el porcentaje en que contribuye cada especie (Santiñaque, 1979).

Cuadro No. 1: Producción estacional (expresada en kg/ha MS) y composición botánica expresada como porcentaje de la misma.

Tratamientos	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
Total (kg/ha MS)	4144	2764	2156	1531
Festuca (%)	4	17	23	29
T. blanco (%)	76	62	70	70
P. dilatatum (%)	---	11	3	---
Lotus (%)	20	10	4	1

2.5 EFECTOS DEL PASTOREO

El manejo de pastoreo en pasturas cultivadas, según Formoso (1996), presenta dos objetivos principales, siendo estos “maximizar el crecimiento y utilización de forraje de alta calidad para consumo animal” y “mantener las pasturas vigorosas, persistentes y estables a largo plazo”.

En otras palabras, el manejo de pastoreo tiene como finalidad proveer un forraje de alta calidad durante el mayor período de tiempo y de asegurar un buen porcentaje de utilización de la pastura, manteniendo ganancias aceptables por parte de los animales, por ejemplo obtener una conversión eficiente de pasto a producto animal (Fisher et al., 2000).

A esto, Carámbula (1992), agrega que un buen manejo de las pasturas debe considerar las variaciones climáticas, pero sobre todo, los cambios morfológicos que en cada estación presentan las especies.

2.5.1 Defoliación

La defoliación está definida por la frecuencia, intensidad, uniformidad y duración del pastoreo en relación a las fases de desarrollo de la pastura. Cabe destacar que generalmente cuanto mayor es la intensidad y frecuencia de la defoliación, la producción de la pastura se reduce (Harris, 1978).

El rebrote de la pastura luego de la defoliación está condicionado por el tejido fotosintético residual, carbohidratos y otras reservas, la tasa de crecimiento de las raíces y la absorción de nutrientes y agua, y la cantidad y actividad de los meristemas que sobrevivieron, dependiendo de la especie (Harris, 1978).

Luego Clarke (1983), confirma lo mencionado en los párrafos anteriores, señalando que la persistencia y productividad de una pradera está en gran parte determinada por la severidad y frecuencia de defoliación de la misma, sumada a la selectividad de los animales pastoreando. Debido a los diferentes hábitos de crecimiento de las especies que integran una pastura, no existe una altura ideal de defoliación.

Carámbula (1977), resume los rendimientos relativos de cuatro leguminosas bajo distintas frecuencias de pastoreo, lo que se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro No. 2: Rendimientos relativos de cuatro leguminosas bajo distintas frecuencias de pastoreo.

Especie	Alfalfa	Lotus	Trébol blanco	Trébol rojo
Frecuencia de pastoreo (altura de forraje al ser cosechado – cm)	20 – 45	12-24	7 - 14 - 21	10 - 20 – 30
Rendimientos relativos de los distintos tratamientos (%)	50 – 100	42 - 100	100 - 84 - 89	83 - 100 – 76
Altura del rastrojo luego de realizado el tratamiento (cm)	3 – 4	5	2 – 3	2 – 3
Número de cultivares bajo estudio	25	11	5	5
Fuente de información	Chiara, citado por Carámbula (1977)	Gardner et al., citados por Carámbula (1977)	Gardner et al., citados por Carámbula (1977)	

El pastoreo es el factor más importante en provocar grandes modificaciones en la composición mediante la época e intensidad del pastoreo en conjunto con la duración del intervalo de descanso (Jones, citado por Langer, 1981).

Por último, Formoso (1996), mantiene que los efectos de la defoliación varían de acuerdo a la estación del año y las características morfofisiológicas de cada especie y/o cultivar.

2.5.1.1 Bases morfológicas y fisiológicas del manejo de pasturas

En cuanto a la maximización del crecimiento y la utilización de forraje de alta calidad para el consumo animal dependen del sistema de defoliación impuesto (Formoso, 1996). La respuesta a este manejo está condicionada por:

- La estructura morfológica
- La condición fisiológica
- Las capacidades de ajuste y re adaptación morfofisiológica, o sea plasticidad morfológica y fisiológica.

La defoliación determina una disminución instantánea de la actividad fotosintética y consecuentemente del nivel de energía disponible para la planta (Simpson y Culvenor, 1987).

Cuando las plantas son defoliadas la prioridad apunta hacia un nuevo objetivo que es maximizar la velocidad de refoliación utilizando eficientemente la energía remanente post defoliación a los efectos de establecer lo más rápido posible un balance positivo de fijación de energía. La respuesta inmediata a la defoliación depende de cuan intensa haya sido ésta (Richards, 1993).

A medida que estos procesos evolucionan, la refoliación alcanza un tamaño y actividad que posibilita la producción de las máximas tasas de incremento de materia seca aérea, se alcanza un índice de área foliar óptimo y se intercepta el 90% o más de la radiación fotosintéticamente activa (Simpson y Culvenor, 1987).

La maximización de la velocidad de refoliación se sustenta en un factor morfológico, el número de meristemas refoliadores, y en otro fisiológico, la disponibilidad de energía para los mismos, que son determinantes de las tasas de rebrote (Harris 1978, Smethan 1990).

Una vez defoliadas las plantas, un sistema de “señales” determina un nuevo reordenamiento interno de las mismas donde se establece una priorización dentro de los meristemas refoliadores (Volenc y Nelson, 1984).

Se puede asumir el siguiente ordenamiento jerárquico de los meristemas refoliadores en términos de actividad secuencial decreciente, para gramíneas y leguminosas (Formoso, 1996):

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

Distintos autores (Hyder, Smith, citados por Formoso, 1996) clasifican los meristemas refoliadores en:

- Meristemo Apical
- Meristemo o Primordio foliar
- Meristemo Axilar, con capacidad morfogénica equivalente al apical, dando origen:
 - En fase vegetativa a:
 - ❖ Macollas en gramíneas
 - ❖ Tallos en alfalfa, lotus, trébol rojo
 - ❖ Estolones en trébol Blanco
 - En Fase reproductiva a:
 - ❖ Estructuras de las inflorescencias de gramíneas y leguminosas
- Meristemo nodal intercalar
- Meristemas basilares

Los meristemas apicales son el centro de actividad morfogénica, generando nuevos órganos (organogénesis, como hojas, tallos, inflorescencias, etc) y constituyen los centros directos o indirectos de regulación y coordinación, espacial y temporal del crecimiento y desarrollo de las plantas (Hillman, citado por Formoso, 1996).

Los patrones de crecimiento de estos meristemas definen la localización y distribución en el estrato vertical de los puntos de crecimiento y la estructura, hábito de crecimiento, o apariencia externa de las plantas, ya sea erecta o postrada o intermedia (Hillman, Hyder, Smith, citados por Formoso, 1996).

2.5.1 Parámetros que definen pastoreo

2.5.2.1 Frecuencia

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

La frecuencia de utilización depende de cada especie en particular o de la composición de la pastura y de la época del año en que ella 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, aspecto que será demostrado en teoría por el IAF óptimo (Carámbula, 2008b).

Según Hodgson (1990), la altura de la pastura es el indicador más útil para los propósitos de manejo, siendo esta la variable más simple para predecir la respuesta, tanto de la pastura como del animal.

Para Nabinger (1998), la frecuencia es un componente del sistema de pastoreo, plantea que la forma de utilización de las pasturas con animales varía en función de la frecuencia que una misma área es pastoreada, es decir que es el intervalo de tiempo entre un pastoreo y otro, el tiempo en que los animales

permanecen pastoreando esa misma área, y de la intensidad con que el pastoreo remueve la parte aérea de las plantas.

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

Brougham, citado por Langer (1981) realizó estudios de cortes secuenciales en otoño-invierno en una pastura de raigrás y trébol blanco, demostrando que el incremento de materia seca decayó luego de un período de seis semanas de descanso. Se pudo concluir que en un período de descanso mayor a seis semanas resultó en una pérdida de crecimiento potencial. Por este motivo, períodos de pastoreo más frecuentes (intervalo de descanso de seis semanas), resultaron en un rendimiento total mayor que períodos de pastoreo menos frecuentes, con intervalos de descanso más prolongados (9 y 18 semanas).

Años después, el mismo autor examinó los efectos de distintas frecuencias (18 y 7,5 cm), pastoreando a diferentes intensidades (7,5 – 2,5 cm) en invierno, primavera, verano y otoño, comparando los cambios estacionales en los distintos manejos siendo estos de 18 a 7,5 cm y de 7,5 a 2,5 cm. Pastoreos frecuentes en otoño y especialmente en invierno, mejoraron notoriamente la producción de materia seca de la pastura, mientras que en verano resultó en un descenso de la producción debido a efectos conjuntos del manejo de defoliación y del estrés hídrico. El buen resultado del manejo frecuente en otoño e invierno se explica por los bajos niveles de luz de esta época que determinan un menor IAF óptimo de la pastura. Los rendimientos máximos también son más bajos, pues el sombreado y la senescencia ocurren más temprano (Brougham, citado por Harris, 1978).

Tanto las características del suelo como su capacidad de almacenamiento de agua, determinan mayores o menores frecuencias en primavera verano (Zanoniani, 1999).

2.5.2.2 Intensidad

La intensidad es determinada por la altura de salida de pastoreo, porcentaje de utilización, área foliar residual, severidad, duración y reservas para el rebrote. Ésta representa la proporción y el estado fisiológico de la biomasa removida en una defoliación (Harris, 1978).

Cada especie posee una altura mínima a la cual puede dejarse el remanente sin que el crecimiento posterior sea afectado negativamente. Las especies prostradas admiten alturas menores de defoliación que las erectas, aunque estas últimas pueden adaptarse adquiriendo arquitecturas más rastreras como respuesta a un manejo intenso (Carámbula, 2008b).

El tiempo transcurrido hasta lograr el IAF crítico dependerá no solo de la época del año, sino también y, fundamentalmente, de la altura hasta la cual la pastura ha sido previamente pastoreada o cortada. En condiciones normales de pastoreos se deja un remanente de 2,5 a 7,5 cm de altura. Cuanto más baja sea defoliada una pastura, mayor será el periodo transcurrido antes de que esta alcance el IAF crítico (Langer, 1981).

Zanoniani et al. (2006b) evaluó el efecto de cuatro intensidades: 2,5, 5,0, 7,5 y 10 cm, determinando en cada tratamiento la producción estacional y anual, su utilización, los efectos de los manejos realizados sobre la producción de forraje otoño-invernal y el No. de macollas en el otoño.

En lo que refiere a la producción anual, sostiene que los manejos realizados no determinaron diferencias estadísticas significativas para los distintos cultivares durante el primer año de vida a pesar de existir diferencias de producción de forraje de hasta 1500 kg/ha MS.

En cuanto a la producción estacional, las principales diferencias encontradas son debido al aporte primavero-estival de cada alternativa, no siendo la principal causa el manejo.

Con referencia a la utilización de forraje se detectó una relación lineal con la intensidad de pastoreo, aumentando al reducir la altura del remanente.

Las principales diferencias entre los distintos manejos en el experimento, se comenzaron a manifestar luego del verano del primer año. Se observó una clara tendencia a un mejor comportamiento de los manejos más aliviados, siendo 7,5 cm el remanente que presentó el mejor comportamiento. Este resultado no se debe como consecuencia de poseer una mayor cantidad de macollas, sino al mayor peso de las mismas, que presumiblemente se tradujo a una mejor posibilidad de extraer agua desde horizontes más profundos.

Las diferencias en la producción de forraje durante el período otoño-invierno del segundo año fueron determinadas no solo por el manejo sino también por las condiciones climáticas del verano que afectaron a las especies, destacándose nuevamente el tratamiento de 7,5 cm de remanente. Zanoniani et al. (2006a) concluye que las principales diferencias encontradas son debidas a un efecto de la alternativa evaluada más que a las intensidades de pastoreo. Esto es consecuencia de que las alturas determinadas para el ingreso del pastoreo permitieron recuperar el área foliar y el estado de la pastura, amortiguando el efecto de las intensidades de defoliación.

Según Zanoniani (1999), una altura óptima de remanente de pastoreo es difícil de determinar, pero en especies de mayor productividad, alturas superiores a 5 cm no limitan la productividad de la pastura. Menores intensidades son acompañadas por menores tiempos de reingreso a la pastura, esto varía según la estación del año: en primavera-verano la altura es siempre mayor que en otoño-invierno, ya que la tasa de crecimiento de la pastura es menor.

2.5.2.3 Uniformidad

Como subcategoría del parámetro intensidad se encuentra la uniformidad, que se puede observar de dos puntos de vista. Desde la planta

vista como unidad, describe la remoción de diferentes partes de la planta, y del punto de vista de la comunidad de plantas implica la defoliación diferencial de especies en particular (Harris, 1978).

2.5.2.4 Momento

El momento de pastoreo está determinado por las fases de desarrollo de las plantas que componen las pasturas y la estación del año (Harris, 1978).

El momento según las estaciones del año lo determina la tasa de crecimiento de la pasturas, el objetivo es que el forraje ofrecido a los animales este compuesto por hojas nuevas, es decir en los momentos de mayor tasa de crecimiento como en la primavera, se acelera la frecuencia de pastoreo y de esta manera se evita la acumulación de material senescente. Ya en el verano la frecuencia del pastoreo es la misma pero se modifica según el ciclo de las especies sembradas (estivales o invernales) y la capacidad de acumulación de agua del suelo.

Durante el otoño, con el objetivo de permitir una buena penetración de luz, y favorecer la resiembra, brotación y macollaje de especies invernales, se aumenta la intensidad y los tiempos de descanso, logrando así el consumo de los restos secos que quedaron del verano.

En invierno, la tasa de crecimiento es menor, por lo que la frecuencia se debe disminuir, con el objetivo de permitir un crecimiento óptimo de las especies invernales (Zanoniani, 1999).

2.6 CARACTERÍSTICAS MORFOGENÉTICAS DE LAS GRAMÍNEAS Y ESTRUCTURA DE LAS PASTURAS

Las pasturas son entidades dinámicas en las cuales la producción y pérdida de forraje ocurren en forma simultánea (Hodgson et al., 1981), como consecuencia de los procesos de crecimiento y senescencia.

La cuantificación de los procesos de aparición, expansión y senescencia foliar a nivel de macollos de gramíneas (morfogénesis), brinda información básica para comprender la dinámica de la producción y pérdida de forraje (Colabelli et al., 1998).

Las gramíneas manifiestan un sincronismo entre la aparición de una hoja nueva y el comienzo de senescencia de la más vieja (Thomas y Stoddart, 1980), lo que 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).

Siendo la temperatura el principal factor ambiental que determina el desarrollo foliar (Anslow, citado por Colabelli et al., 1998), la dinámica de producción y pérdida de forraje se puede ajustar por medio de la relación existente entre la aparición de hojas y la temperatura (Colabelli et al., 1998).

2.6.1 Morfogénesis de gramíneas forrajeras

El término morfogénesis abarca 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, 1993).

Se definen tres características morfogénicas principales, determinadas genéticamente e influenciadas por condiciones ambientales como: tasa de aparición de hojas, tasa de elongación foliar y vida media foliar (Chapman y Lemaire, 1993), que determinan en gran parte los cambios estructurales que experimentan los macollos.

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 (Colabelli et al., 1998).

El macollo es la unidad morfofisiológica de la gramínea. Cada macollo es una réplica completa del vástago original, con su propio ápice de tallo, hojas, nudos, entrenudos y raíces adventicias (Langer, 1981), estando formado por uniones de fitómeros.

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

2.6.1.1 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 la estrecha relación con la temperatura puede ser calculado como suma térmica (producto del intervalo en días, por la temperatura media diaria del intervalo). En este caso, se denomina filocrón y su unidad es grados día, siendo el inverso de la tasa de aparición de hojas (Chapman y Lemaire 1993, Skinner y Nelson 1995, Agnusdei y Lemaire 2000). Según Lemaire et al. (1985) la *Festuca arundinacea* presenta un valor de filocrón de 230 °C día, reportando un valor similar Agnusdei et al. (1998) de 204 °C día.

2.6.1.2 Tasa de elongación foliar

Se refiere al incremento en longitud de lámina verde en un intervalo de tiempo o de suma térmica. La elongación foliar es la principal expresión del crecimiento de una hoja. El ancho foliar presenta normalmente variaciones de menor magnitud (Chapman y Lemaire 1993, Agnusdei y Lemaire 2000).

2.6.1.3 Vida media foliar

Es el intervalo transcurrido entre la aparición de una hoja y el comienzo de la senescencia. Puede ser expresada como número de intervalos de

aparición de hojas. Las hojas tienen una vida limitada, en el que luego de crecer, comienza la etapa de senescencia y muere, siendo ésta una característica relativamente estable para cada genotipo (Vine 1983, Chapman y Lemaire 1993, Agnusdei y Lemaire 2000).

2.6.2 Efecto de los factores ambientales sobre los procesos morfogénéticos y variables estructurales de las pasturas

El crecimiento y el desarrollo de las plantas están controlados por las condiciones ambientales. Estos factores se pueden clasificar en no controlables y controlables. Siendo para el primer caso temperatura y humedad y para el segundo, agua, nitrógeno y calidad de la luz (Azanza et al., 2004).

2.6.2.1 Efecto de la temperatura

La temperatura y la radiación son los principales factores ambientales no controlables que definen el crecimiento estacional de una pastura, pudiendo considerarse a la primera como determinante de la tasa de crecimiento de la biomasa aérea (Guillet et al., citados por Azanza et al., 2004).

La temperatura actúa principalmente sobre la tasa de aparición foliar, la tasa de elongación foliar y senescencia foliar (Chapman y Lemaire, 1993).

La velocidad del proceso de morfogénesis depende de la temperatura, y existe un umbral por encima del cual la planta responde desarrollándose y/o creciendo. La tasa de elongación foliar, al igual que la tasa de aparición foliar, aumentan con la temperatura (Colabelli et al., 1998).

Agnusdei y Lemaire (2000) proponen que la longitud total de la hoja tiende a disminuir de otoño a invierno, esto está relacionado a la tendencia general de disminución de la temperatura y presenta incrementos progresivos con el aumento de la misma durante la primavera.

2.6.2.2 Agua

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

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

2.6.2.3 Nitrógeno

El efecto del nitrógeno sobre la tasa de aparición de hojas, no muestra efectos significativos para gramíneas forrajeras adaptadas a regiones templado-húmedas (Wilman y Wright, 1983). Esta relativa independencia podría ser explicada en función de que la translocación y utilización de asimilatos es prioritaria para la producción de hojas en comparación con otros órganos de la planta. Sin embargo, en situaciones de carencias marcadas de este mineral, puede manifestarse un efecto positivo significativo (Marino, citado por Colabelli et al., 1998).

La mortalidad de hojas es un proceso ligado a su aparición, y para las gramíneas forrajeras templadas, un macollo adulto es capaz de sostener alrededor de tres hojas vivas. Sin embargo, en condiciones de deficiencias severas de nitrógeno se han encontrado reducciones en el número de hojas vivas por macollo, probablemente por la acción de un programa de senescencia que determina una redistribución del nitrógeno hacia órganos prioritarios (Thomas y Stoddart, 1980).

La elongación foliar es la actividad meristemática que demanda prioritariamente elementos minerales, y su disponibilidad proviene del consumo

directo a partir del suelo o de la translocación de los tejidos senescentes. La tasa de elongación foliar en gramíneas forrajeras es la componente más importante en la determinación del crecimiento aéreo, y en comparación a los demás componentes del crecimiento, es la que mayor sensibilidad muestra a diferentes niveles de nutrición con nitrógeno (Gastal y Lemaire, 1988).

2.6.2.4 Calidad de la luz

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

El ambiente lumínico de una cubierta vegetal es normalmente heterogéneo. La parte superior del mismo recibe la totalidad de la luz incidente, disminuyendo 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 es denominada luz visible. Dado que las longitudes de onda roja y azul de la PAR son absorbidas preferencialmente por los pigmentos fotosintéticos, las mismas resultan poco transmitidas y reflejadas a los estratos inferiores del canopeo. Así, la cantidad y la calidad de la radiación solar se reducen y modifican drásticamente desde la parte superior a la parte inferior de un canopeo denso. En este sentido, es esperable que en general los canopeos bajos y abiertos presenten un ambiente lumínico más homogéneo y más ricos que aquellos (De Las Rivas, 2000)

Las principales respuestas fotomorfogenéticas de las plantas están mediadas por pigmentos fotosensibles: Fitocromo (sensible en la porción del Rojo (R) y el Rojo Lejano (RL) del espectro lumínico), Criocromo (sensible a la porción Azul) y UVcromo (sensible a los rayos Ultra Violeta). Una baja cantidad de luz y una baja relación R:RL provocan tres respuestas principales en las

plantas: aumento de asignación de recursos a la parte aérea (tallos:raíz alta), alargamiento de los órganos ya existentes, reducción del macollaje (Deregibus et al., 1985).

Por esta razón, cuando las pasturas acumulan excesivo material y se genera un ambiente sombreado (pasturas cerradas), la estructura de la cubierta se caracteriza por una baja densidad de macollos de tamaño grande respecto de pasturas mantenidas en un ambiente bien iluminado (Colabelli et al., 1998).

2.7 PRODUCCIÓN ANIMAL

2.7.1 Efectos del pastoreo sobre el desempeño animal

Según Blaser et al. (1960), el desempeño animal será un efecto directo de la cantidad y calidad de forraje consumido, pero modificado por la habilidad del propio animal en digerir y transformar esa materia seca en nutrientes asimilables.

El consumo y selectividad animal bajo pastoreo tiene una importancia fundamental en determinar la productividad animal (Hodgson 1981, Poppi et al. 1987) y la eficiencia global de los sistemas pastoriles (Hodgson, 1990). Esto demuestra que el conocimiento de las relaciones entre pasturas y animales es determinante en la maximización de la producción animal en sistemas pastoriles.

La productividad de un sistema pastoril es el resultado integrado de la producción de forraje, su utilización por parte de los animales y la eficiencia con que este forraje consumido es transformado en producto animal (Hodgson, 1990).

La intensidad de pastoreo sería el principal factor que afecta este proceso y puede ser regulado a través del manejo de la carga y método de pastoreo, que afecta la distribución espacial y temporal de los animales en las diferentes parcelas (Escuder, citado por Beretta et al., 2007).

El pastoreo rotativo demuestra ser benéfico desde el punto de vista de la producción total de forraje de algunas especies al incrementar el tiempo entre defoliaciones (Hodgson, 1990). El mismo reporta un aumento de 6 a 7 % en pastoreo rotativo respecto al pastoreo continuo bajo una misma carga debido a una mayor acumulación de forraje por superficie y a una mejor utilización del mismo.

2.7.2 Consumo animal

La cantidad de alimento que un animal puede consumir en forma individual es el factor más importante en determinar la performance animal. La productividad de un animal, dada cierta dieta, depende en más de un 70% (Waldo, citado por Chilbroste, 1998) de la cantidad de alimento que pueda consumir y en menor proporción de la eficiencia con que digiera y metabolice los nutrientes consumidos.

Según Poppi et al. (1987), Hodgson (1990), el consumo animal no puede estudiarse solo desde el punto de vista nutricional, necesitándose una aproximación multifactorial dada la importante interdependencia de un gran número de variables envueltas en la interfase planta-animal.

Características de las pasturas, tales como, forraje disponible, estructura vertical de la pastura y especies forrajeras han sido mencionadas como los mayores factores afectando la habilidad de los animales en pastoreo para cubrir sus requerimientos (Poppi et al., 1987)

Poppi y Thompson (1994), sugieren que el consumo animal en condiciones de pastoreo está regulado por 2 grupos de factores, nutricionales y no nutricionales.

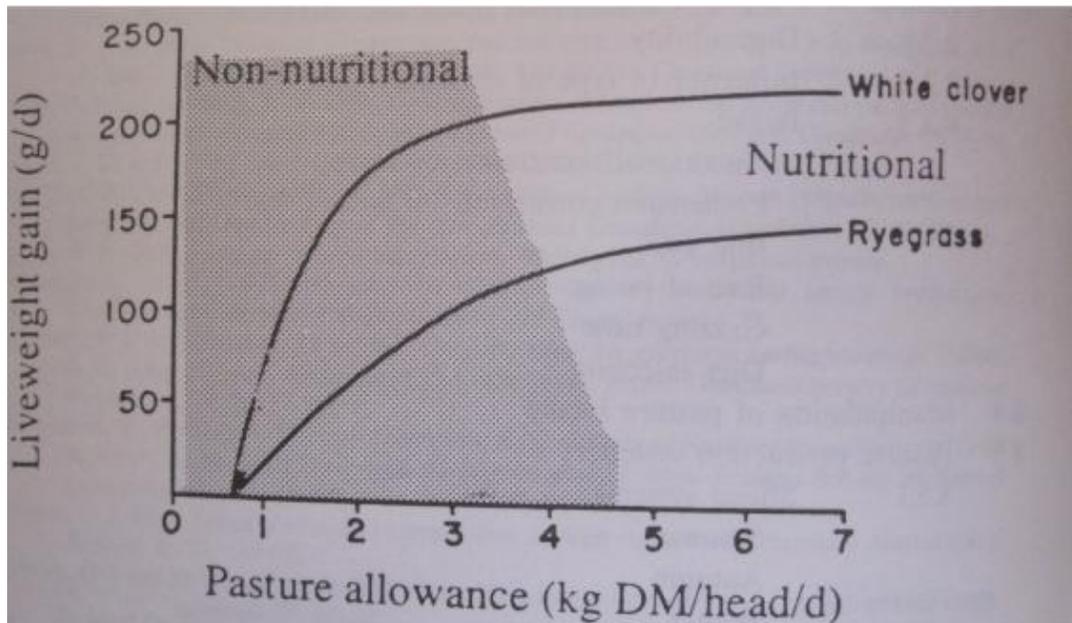


Figura No. 1: Asociaciones entre consumo animal y características y métodos de asignación de pasturas para gramíneas y leguminosas (adaptado de Poppi et al., 1987).

Los factores no nutricionales están relacionados a la habilidad de los animales para cosechar las pasturas, y los factores de mayor importancia son la estructura de la pastura y la conducta de los animales en pastoreo y selección.

De esta forma el consumo está determinado por la cantidad de bocados que el animal realiza por día y el tamaño de los bocados (De León, 2007).

En cuanto a los factores nutricionales, como digestibilidad de la pastura, tiempo de permanencia del alimento en el rumen y concentración de productos finales de la digestión ruminal adquieren considerable importancia en determinar el consumo (Poppi et al. 1987, Thompson y Poppi 1994)

De acuerdo a lo citado por Montossi et al. (1996), el consumo de forraje o el desempeño animal incrementan a medida que aumenta la disponibilidad o la altura de la pastura asociado a la facilidad con que los animales pueden

cosechar el forraje maximizando la tasa de consumo, siendo esta relación afectada por el tipo de pastura donde los animales pastorean.

Sin embargo Hodgson (1990), sugiere que el consumo de forraje es afectado por tres grupos de factores:

- Los que afectan la digestión del forraje (relativos a la madurez y concentración de nutrientes del forraje consumido).
- Los que afectan la ingestión del forraje (relativos a la estructura física y canopia del forraje).
- Los que afectan la demanda de nutrientes y capacidad ingestiva y digestiva del animal (relativos a la madurez y estado productivo del animal).

El consumo estaría afectado por la digestibilidad de la pastura consumida (cantidad de pared celular, largo de fibra, madurez del tejido vegetal, contenido de agua y palatabilidad) y la habilidad del tracto digestivo para procesar el alimento (Hodgson, 1990).

Chilibroste (1998) plantea que existe una relación positiva entre consumo y digestibilidad en el rango de digestibilidades en que la regulación del consumo es por "llenado" y cero en el rango en que el control depende de los requerimientos energéticos del animal.

Allden y Whittaker, citados por Montossi et al. (1996) definió que la cantidad de forraje consumido diariamente es el producto del tiempo gastado en pastoreo y la tasa de consumo (TB X CB) durante el pastoreo, indicado en la siguiente ecuación:

$$C = TP * TB * CB$$

C= Consumo diario de forraje por animal (mg MO/kg PV)

TP= Tiempo de pastoreo (min/día)

TB= Tasa de bocado (bocados/min)

CB= Consumo por bocado (mg MO/kg PV)

2.7.2.1 Disponibilidad, altura y estructura

Varios autores coinciden en que existe una relación positiva entre la disponibilidad de forraje y el consumo del animal en pastoreo (Chacon et al., Dougherty et al., Greenhalgh et al., Jamieson y Hodgson, citados por Agustoni et al., 2008).

La disponibilidad de forraje presenta un efecto directo en el consumo, a medida que aumenta la disponibilidad disminuye la tasa de bocado, pero se obtiene un mayor peso de bocado, lo que permite un mayor consumo (Hodgson, 1990).

El rango de 500 a 2500 kg/ha MS se corresponde con una buena posibilidad de selectividad por parte del animal y a su vez a cantidades que no serían limitantes para el consumo, mientras que disponibilidades menores disminuirían la cantidad y calidad de consumo (Risso y Zarza, 1981).

En situaciones de baja disponibilidad, la cantidad de forraje es insuficiente y el consumo desciende, aunque la calidad ofrecida es buena debido a que consisten en su mayoría de rebrotes. Mientras que con altas disponibilidades, si bien la cantidad de forraje es suficiente, su calidad es inferior por la acumulación de restos secos (Carámbula, 2010).

En cuanto a la altura de la pastura Hodgson (1990) concluye que es un factor determinante en el comportamiento en pastoreo y consumo animal.

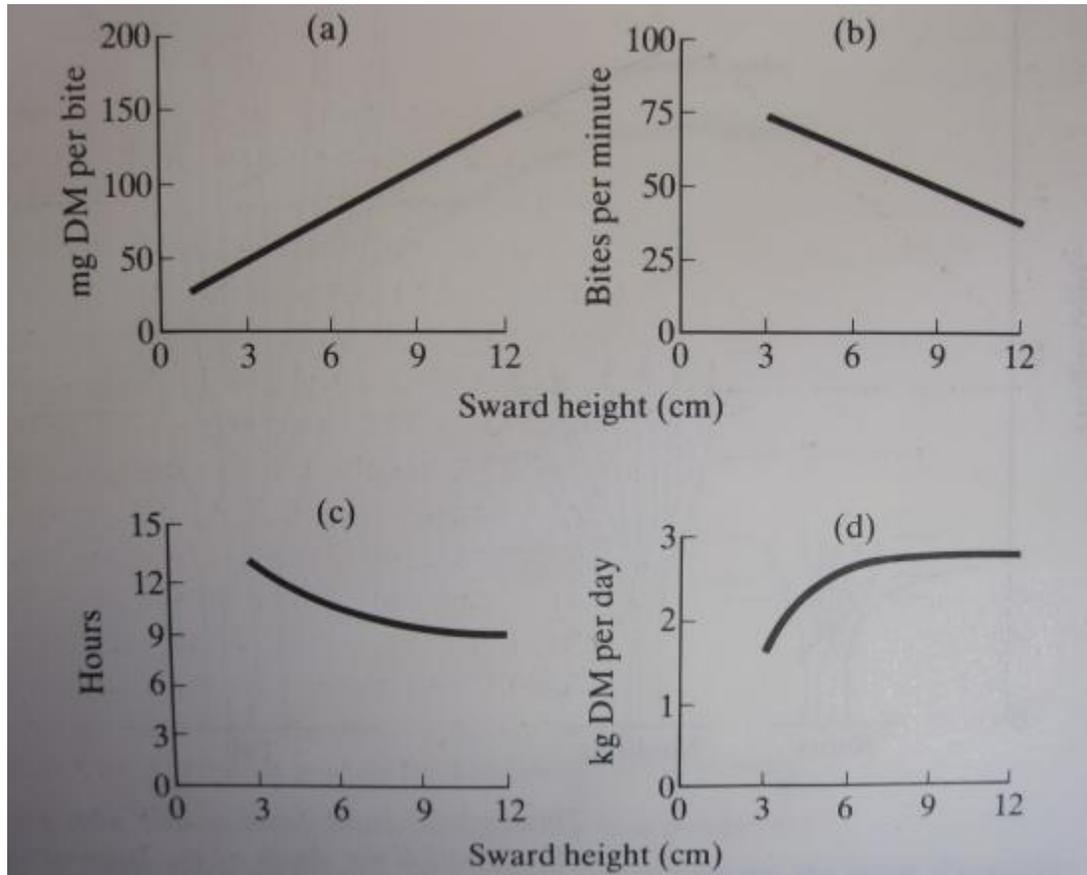


Figura No. 2: Asociaciones entre altura de la pastura y (a) consumo por bocado; (b) tasa de bocados; (c) tiempo de pastoreo, y (d) consumo diario, ilustrando la influencia dominante del consumo por bocado en el consumo diario de ovinos en pastoreo continuo sobre pasturas de raigrás perenne y trébol blanco (adaptado de Hodgson, 1990).

Según Hodgson (1990), a valores de altura de pastura inferiores a 6-8cm, el incremento en el tiempo de pastoreo y en la tasa de bocados no son suficientes para compensar las reducciones en el consumo por bocado resultando en una disminución en el consumo diario de forraje y con alturas de alrededor 3-4 cm, la reducción de consumo diario es particularmente seria.

En un sistema rotacional, el forraje consumido y la productividad animal comienzan a disminuir cuando la altura del forraje es menor a diez centímetros (Hodgson, 1990).

Laca et al., citados por Chilibroste (2002), determinan que la altura y densidad del forraje son los factores más importantes en la definición de la profundidad y área de bocado y como consecuencia en el peso de bocado. A medida que aumenta la altura del forraje, el peso de bocado crece en forma lineal.

Otro de los factores que afecta al consumo es la estructura, que a su vez es afectada por los tipos y proporción de especies que se encuentran en el tapiz, manejo del pastoreo, edad de la pastura, estación del año y condiciones de fertilidad (García, 1995).

En pasturas mezcla de gramíneas y leguminosas, las hojas vivas están concentradas en la parte más alta, mientras que los restos secos, tallos y vainas en la parte más cercana al suelo (Hodgson, 1990). Al aumentar la gramínea se da un aumento en la concentración de forraje en el horizonte inferior, particularmente en el periodo invernal (García, 1995).

Cuanto mayor edad presenta la pastura, aumenta la densidad en el estrato inferior (0-5 cm), concentrando más de la mitad del forraje, o sea es mayor el porcentaje de materia seca y menor la digestibilidad (García, 1995).

En un tapiz uniforme, los animales pastorean en un plano vertical, primero en las capas superiores, más accesibles, y luego van profundizando en el perfil hasta llegar al forraje senescente y muerto ubicado en la parte inferior de la pastura, al principio desechado (Carámbula, citado por Foglino y Fernández, 2009).

2.7.2.2 Calidad

La calidad o valor nutritivo de la pastura depende principalmente de su etapa de crecimiento, la relación hoja-tallo, la cantidad de restos secos y composición química de ésta (Carámbula, citado por Foglino y Fernández, 2009).

La cantidad de componentes orgánicos del tejido vegetal está en función de la madurez de la planta y una vez que éstas alcanzaron la etapa reproductiva, su digestibilidad es menor (Hodgson, 1990).

La calidad del bocado puede influir en el tiempo de masticación. Los forrajes más fibrosos requieren mayor tiempo de masticación por unidad de peso (De Boever et al., citados por Galli y Cangiano, 1998) y por lo tanto se puede esperar que la proporción de hoja, lámina, material muerto o la madurez de los tejidos influyan en el tiempo de masticación (Galli y Cangiano, 1998).

Varios estudios han mostrado variaciones importantes de la composición química de la pastura a lo largo del día, desde el amanecer hasta el atardecer (Burns et al., Gregorini et al., Mayland et al., citados por Gregorini et al., 2007). Estas diferencias están dadas por pérdida de humedad, aumento de la concentración de azúcares y reducción de fibra. Como consecuencia se produce un aumento de la digestibilidad y concentración energética hacia el atardecer. Por lo tanto, como forma de mejorar el desempeño animal y la utilización de la pastura, sería conveniente aumentar el pastoreo en la tarde (Gregorini, 2007).

De esta forma debido a la complejidad de la interacción planta-rumen-animal, se estaría ejerciendo un control en la “calidad” del forraje consumido por el animal, al aumentar el tiempo de pastoreo y por lo tanto el consumo hacia la tarde (Gregorini, 2007).

Además, Gregorini (2007) probaron que este tipo de manejo de pastoreo (al atardecer), incrementa el aporte de nutrientes, consumidos y digeridos, a un mismo nivel de consumo diario de forraje.

2.7.2.3 Selectividad

La cantidad y calidad de la dieta cosechada por los animales, es el resultado de un comportamiento ingestivo selectivo por parte del animal. Lo que quiere decir, por un lado, que los animales buscan y seleccionan el alimento de mayor valor nutritivo. En la medida que la pastura lo permita, seleccionarán hojas en vez de tallos y material verde rechazando el seco. Todo lo anterior, hace que la dieta cosechada sea de mayor calidad que el forraje total disponible y este comportamiento selectivo por parte del animal puede ser una herramienta para optimizar la producción ganadera (De León, 2007).

Por otra parte, el comportamiento ingestivo se refiere a la forma en que el animal consume el forraje y es determinado por la cantidad de bocados por día y el tamaño de los mismos. El primer factor puede variar dentro de cierto rango, pero tiene un límite que animal no puede superar. Pero el tamaño de cada bocado, o sea la cantidad de forraje que levanta en cada bocado, puede ser muy variable y es el factor principal que define el consumo en pastoreo. Se debe considerar entonces la distribución de las fracciones seleccionadas por los animales, accesibilidad y densidad, para ver cómo afectan el tamaño de bocado, por lo tanto el consumo de forraje (De León, 2007).

Además, se deben analizar los efectos que tiene la defoliación de los animales en la pastura. Momento, intensidad y frecuencia de pastoreo va a afectar a la pastura en su capacidad de rebrote, potencial de producción y persistencia (De León, 2007).

Hodgson (1990), reafirma lo mencionado anteriormente, y sugiere que la selección animal depende de las proporciones relativas de cada uno de los componentes de la pastura y de la distribución vertical de los mismos en el perfil. La dieta consumida por los animales contiene principalmente mayor

proporción de hojas y material vivo y en menor proporción material muerto. Esto significaría que el valor nutritivo de la dieta sería mayor que el total del forraje disponible.

En pasturas templadas, evidencias experimentales muestran que los animales seleccionan preferentemente leguminosas que gramíneas (Amstrong et al., Boostma et al., Briseño y Wildman, citados por Montossi et al., 1996).

Como se mencionó anteriormente, el material muerto puede ser rechazado por los animales debido a su baja preferencia y baja accesibilidad (Poppi et al., Vallentine, citados por Montossi et al., 1996). Al revés sucede con el material verde, en que las altas proporciones de hoja verde aparecen en la dieta debido a la facilidad de cosecha y de masticación de la misma.

La distribución vertical de los componentes de la pastura influye en el valor nutritivo de la dieta consumida por los animales, en que los componentes nutritivos más importantes (hojas verdes), se distribuyen en los estratos más altos de la pastura (Montossi et al., 1996).

La selectividad animal de los diferentes componentes existentes en una pastura está ligada a la disponibilidad y accesibilidad de éstos durante el proceso de pastoreo (Montossi et al., 1996).

2.7.2.4 Pisoteo y deyecciones

Así como el pastoreo beneficia el reciclaje de nutrientes vegetales en la pastura, también la perjudica en lo que refiere al rendimiento. Esto se debe al daño mecánico producido en las forrajeras y en el suelo ocasionado por las pezuñas de los animales, siendo estos influidos por el tipo de animales, su peso, carga, distancia caminada, manejo de la pastura, cobertura del suelo, entre otros. En las primeras mencionadas, los macollos y tallos son desgarrados de la corona, y los tallos y las hojas son machacados (Langer, 1981). Por otra parte, el suelo sufre una compactación, resultando en un menor

crecimiento vegetal, siendo esta mayor aun cuando el suelo se encuentra en o por encima de la capacidad de campo (Langer 1981, Beguet y Bavera 2001).

Otros autores coincidieron que la producción de la pastura, bajo una dotación normal, se ve disminuida en un 0 a 10 % debido al pisoteo, por lo que concluyeron que bajo dotaciones normales no se produjo daño significativo, con excepción en los suelos húmedos. Por otro lado, observaron que por esta causa se produjeron cambios en la composición botánica (Snaydon, 1981).

Existen plantas más tolerantes al pisoteo debido a la forma que presentan, estas son las estoloníferas, rizomatosas, es decir las que presentan hábito de crecimiento más rastreras (Beguet y Bavera, 2001).

De modo de minimizar las consecuencias del pisoteo, en suelos a capacidad de campo o por encima, se recomienda retirar el ganado de la pastura (Langer, 1981). Campbell, citado por Langer (1981) comprobó que el aumento de la carga animal resulta proporcionalmente en mayor daño por pisoteo.

El rendimiento, calidad, palatabilidad y la composición botánica de la pastura se ven afectadas en grandes áreas locales por las deyecciones. Por la obstrucción y la sombra causadas por las heces, la vegetación se ve afectada negativamente. La orina por su lado, debido a la concentración de sales puede causar la mortandad de plantas en periodos secos. La composición botánica se ve afectada ya que las heces promueven el crecimiento de las gramíneas frente a las leguminosas (Beguet y Bavera, 2001).

2.7.3 Oferta de forraje

La oferta de forraje se puede definir como la cantidad de forraje que tiene disponible un animal diariamente y se expresa como porcentaje de peso vivo del animal y tiene como objetivo controlar el consumo por parte de los animales (Méndes y Davies, citados por Foglino y Fernández, 2009).

Según Cardozo, citado por Almada et al. (2007), la dotación tiene un rol importante tanto en la utilización del forraje como en la vida productiva de la pastura. Hodgson, citado por Agustoni et al. (2008), afirma el concepto que el consumo de materia seca disminuye marcadamente cuando la oferta de forraje es menor que el doble del consumo potencial pero no apoya la idea de que el consumo se acerca a un máximo cuando la oferta es tres a cuatro veces mayor al consumo.

A medida que aumenta la oferta de forraje, aumenta el consumo y permite al animal seleccionar el forraje de mayor calidad (mayor digestibilidad y contenido de proteínas) (Blaser et al., Elizondo et al., Jamieson y Hodgson, Kloster et al., citados por Foglino y Fernández, 2009).

Según Dougerthy, citado por Almada et al. (2007), la tasa de consumo de materia seca se incrementa hasta ofertas de forraje de aproximadamente 10 kg MS/ 100 kg PV. Posteriores incrementos en la oferta no provocan aumentos en la tasa de consumo.

A medida que disminuye la oferta de forraje los factores no nutricionales toman más importancia en determinar el consumo. En estas condiciones aumenta la dificultad para cosechar el forraje, lo que deprime el consumo (Poppi et al., citados por Foglino y Fernández, 2009).

Al aumentar la carga, la ganancia individual disminuye a causa de una menor selectividad del forraje y menor disponibilidad de materia seca por animal. Sin embargo la producción por hectárea aumenta y la máxima productividad por hectárea se logra con ganancias de peso individuales menores a las que se logran a bajas cargas (Greenhalgh et al., citados por Agustoni et al., 2008).

Según Johnson, citado por Saravia (2009) , en los sistemas pastoriles como los que predominan en nuestro país, los animales domésticos están expuestos permanentemente al ambiente, que afecta directamente las respuestas fisiológicas y productivas e indirectamente el plano de nutrición por

variaciones en la cantidad y calidad de pasturas y cultivos que son los principales componentes de la alimentación.

Durante los meses cálidos la acción combinada de alta radiación solar, temperatura y humedad del aire, determina que el ambiente meteorológico se encuentre fuera de la zona de confort reduciendo la productividad de los rodeos.

2.7.4 Estrés térmico

Animales expuestos por un corto periodo de tiempo a una combinación de factores negativos u oscilaciones de temperaturas y humedad están vulnerables a sufrir un estrés térmico.

El bovino es homeotermo, es decir dentro de un rango de temperaturas no extremas, tiene la capacidad de controlar la temperatura de su cuerpo en un medio donde la temperatura es variante. La homeotermia forma parte de la homeostasis del animal, es la capacidad del cuerpo para mantener condiciones constantes o *status* de todo el cuerpo (peso corporal, presión sanguínea, temperatura interna, etc.) que se opone a las influencias externas (Cannon, citado por Saravia, 2009).

Como respuesta a condiciones adversas, los animales atraviesan cambios fisiológicos en su organismo. Estos se manifiestan en los requerimientos nutricionales principalmente, al encontrarse el bovino fuera de lo llamado zona de confort, la energía y el agua son los factores más afectados. Estas modificaciones en los requerimientos causados por el estrés vivido, se ven claramente reflejadas en el desempeño productivo (Arias et al., 2008).

El estrés se puede dar por temperaturas altas o bajas extremas. En el caso de ser el calor el factor causante, su severidad va a responder a que temperaturas máximas se lleguen en el correr del día y cuanto sea la duración que estas tengan por encima de la temperatura crítica máxima. Este estado se puede revertir, si en la noche la temperatura es menor a los 21° C durante 6 a 8

horas, el animal recupera la normotermia al perder el calor almacenado durante el día (Silanikove, 2000).

Tammaing y Schrama (1998) coinciden con otros autores ya mencionados en que los animales responden con modificaciones en su comportamiento alimenticio a los cambios en su ambiente.

Según varios autores (Castro, García, Lefcourt y Adams, citados por Saravia, 2009), el consumo voluntario diario de alimento se ve disminuido en respuesta al estrés calórico de los animales, así como sus requerimientos se ven aumentados según el programa NRC (2001). Esto se explica por el incremento en la producción de calor causado por el aumento en la frecuencia respiratoria y la temperatura corporal (Tammaing y Schrama, 1998). El consumo se ve disminuido, según Philips (2001), sobretodo de los alimentos fibrosos, a razón de reducir el calor de fermentación a nivel ruminal.

Beede y Collier, citados por Saravia (2009) resumen lo mencionado sosteniendo que “el estrés calórico puede afectar la nutrición de los animales modificando los requerimientos de nutrientes específicos, afectando los procesos fisiológicos y el metabolismo, o reduciendo el consumo. Al llegar la temperatura cerca o pasar la temperatura crítica máxima el consumo voluntario se ve disminuido, siendo la reducción de consumo de materia seca mayor con dietas en base a forraje. A esto se le agrega que la digestibilidad de los forrajes en verano es menor y llevan a un mayor tiempo de retención. La absorción de nutrientes resultantes de la digestión se verá disminuida por la redistribución del flujo sanguíneo desde el tracto digestivo hacia la periferia para favorecer la termorregulación por conducción y evaporación. Al mismo tiempo la partición de nutrientes es alterada en ganado bajo estrés calórico; se incrementa el recambio de agua y electrolitos, y los requerimientos de mantenimiento, mientras se reducen los niveles de hormona de crecimiento y de tiroxina disminuyendo el flujo energético neto para las funciones productivas. Las diferentes estrategias alimenticias para ayudar a los animales bajo estrés calórico apuntan a mejorar la digestibilidad de las dietas y a aumentar la densidad de los nutrientes y la energía metabolizable. Ejemplos son la

reducción de forraje a favor de concentrados, incluir grasa en la dieta, y asegurar la disponibilidad de agua de buena calidad”.

Castro (1998) observó en condiciones de clima tropical húmedo, que el tiempo de pastoreo diurno se veía reducido, a lo que Williamson y Payne, citados por Tamminga y Schrama (1998) acotaron que el pastoreo diurno se ve restringido a la mañana temprano y al final de la tarde donde las temperaturas no son tan altas.

Otro aspecto importante a tener en consideración es el acceso a sombras. Animales en estrés calórico naturalmente la buscan, y les ayuda a reducir la carga calórica en un 30 % a 50% (Collier et al., 2006). En condiciones de estrés calórico, cuando no hay sombra, el ganado camina en exceso, acudiendo al bebedero con mayor frecuencia, y como consecuencia reducen su actividad de pastoreo (Arnold y Dudzinski, citados por Saravia, 2009). Según Cruz y Saravia (2008), la sombra natural de arboles no solo proporciona una disminución de incidencia de radiación sino que también disminuye la temperatura del aire por evaporación de las hojas.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 CONDICIONES EXPERIMENTALES GENERALES

3.1.1 Ubicación experimental

El trabajo se realizó en la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” (Facultad de Agronomía, Universidad de la República; Paysandú, Uruguay) ubicada sobre la ruta nacional No. 3, Km 363. El cual fue llevado a cabo durante el período Verano-Otoño, comprendido entre el 18/01/2011 al 11/05/2011.

3.1.2 Descripción del sitio experimental

El ensayo fue realizado en el potrero número 35 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) (Altamirano et al., 1976), 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 en la que se trabajó fue sembrada el 30 de mayo de 2010 fertilizadas a la siembra con 150 kg/ha de 7-40, sobre un rastrojo de soja con un tiempo de barbecho de 40 días de haber aplicado 5 l/ha de glifosato (480 g IA), un mes después (fines de junio) se sembró *Paspalum notatum* y *Paspalum dilatatum*.

La mezcla básica estuvo compuesta por *Festuca arundinacea* cv. Tacuabé, con una densidad de siembra de 15 kg/ha, *Lotus corniculatus* cv. San Gabriel, con 8 kg/ha, *Trifolium repens* cv. Zapicán, con una densidad de 2

kg/ha, al la cual se le agregó *Paspalum notatum* cv. Pensacola o *Paspalum dilatatum* según el tratamiento, con densidades de siembra de 15 y 45 kg/ha respectivamente.

Los porcentajes de germinación evaluados desde el 29 de enero del 2010 al 26 de febrero del 2010 de *Paspalum notatum* y *Paspalum dilatatum* fueron 51 y 20 % respectivamente.

El método de siembra que se usó para las gramíneas fue de siembra directa en forma cruzada para que se logre una mejor distribución espacial, en cambio las leguminosas fueron sembradas al voleo.

El 3 de agosto se aplicó sobre la mezcla para el control de malezas (*Bowlesia incana*) 350 cc/ha de Kleen (Clorsulfuron).

3.2 TRATAMIENTOS

Los tratamientos consistieron en tres mezclas, las cuales consisten en:

- a) *Festuca arundinacea*, *Lotus corniculatus* y *Trifolium repens* (Testigo).
- b) *Festuca arundinacea*, *Lotus corniculatus*, *Trifolium repens* y *Paspalum dilatatum* (P. D).
- c) *Festuca arundinacea*, *Lotus corniculatus*, *Trifolium repens* y *Paspalum notatum* (P. N).

Para el experimento se utilizaron 3 bloques sembrados al azar con cada una de las mezclas a evaluar. Los cuales fueron pastoreados con 30 novillos Holando (10 por tratamiento) durante su ciclo de crecimiento.

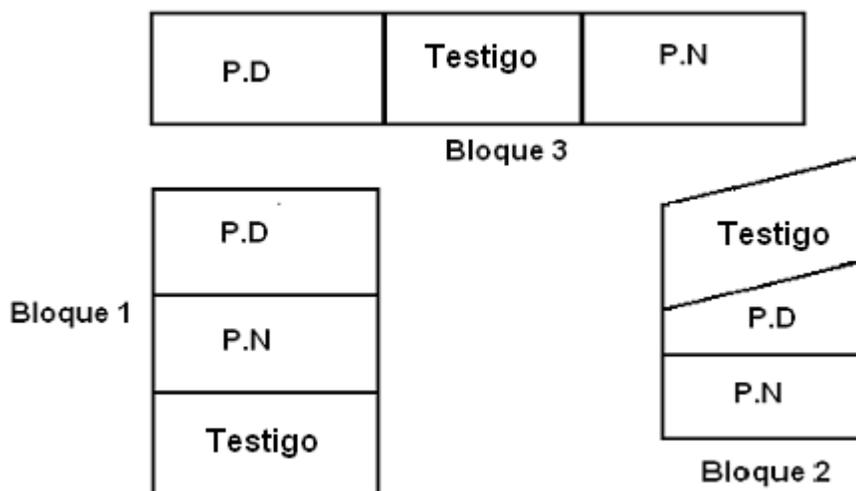


Figura No. 3: Croquis del área experimental.

3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental utilizado fue el de bloques completos generalizados al azar.

El área experimental comprendió un total de 13,8 has, la cual se divide en 3 bloques cuyas medidas son: 8,2 has (Bloque 1), 2,6 has (Bloque 2) y 3 has (Bloque 3).

Cada bloque a su vez se subdivide en 3 parcelas, obteniendo un total de 9 parcelas, las cuales se definen como unidad experimental.

3.4 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Se cuantificó la producción de forraje, composición botánica, porcentaje de malezas y suelo descubierto, la evolución de peso de los animales, determinándose de esta manera la ganancia total que tuvieron en el periodo y la ganancia diaria de los mismos, en función de distintos tratamientos.

3.4.1 Variables determinadas

3.4.1.1 Disponibilidad y remanente de materia seca

Se define a la disponibilidad de materia seca en kg/ha a la cantidad de materia seca disponible antes del comienzo del pastoreo.

El remanente es definido como la cantidad de materia seca en kg/ha disponible luego de finalizado el pastoreo.

La forma de determinación de los mismos fue a través del método de doble muestreo (Haydock y Shaw, 1975).

Para medir el disponible se determinó por apreciación visual una escala de 5 puntos según la heterogeneidad de la pastura, realizándose 3 repeticiones por cada punto de la escala. Previo al corte de cada punto de escala se determinó la altura de la pastura mediante tres mediciones dentro del rectángulo en forma diagonal en la hoja verde más alta que toca la regla.

Para la medición del remanente se llevó a cabo un procedimiento similar, con la excepción de que se determinó por apreciación visual una escala de tres puntos, realizándose en este caso 5 repeticiones por cada punto de la escala.

Previo y posterior a cada pastoreo se determinó la escala promedio mediante la realización de 40 observaciones por parcela, además se cuantificó la altura promedio de la misma según la metodología descrita en el ítem 3.4.1.2, utilizándose el promedio de estas determinaciones para realizar el cálculo de la cantidad de forraje disponible o remanente.

Luego de obtener la cantidad 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 de la pastura en cm y kg/ha de MS,

y entre valor de escala visual y kg/ha de MS, determinándose cuál de las ecuaciones tenía mayor coeficiente de determinación con la disponibilidad. Con la función obtenida se procedió al cálculo de la disponibilidad de forraje por hectárea, utilizándose los promedios de altura y de escala de cada parcela y sustituyéndolos en la función. El mismo procedimiento se realizó para estimar el remanente.

3.4.1.2 Altura del forraje disponible y del remanente

La altura del forraje disponible se refiere a la altura promedio (en cm) del forraje en la parcela antes del pastoreo y la altura del remanente se refiere a la altura promedio (en cm) del forraje en la parcela una vez culminado el mismo.

La determinación de ésta, tanto para forraje disponible como para remanente, se llevó a cabo tomando 40 medidas de altura, en cm, en cada parcela. Con estos datos se promedió la altura de cada parcela, dentro del bloque, y fue el utilizado para sustituir en la función obtenida para el cálculo de disponible de materia seca, en el ítem anterior.

3.4.1.3 Forraje desaparecido

Se calcula como la diferencia entre los kg de materia seca disponible y el remanente, antes y luego de finalizado el pastoreo respectivamente, o sea se refiere a la cantidad de materia seca desaparecida durante el pastoreo.

3.4.1.4 Forraje producido

El forraje producido es considerado como la diferencia entre el forraje disponible del pastoreo actual menos el forraje remanente dejado en el pastoreo anterior, ajustándose por el crecimiento durante los días de pastoreo.

3.4.1.5 Tasa de crecimiento

Cantidad de materia seca que se produce por día (kg/ha/día) en el período entre dos pastoreos. Es calculada como la diferencia entre la cantidad de materia seca que hay disponible previo al ingreso a pastoreo y la cantidad de materia seca del remanente del pastoreo anterior, resultado que se divide entre los días en que dicha pastura no fue pastoreada.

3.4.1.6 Composición botánica del disponible y del remanente

Se refiere al aporte porcentual en biomasa de las diferentes especies sembradas y malezas en general, en el momento del muestreo, tanto del disponible previo al pastoreo como del remanente.

Para la determinación de la composición botánica se usó el método botanal (Tothill et al., 1978), para determinar las especies que se encontraron y su contribución.

Para este diagnóstico se utilizaron los rectángulos de 20 por 50 cm (los mismos que fueron usados para determinar la cantidad de materia seca disponible y el remanente), en el que en primer lugar se determinó el porcentaje de suelo desnudo y luego de lo que representó el material verde se estableció por separado el aporte en biomasa porcentual de cada especie componente de la mezcla y el de malezas.

A su vez estos datos de porcentaje, se aplicaron tanto al disponible como al remanente para especificar el aporte de cada componente en kg de materia seca por hectárea.

3.4.1.7 Tasa de aparición de hojas (TAF)

Para realizar esta medición en cada parcela se marcaron tres transectas perpendiculares a las líneas de siembra de *Festuca arundinacea*, de forma que abarque al menos diez plantas. Una vez fijadas las transectas, se seleccionó una macolla por planta de un total de 10 plantas por transecta,

marcándolas para realizar su seguimiento, durante 14 días, en el cual se realizaron 3 medidas. Este procedimiento se llevó a cabo en dos de los tres bloques bajo estudio (Bloque 1 y 2).

A partir de las mediciones realizadas sobre los macollos marcados en las transectas, considerando el número de hojas aparecidas y los grados días acumulados durante el periodo evaluado, se estima el filocrón. 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 al filocrón, siendo éste los grados días necesarios para la aparición de una nueva hoja (Nabinger, 1998).

3.4.1.8 Tasa de elongación foliar (TEF)

Se obtiene mediante el cociente entre los milímetros expandidos por macollo y los grados-día acumulados durante el período evaluado. Para ello, se hicieron mediciones sucesivas del largo de hojas en expansión de las macollas marcadas, las cuales se realizaron desde la base de la lámina al extremo de la misma.

3.4.1.9 Tasa de senescencia foliar (TSF)

Para la determinación de la tasa de senescencia foliar se cuantificó la reducción del área verde de las láminas. Con las sucesivas medidas registradas se estima la TSF y se expresa en $\text{mm}/^{\circ}\text{C}$.

3.4.1.10 Número promedio de hojas por macollo

Se contabilizó el número de hojas por macollo en cada transecta para cada periodo, y se promedió por transecta, y finalmente se promediaron por tratamiento y por bloque.

3.4.1.11 Vida media foliar

Es el intervalo transcurrido entre la aparición de una hoja y el comienzo de la senescencia. Puede ser expresada como número de intervalos de aparición de hojas.

Es determinada como el producto entre el intervalo de aparición de las hojas y el número de hojas vivas.

3.4.1.12 Tamaño final de la lámina

Para determinar esta variable se tomaron medidas de la longitud de las láminas verdes completamente expandidas enteras por macollo, siendo éstas las que tienen la lígula expuesta, o sea que ya cesó su crecimiento; dividido el número de hojas por macollo completamente expandidas sin haber sufrido defoliación ni senescencia.

3.4.1.13 Tamaño medio de la lámina

En este caso se tomaron medidas de la longitud total de las láminas verdes por macollo tanto de las completamente expandidas enteras como las no completamente expandidas enteras; dividido el número de hojas promedio por macolla.

3.4.1.14 Peso de los animales

Se determinó aproximadamente cada 30 días mediante el uso de balanza eléctrica por la mañana con los animales en ayuno.

3.4.1.15 Ganancia de peso diaria

Es la ganancia diaria por animal (kg/animal/día) promedio para todo el periodo de pastoreo (enero-febrero como periodo estival y marzo-abril como periodo otoñal).

Esta se calculó dividiendo la producción de peso vivo (PV) durante todo el periodo experimental (peso vivo final- peso vivo inicial) sobre la duración del periodo de pastoreo, expresado en número de días.

3.4.1.16 Producción de peso vivo por hectárea

Son los kilogramos de PV producidos por hectárea durante todo el periodo de pastoreo. Para la situación experimental, se calculó mediante la ganancia total de peso en el periodo de pastoreo obtenido en cada tratamiento por separado y se lo dividió por la superficie de cada tratamiento. De esta forma se obtuvo la producción por hectárea de cada tratamiento.

3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El modelo estadístico utilizado fue el de ANOVA en DBCA y separación de medias según LSD fisher, al 10% de significancia. Medido mediante el paquete estadístico INFOSTAT.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + (B \cdot T)_{ij} + e_{ij}$$

Cada observación Y_{ij} =

- μ : efecto de la media general.
- T_i : efecto de iésimo tratamiento $i = 1, 2, 3$
- B_j : efecto del jésimo bloque $j = 1, 2, 3$.
- $(B \cdot T)$: Interacción bloque - tratamiento
- e : error del iésimo tratamiento en el jésimo bloque.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 DATOS CLIMA

Se presentan las series históricas de precipitaciones y temperaturas comprendida desde 1980 a 2009 para el departamento de Paysandú, según información extraída de INIA, comparadas con las obtenidas de la estación meteorológica ubicada a 200 m del experimento.

El periodo experimental fue desde enero 2011 hasta mayo 2011, también se consideran los datos de diciembre, ya que están afectando la producción de la pastura de enero.

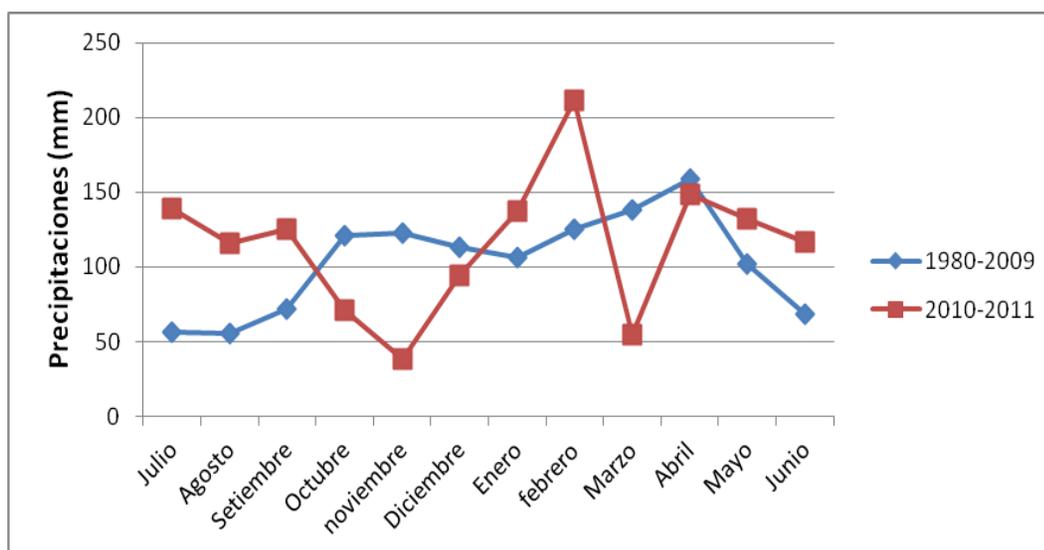


Figura No. 4: Registro de precipitaciones durante el experimento comparado con el promedio histórico.

En cuanto a las precipitaciones, de diciembre a febrero van en aumento. Presentándose en diciembre levemente por debajo de la media histórica, mientras que en enero y febrero la supera, llegando a un máximo (211 mm) en el mes de febrero, superior a la media histórica en 86 mm.

En marzo se revierte esta situación, presentando escasa precipitaciones, que se dan sobre todo a fines de dicho mes, quedando 83 mm por debajo de la media histórica.

Abril se comporta como un año típico en cuanto a precipitaciones, y mayo se ubica por encima de la serie histórica por 30 mm.

La situación adversa para la producción de forraje que se presenta en el mes de diciembre se revierte en los dos meses siguientes, desmejorando nuevamente las condiciones hacia el mes de marzo.

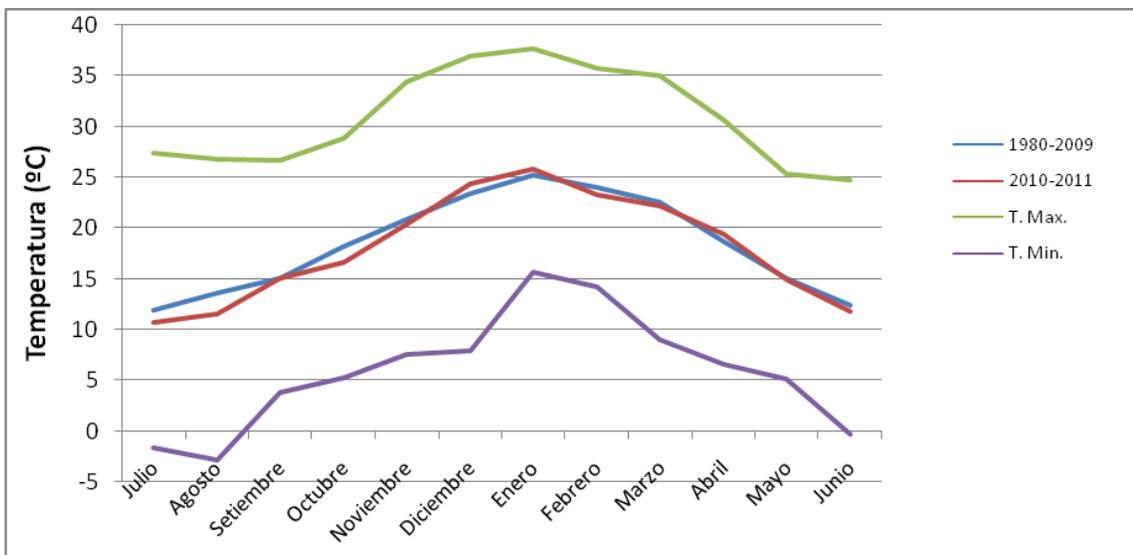


Figura No. 5: Registro de temperaturas durante el experimento comparado con el promedio histórico.

Para el periodo experimental las diferencias de las temperaturas ocurridas con respecto a la media histórica son mínimas.

Según Carámbula, citado por Fariña y Saravia (2010), las especies con metabolismo tipo C3, como las utilizadas en el experimento, tienen buen desarrollo con temperaturas del entorno a 20 °C. Por lo que se puede decir que en los meses de diciembre a marzo la temperatura media podría estar afectando la producción de forraje, ya que superan este rango. En los meses

siguientes las temperaturas se ubican dentro del rango. Además, este efecto se puede ver agravado debido a las temperaturas máximas del periodo experimental, siendo éstas aún más elevadas.

En el siguiente cuadro se presenta el balance para el periodo estivo-otoñal.

Cuadro No. 3: Balance para el período estivo-otoñal.

Meses	pp (mm)	ET (mm)	Balance
diciembre	94,5	200,4	-105,9
enero	137,2	175,6	-38,4
febrero	211,1	132,9	78,2
marzo	54,6	145,4	-90,7
abril	148,8	99,5	49,3
mayo	132,1	74,7	57,4

En el mes de diciembre se observa un elevado déficit hídrico, lo que podría afectar la producción de forraje estival. Para los siguientes meses del verano se revirtió la situación siendo positivo el balance en febrero. El otoño comienza con un balance negativo, no siendo así el resto de la estación.

Considerando que el lotus es una especie que no se ve afectada por suelos húmedos como la alfalfa ni suelos secos como el trébol blanco (Carámbula, 2010), fue la especie favorecida de la mezcla al disminuir la competencia del resto de los componentes de ésta. Por otro lado, si bien la festuca también es una especie resistente al déficit hídrico por su sistema radicular (García 2003, Carámbula 2010, Formoso 2010), se trata de una especie de ciclo invernal, que resiente su crecimiento en los meses estivales si las condiciones de humedad del suelo no son buenas (García, 2003).

4.2 PARÁMETROS DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA PASTURA

4.2.1 Disponibilidad y remanente de materia seca

En la siguiente gráfica se presenta la disponibilidad de forraje durante el periodo experimental.

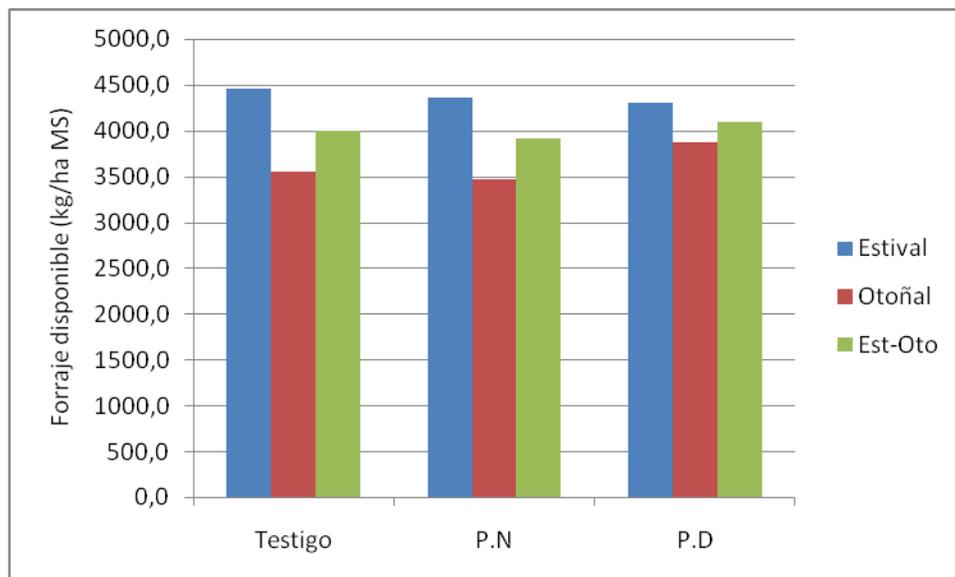


Figura No.6: Disponibilidad de forraje (kg/ha MS) por tratamiento, por estación y promedio en el periodo estivo-otoñal.

No se observaron diferencias significativas en el forraje disponible entre tratamientos, explicado por la nula implantación de *Paspalum dilatatum* y *Paspalum notatum* (especies sembradas que diferencian los tratamientos). La cual se puede haber debido a la calidad de la semilla (20 y 50 % de germinación) y a la fecha de siembra tardía (fines de junio).

A pesar de que no se implantaron las gramíneas estivales y que el balance hídrico fue negativo al comienzo de verano, se obtuvo una buena producción estivo-otoñal, esta se podría explicar por la excelente implantación del *Lotus corniculatus*.

Los resultados obtenidos en la pradera en estudio son similares a los obtenidos por Almada et al. (2007), los cuales trabajando con una mezcla de raigrás, lotus y trébol blanco, en el periodo invierno-primaveral y una igual oferta de forraje obtienen un disponible de 4142 kg/ha MS.

En cambio los datos de forraje disponible en el primer año para el periodo invierno-primaveral reportados por Agustoni et al. (2008), Foglino y Fernandez (2009), Fariña y Saravia (2010) son inferiores a los alcanzados en este trabajo. Alcanzándose en el primer caso para una oferta de forraje de 9,5 % PV un disponible de 1688 kg/ha MS, sobre una pastura de raigrás perenne, lotus y trébol blanco. En el segundo caso con ofertas de forraje de 6,3 % PV se obtuvo un disponible en torno a 1500 kg/ha MS, sobre una mezcla de raigrás perenne, agropiro, lotus y trébol blanco, y en el tercer caso un disponible de 1654 y 1448 kg/ha MS sobre una pastura constituida por raigrás perenne, agropiro y trébol blanco y festuca, agropiro y trébol blanco respectivamente. Estas diferencias pueden estar explicadas por el diferente periodo de evaluación, y una distinta composición de la mezcla.

En el cuadro No. 4 se observa el forraje remanente para el periodo de evaluación. Se observan diferencias significativas entre los tratamientos Testigo y P.N esto se explica por la diferente oferta de forraje en los tratamientos, siendo mayor en el tratamiento Testigo y menor en el tratamiento P.N, 10,5 % PV y 8,7 % PV respectivamente. Esta diferencia esta explicada ya que la menor oferta de forraje del tratamiento P.N, condujo a una menor selección por parte de los animales y por ende un menor remanente, debido a la mayor cantidad de animales por unidad de superficie consumiendo.

Cuadro No. 4: Remanente de forraje en kg/ha MS, por estación, promedio estivo-otoñal y oferta de forraje en % PV.

Periodo	Testigo	P.N	P.D
Estival	1615	1076	1229
Otoñal	1933	993	1403
Est-Oto	1774 b	1034 a	1316 ab
Oferta de forraje (%PV)	10,5	8,7	9,7

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,10$)

Los datos presentados en el cuadro anterior, comprueba de que a mayor oferta de forraje, mayor va a ser el remanente.

El remanente logrado en el tratamiento P.D y P.N concuerda con lo obtenido por Agustoni et al. (2008) sobre una mezcla de lotus, trébol blanco y raigrás perenne, los cuales manejando una oferta de 9,5 % PV obtuvieron un remanente de 1179 kg/ha MS.

Los datos obtenidos por Foglino y Fernández (2009), con una oferta de forraje de 5,0 y 6,3 % PV y con remanentes de 650 y 590 kg/ha MS respectivamente, fueron inferiores a los obtenidos en este estudio. Esto puede explicarse por las condiciones ambientales desfavorables en dicho experimento, que determino una menor producción de forraje y por lo tanto menores disponibles y remanentes.

4.2.2 Altura del forraje disponible y del remanente

En lo siguientes cuadros se muestra el forraje disponible y el remanente en altura por tratamiento.

Cuadro No. 5: Forraje disponible por estación (cm).

Periodo	Testigo	P.N	P.D
Estival	23,7	23,1	22,9
Otoñal	10,2	10,0	11,0
Estivo-Otoñal	16,9	16,6	16,9

Cuadro No. 6: Forraje remanente por estación (cm).

Periodo	Testigo	P.N	P.D
Estival	7,3	5,0	5,6
Otoñal	6,7	4,3	5,3
Est-Oto	7,0 b	4,6 a	5,5 ab

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,10$)

Con respecto a la relación entre altura y forraje disponible así como también entre altura y forraje remanente existió una correlación alta ajustándose a una regresión lineal (Anexo No. 1 y 2).

No existieron diferencias significativas entre las alturas de forraje disponible entre los tratamientos.

Analizando la altura promedio del periodo estivo-otoñal de ingreso al pastoreo se puede concluir que el manejo favoreció a todas las especies, mientras que la altura de ingreso en los meses estivales favoreció al lotus. Sin embargo, la altura remanente promedio de los tres tratamientos (6 cm) fue el recomendado para el *Lotus corniculatus* en verano (Formoso, 1996), esto también explica la excelente producción de esta especie en todo el periodo analizado. Concuerta además con Carámbula (2007) quien recomienda como adecuada una altura promedio de pastoreo de entre 5,0 y 7,5 cm, esto reafirma el efecto positivo del pastoreo sobre el lotus.

Por otra parte, Zanoniani et al. (2006a) sostienen que una mezcla compuesta por raigrás perenne, trébol blanco y lotus en el periodo otoño-invierno y primavera-estival, el manejo que favoreció a la mezcla en cuanto a

producción de forraje fue dejar un remanente de 7,5 cm, resultado superior al obtenido en el experimento.

4.2.3 Forraje disponible y desaparecido en el periodo estivo-otoñal

En el siguiente gráfico se observan la cantidad de forraje disponible y forraje desaparecido por tratamiento en el periodo estivo-otoñal.

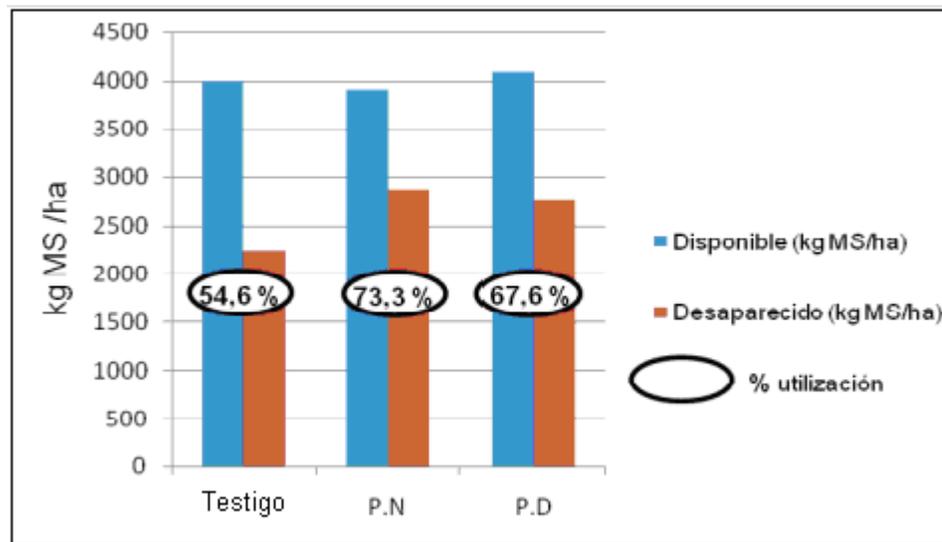


Figura No. 7: Forraje desaparecido y disponible en kg/ha MS.

No se observaron diferencias significativas entre tratamientos, pero se puede apreciar una diferencia de 19% de utilización entre el tratamiento testigo y P.N, lo que podría estar indicando que existen diferencias en cuanto a calidad del forraje. La estructura de la pastura determina el peso y las dimensiones del bocado del animal pastoreando, afectando directamente la tasa de consumo, y por ende el forraje desaparecido (Galli y Cangiano, 1998).

Los porcentajes de utilización fueron 54,6; 73,3 y 67,6 % para los tratamientos Testigo, P.N y P.D, cuyas ofertas de forraje fueron 10,5, 8,7 y 9,7 % PV respectivamente, por lo que se podría concluir que a mayor oferta de forraje es menor el porcentaje de utilización, ya que los animales tienen mayor posibilidad de selección de forraje de mayor calidad (Gastal et al., citados por Almada et al., 2007).

Los resultados descritos por Agustoni et al. (2008) muestran la misma tendencia anteriormente mencionada, ya que manejando ofertas de forraje entre 2 y 9,5 % PV, presentan porcentajes de utilización de un rango de 65 a 45 % respectivamente.

Albano et al. (2010), evaluando praderas de igual edad y en similar periodo al de este trabajo, muestran en sus resultados una menor eficiencia en la utilización del forraje, ya que trabajando con ofertas de forraje promedio de 3,5% PV obtuvieron utilizaciones de 53 y 65 % con pastoreos cada 37 y 52 días respectivamente.

Estos resultados coinciden con lo mencionado por la literatura, ya que a altos valores de oferta de forraje, la cantidad de forraje ofrecido al animal excede la capacidad de consumo de éste, determinado por la capacidad de regulación física del consumo (Chilibroste, 1998) por lo cual disminuye la utilización de la pastura, como consecuencia de esto aumenta la cantidad de material senescente por el sombreado llevando a una mayor selección de forraje de calidad por parte del animal (Almada et al. 2007, Agustoni et al. 2008). Con bajos valores de oferta de forraje, los porcentajes de utilización son mayores, debido a que la oferta forrajera por animal es escasa logrando en el corto plazo una menor ganancia de peso por animal y al largo plazo una menor producción de PV por hectárea y menor persistencia de la pradera (Smetham, 1981).

4.2.4 Producción de forraje

Respecto a producción de forraje no se observaron diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro No. 7), lo que se explica porque se perdió el efecto tratamiento al no implantarse las especies que los diferenciaban.

Cuadro No. 7: Producción de forraje (tt/ha MS).

Periodo	Testigo	P.N	P.D
Estival	4,8	4,6	4,5
Otoñal	2,9	3,8	4,1
Est-Oto	7,7	8,4	8,6

Estos resultados no concuerdan con lo reportado por Santiñaque (1979), Leborgne (2008), ya que el primero obtiene sobre una pradera de segundo año (festuca, trébol blanco, lotus y *Paspalum dilatatum*) una producción en el período estivo-otoñal de 4,9 tt/ha/año MS, mientras que el segundo con una mezcla de trébol blanco, lotus y gramínea perenne de segundo año obtuvo en el mismo período una producción de 3,1 tt/ha MS. Esta diferencia puede ser explicada por la excelente implantación de las especies sembradas (excepto *Paspalum notatum* y *Paspalum dilatatum*), la fertilización utilizada y el buen control del enmalezamiento que además de controlar las malezas, disminuyó la competencia temprana de festuca y trébol blanco sobre lotus, ya que el herbicida utilizado perjudica más a las primeras dos especies que a éste, permitiendo llegar a principios de verano con un excelente establecimiento y producción de esta especie.

Albano et al. (2010) evaluando una mezcla de agropiro, raigrás perenne, lotus y trébol blanco durante el periodo estivo-otoñal, obtuvieron valores de producción total de materia seca por hectárea de 1,3 y 2,1 tt/ha MS, siendo estos inferiores a los alcanzados en este trabajo. Si bien sus resultados fueron obtenidos en el mismo periodo de evaluación, las condiciones climáticas a las que estuvieron expuestos fueron adversas (alto déficit hídrico), explicando esto la marcada diferencia.

4.2.5 Tasa de crecimiento

En el cuadro siguiente se visualizan las tasas de crecimiento para los distintos tratamientos en los meses evaluados.

Cuadro No. 8: Tasas de crecimiento y condiciones climáticas.

Meses	Muestra (kg/ha/día MS)	PN (kg/ha/día MS)	PD (kg/ha/día MS)	Temp. °C	pp (mm)	ET (mm)	Balance
Diciembre	15,0	15,0	15,0	24,2	94,5	200,38	-105,88
Enero	71,3	64,9	54,6	25,8	137,2	175,56	-38,36
Febrero	63,3	53,1	50,3	23,3	211,1	132,94	78,16
Marzo	33,1	44,6	62,4	22,2	54,6	145,34	-90,74
Abril	76,9	117,1	104,4	19,4	148,8	99,54	49,26
Mayo	57,7	49,8	53,0	14,9	132,1	74,7	57,4

Como era esperable no existieron diferencias significativas entre tratamientos al no implantarse las especies C4 de las mezclas. En general las tasas de crecimientos se pueden considerar altas para una estación que es limitante para el crecimiento de las pasturas templadas (Zanoniani, 2010). Diciembre y marzo fueron los meses de menores tasas de crecimiento, lo cual es explicado por el balance hídrico negativo cercano a 100 mm. La menor tasa de crecimiento en diciembre con respecto a marzo se debe a que dicha estación venía de bajas precipitaciones en la primavera, mientras que en marzo se parte de una buena recarga en el suelo dado el balance positivo de febrero. Los resultados muestran una clara dependencia de las condiciones climáticas del mes anterior en determinar la producción de forraje del mes siguiente (Ayala y Bermudez, 2005). La baja tasa de crecimiento que se observa en el mes de marzo se explica por las escasas precipitaciones, además de que estas se registraron al final del mes.

La alta tasa de crecimiento ocurrida en el mes de abril podría ser explicada por el rebrote de las especies invernales (trébol blanco y festuca), ya que comienzan a darse condiciones climáticas favorables para estas (menores temperaturas y ocurrencia de precipitaciones). Las precipitaciones ocurridas a fines de marzo luego de un mes sin lluvias jugaron un papel importante en las altas tasas de crecimiento, ya que venía siendo un factor que limitaba el crecimiento de la pastura, a su vez esto puede haber favorecido una mayor mineralización del nitrógeno acumulado en el suelo quedando más disponible para las plantas.

4.2.6 Composición botánica del disponible y del remanente

En el gráfico siguiente se observa el predominio estival de la fracción leguminosa, no siendo en otoño tan marcada esta diferencia.

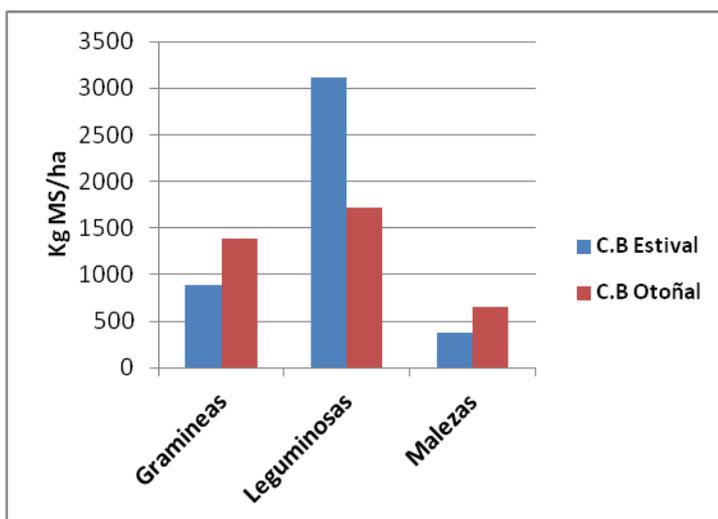


Figura No. 8: Composición botánica estival y otoñal en kg/ha MS.

En cuanto a las malezas, en los meses estivales su presencia es escasa, incrementándose en los meses otoñales, aunque el aporte de las mismas es alrededor de un 10 % no significativo en la producción de la pastura. Su ciclo de producción fue fundamentalmente estival propias del período de evaluación y frecuentes en praderas de este tipo (especies templadas) en la zona, las de mayor incidencia fueron *Digitaria sanguinalis* (30%), *Echinochloa sp.* (25%), *Verbena litoralis* (16%), *Portulaca oleracea* (15%) y otras (14%) entre las que se encuentran *Conyza sp.*, *Cyperus sp.*, *Eragrostis lugens*, *Sida rhombifolia*, *Stachys arvensis*, *Ammi visnaga*, *Xanthium cavanillesii*, *Gamochoeta spicata*, *Nierembergia hipomanica*, *Setaria geniculata*, *Coronopus didymus*.

En todos los casos no hubo diferencias significativas entre tratamientos, en cuanto al disponible tanto de gramíneas, leguminosas y malezas.

En el gráfico a continuación se observa como contribuye cada componente leguminosa en la mezcla forrajera.

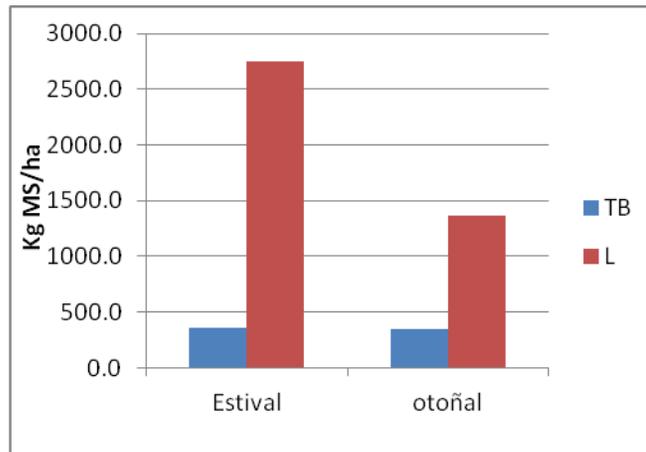


Figura No. 9: Proporción de leguminosas en la mezcla en kg/ha MS.

Como se puede observar en la figura No. 9, lotus tiene una fuerte predominancia sobre el trébol blanco durante el verano, disminuyendo la misma hacia el otoño. La predominancia de esta especie se puede explicar por un lado por su excelente implantación, además de ser la única especie estival en la mezcla. Su característico sistema radicular profundo, le permite sobrellevar condiciones de déficit hídrico como el presentado previo al inicio del experimento, que si bien afectó la producción forrajera de éste, perjudicó más a las especies que son más sensibles al estrés hídrico, como lo son trébol blanco y festuca.

Esta situación comienza a disminuir a mediados del mes de febrero cuando el balance hídrico se torna positivo al presentarse abundantes precipitaciones, y la temperatura comienza a disminuir provocando el inicio del rebrote de las especies de ciclo invernal de la mezcla, lo cual determina en contrapartida una menor competitividad general de la mezcla y un leve aumento en la proporción de las malezas (Figura No. 8).

La evolución de los diferentes componentes de las pasturas se visualiza en los gráficos siguientes:

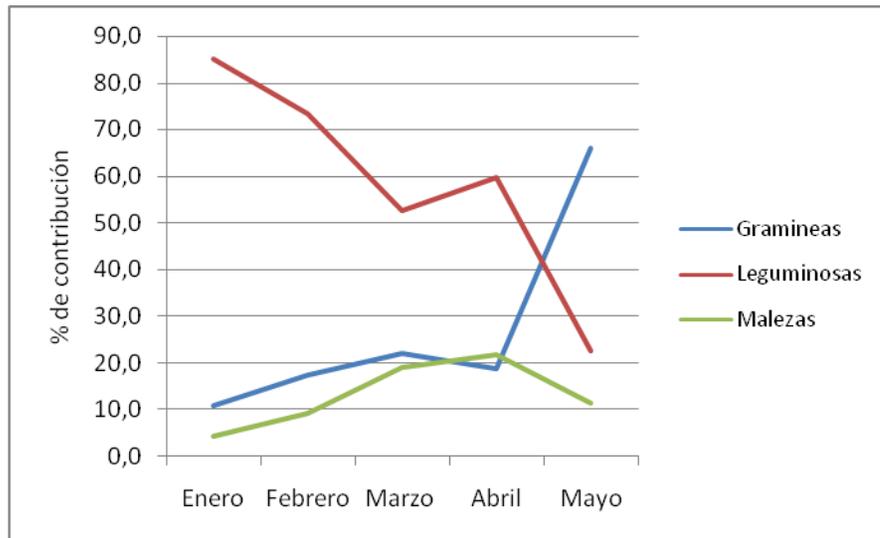


Figura No. 10: Proporción relativa de los componentes de la pastura en la mezcla testigo.

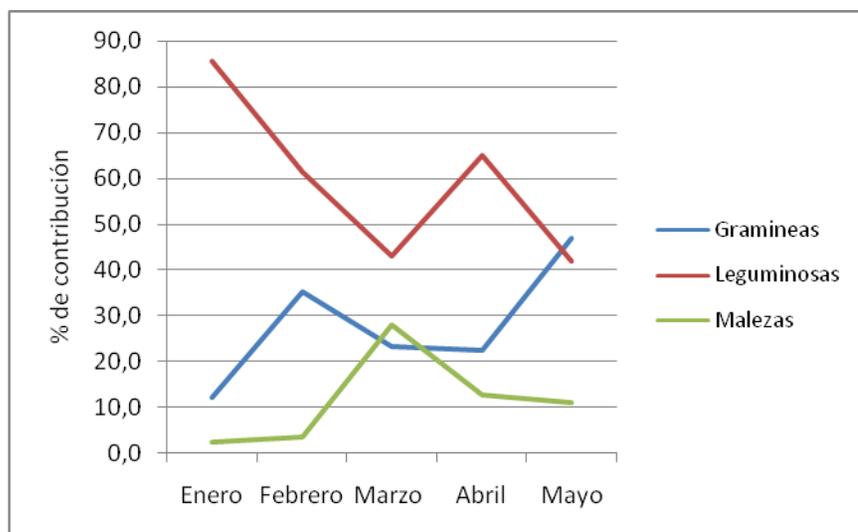


Figura No. 11: Proporción relativa de los componentes de la pastura en *Paspalum notatum*.

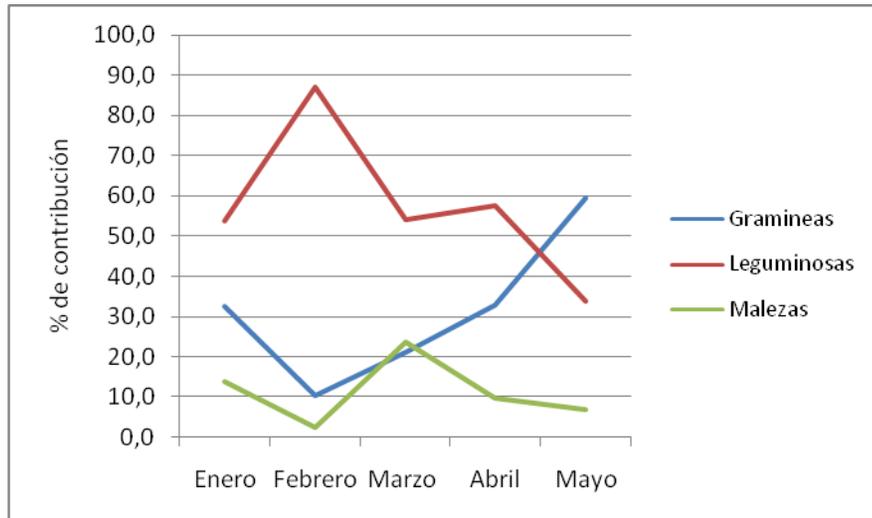


Figura No. 12: Proporción relativa de los componentes de la pastura en *Paspalum dilatatum*.

Estas figuras muestran la disminución de las leguminosas (fundamentalmente lotus), y como las gramíneas y malezas ocupan los espacios libres, las malezas al ser más competitivas ocupan estos espacios primeros, llegando en marzo a superar en cobertura a las gramíneas, pero con una posterior caída en relación a la gramínea que podría deberse a que las condiciones se tornan más favorable para la festuca, al mejorar las condiciones hídricas y de temperatura. Este comportamiento sigue la tendencia ya comentada en la Figura No. 9, disminución de lotus a partir de febrero por disminución de temperatura y mejora en el balance hídrico lo cual favorece el rebrote otoñal temprano de festuca y trébol blanco pero a una tasa de reposición más lenta que la disminución de la producción del lotus, lo que determina una disminución en la producción de forraje (Cuadro No. 7) y un leve incremento en el enmalezamiento (Figura No. 8).

4.2.7 Tasa de aparición de hojas (TAF)

La siguiente figura muestra la tasa de aparición de hojas de la festuca en dos periodos diferentes, el periodo 1 abarca desde el 16 de marzo al 30 de marzo, mientras que el 2 está comprendido entre el 30 de marzo y 13 de abril del 2011.

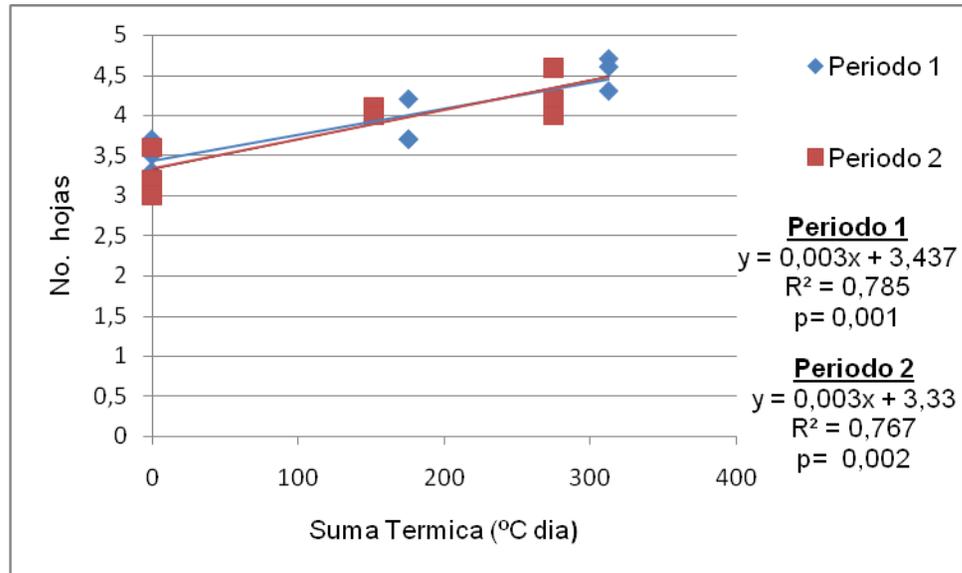


Figura No. 13: Tasa de aparición de hojas de festuca en el periodo 1 y 2 en función de la suma térmica.

Es de interés aclarar que para la evaluación de esta variable solo se tuvieron en cuenta las macollas que efectivamente produjeron una hoja en el periodo de evaluación.

La tasa de aparición foliar (TAF) representa el número de hojas aparecido en cada macollo por unidad de tiempo y es inverso al intervalo entre la aparición de dos hojas sucesivas (Chapman y Lemaire, 1993), en este caso se expresa en hojas/ °C día y para ambos periodos tiene un valor de 0,003, es decir aparecen 0,003 hojas por cada °C día.

Debido a la estrecha relación de la TAF con la temperatura es posible el cálculo del filocrón que se define como el inverso de la TAF y su unidad es °C día (Lemaire, 1985). Para ambos periodos el filocrón fue de 333 °C día, es decir se necesitan acumular 333 °C para la aparición de una nueva hoja. Teniendo en cuenta que la temperatura promedio del periodo 1 de evaluación (16 a 30 de marzo) es 20,8 °C, una hoja tardará 16 días en aparecer y para el periodo 2 (30 de marzo al 13 de abril) fue de 21,3 °C, por lo tanto tardara aproximadamente 15 días en aparecer una nueva hoja.

Según Lemaire (1985) el filocrón obtenido para la *Festuca arundinacea* en primavera es de 230 °C día, dato inferior al obtenido en este experimento, esta diferencia se podría explicar porque se trata de diferentes épocas del año, variando las condiciones ambientales. Dato reafirmado por Agnusdei et al. (1998), los cuales plantean un filocrón de 204 °C día, variando el intervalo de aparición de hojas según la temperatura, siendo de 26, 17 y 13 días a temperaturas de 8, 12 y 16 °C respectivamente. Estas diferencias se explican por el mayor valor de filocrón que se obtuvo en el experimento.

Lo mencionado anteriormente puede estar explicado por el hecho de que la tasa de aparición de hojas no está solo afectada por la temperatura, sino también por cambios en la intensidad de la luz, fotoperiodo y disponibilidad de agua y nutrientes del suelo (Langer, 1981).

En cuanto a la temperatura, se logra la mayor tasa de aparición de hojas cuando esta se encuentra dentro del rango óptimo de crecimiento de cada especie. En el periodo de evaluación la temperatura promedio fue de 21 °C y el promedio de temperaturas máximas fue de 27,4 °C, siendo el rango de temperatura óptima para las especies templadas de 20 a 25°C (Cooper y Tainton, 1968), y de 15 a 20 °C (Carámbula, 2008a), el factor temperatura podría estar explicando el alto valor de filocrón, ya que las altas temperaturas pueden estar afectando el crecimiento (debido a la fotorrespiración que lleva a un mayor gasto de energía).

Respecto a la intensidad de la luz, la tasa de aparición de hojas disminuye a medida que se reduce la intensidad de la luz, éste es otro de los factores que podría estar explicando el mayor valor de filocrón (Langer, 1981).

4.2.8 Tasa de elongación y de senescencia foliar

En el siguiente cuadro se visualiza la tasa de elongación y senescencia foliar para ambos periodos de evaluación.

Cuadro No. 9: Tasa de elongación, tasa de senescencia foliar y tasa neta de crecimiento foliar para los dos periodos de evaluación.

Periodo	te total (mm/día)	ts total (mm/día)	te neta (mm/día)
1	4,99	1,39	3,54
2	6,82	4,86	1,92

La tasa de elongación, al igual que la tasa de aparición de hojas, es un parámetro muy sensible al déficit hídrico. El nivel de humedad en el suelo afecta la tasa de crecimiento de las plantas, disminuyendo la tasa de elongación foliar, principalmente al afectar la tasa de expansión de las células cerca de los meristemas (Gastal y Duran, Smith et al., citados por Dos Santos, 2003), ya que la expansión celular se relaciona positivamente con la presión de turgencia que disminuye con cualquier disminución en el potencial hídrico (Dos Santos, 2003). Además la geometría de las hojas cambia drásticamente debido a un bajo potencial hídrico, enrollándose, lo que puede conducir a una reducción del área foliar de hasta un 50% (Gastal y Duran, 2000). Este factor puede haber afectado la tasa de elongación total, causando menor tasa de elongación el periodo 1 con respecto al 2, ya que en el primero hubo un déficit hídrico, recuperándose hacia fines del mes de marzo.

Datos reportados por Agnusdei et al. (1998) indican que en un rango de temperaturas de 6 a 12 °C la tasa de elongación foliar para la festuca es de 1 a 4,0 mm/día, en los datos obtenidos en el experimento se observa una mayor tasa de elongación, de 4,99 mm/día para el periodo 1 y 6,82 mm/día para el periodo 2, aunque considerando las temperaturas promedio para dichos periodos, 20,8 y 21,3 °C, la tasa de elongación debería ser mayor si sigue la tendencia mencionada por este autor.

Se puede observar mayor senescencia en el periodo 2, esto se explica porque en este periodo se da la mayor tasa de elongación. Partiendo de que ambos periodos presentan igual filocrón, al presentar mayor tasa de elongación, en el transcurso de la acumulación de los grados días las hojas son más grandes, por ende la hoja que muere va a ser de mayor tamaño, logrando una

mayor senescencia en mm/día, cumpliendo con el principio de que cada macolla mantiene un número de hojas fijo. Sabiendo que la temperatura afecta de forma similar la tasa de elongación y la tasa de senescencia, quedando la vida media de la hoja relativamente constante en termino de grados días acumulados (Lemaire, 1997).

Cuando un macollo alcanza un número máximo de hojas vivas, ocurre un equilibrio entre la tasa de aparición de hojas y la senescencia de hojas que ya pasaron su periodo de vida media foliar (Nabinger y Pontes, citados por Ramalho, 2008).

4.2.9 Número promedio de hojas por macollo

En el siguiente cuadro se muestra el número promedio de hojas por macollo en los distintos periodos de evaluación.

Cuadro No. 10: Número de hojas promedio por macollo según el periodo de evaluación.

Periodos	No.hojas promedio/macolla
1	3,63
2	3,27

Todas las especies tienen una capacidad limitada para acumular hojas vivas, en las gramíneas templadas en general no es superior a tres hojas, una vez alcanzado el número máximo de hojas estas especies no acumularan en pie una mayor cantidad de material foliar vivo, por lo que mientras aparece una nueva hoja la más vieja senesce (Agnusdei et al., 1998).

Según Lemaire (1985) a partir de una evaluación realizada en Francia, la festuca presenta un número máximo de hojas vivas por macollo de 2,5, siendo la vida media foliar de 570 °C día y un filocrón de 230 °C día. Dato similar obtuvo Agnusdei et al. (1998), en INTA Balcarce, Argentina, con un número máximo de hojas vivas de 2,7 (vida media foliar 555 °C día y filocrón

204 °C día), valores inferiores al alcanzado en este experimento. Dado la falta de datos a nivel nacional, se realizó la comparación con dato de distintos ambientes, lo que podría estar explicando esta diferencia.

4.2.10 Vida media foliar

La vida media foliar se refiere al intervalo entre la aparición de una hoja y el comienzo de su senescencia, también conocida como la longevidad (Chapman y Lemaire, 1993), siendo para el periodo 1 de 1316,65 °C día y para el periodo 2 de 1286,65 °C día. Esto significa que en el periodo 1 una hoja tuvo una vida media de 63 días y en el periodo 2 de 60 días. En términos prácticos se refiere a que en el periodo estivo-otoñal, la frecuencia manejada para el pastoreo de la festuca sería entre 60 y 63 días.

Resultados obtenidos en otros experimentos, como los mencionados en el punto anterior (4.2.9.) son inferiores a los alcanzados en esta evaluación, esto se debe al mayor valor de filocrón y al número de hojas.

4.2.11 Tamaño medio y final de la lámina

Con respecto al tamaño medio de las hojas, las diferencias entre los dos periodos no se pueden analizar porque se utilizaron bloques distintos y los periodos en que se evaluaron no fueron los suficientemente contrastantes. Para la especie agropiro, Albano et al. (2010) reportaron valores de 6,41 y 8,70 cm.

Cuadro No.11: Tamaño medio y final de la lámina por periodo.

Periodo	Tamaño medio de hoja (cm)	Tamaño final (cm)
1	8,9	18,1
2	10,6	18,6

El tamaño final de la hoja está determinado por dos factores: tasa de elongación foliar y tasa de aparición foliar. La primera está directamente relacionada al tamaño final de la hoja, mientras que en la segunda la relación es

inversa, cuanto mayor es la tasa de aparición foliar menor será el tamaño de la hoja. La longitud de la lámina es una característica vegetal plástica a la intensidad de la defoliación, siendo menor el tamaño de la hoja cuando están sujetas a una mayor intensidad de pastoreo (Chapman y Lemaire, 1993).

Los resultados obtenidos por Albano et al. (2010) para la especie agropiro a diferentes frecuencias de pastoreo, son de 14,8 y 14,9 cm, valores inferiores a los hallados en la presente evaluación, en la que se midió esta característica en festuca.

Las diferencias observadas entre el largo medio y final de lámina se explican porque en el primer caso se tienen en cuenta las hojas senescentes y en expansión, lo que hace que el promedio sea menor.

4.3 PARÁMETROS DE LA PRODUCCIÓN ANIMAL

4.3.1 Peso de los animales

A continuación se presenta el peso de los animales al principio y al fin del periodo de evaluación.

Cuadro No.12: Pesos de los novillos al inicio (enero) y al final (febrero) del periodo estival y ganancias individuales de peso vivo.

Tratamientos	Peso Inicial	Peso Final	kg de PV por animal
Testigo	403,8	445,0	40,5 a
P.N	389,4	428,9	39,4 a
P.D	367,5	405,3	38,6 a

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,10$).

En el periodo estival no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo en el periodo otoñal las diferencias son

significativas, presentando el P.D y P.N las máximas ganancias individuales de PV en el periodo (Cuadro No. 12 y 13).

Cuadro No. 13: Pesos de los novillos al inicio (marzo) y al final (abril) del periodo otoñal y ganancias individuales de peso vivo.

Tratamientos	Peso Inicial	Peso Final	kg de PV por animal
Testigo	445,0	499,8	56,95 a
P.N	428,9	495,0	66,42 b
P.D	405,3	474,7	66,93 b

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,10$)

La mayor ganancia individual en kg de PV fue debido a que los animales pastoreando dichas parcelas presentaron mayores ganancias diarias en el periodo otoñal. Esto se podría explicar por la calidad de la pastura, ya que en el tratamiento Testigo fue donde se obtuvo la menor producción de PV, dado que al presentar un mayor remanente se podría suponer que la pastura pierde calidad por lo que la producción de PV va a ser menor. Al ser mayor el área de dicha parcela y manejarse el bloque entero con los mismos criterios (igual frecuencia y número de animales), la parcela Testigo puede haber sufrido subpastoreo, que permitió que las hojas envejecieran más rápidamente, disminuyendo su calidad a medida que se reduce el contenido de proteína bruta y digestibilidad.

Datos reportados por Foglino y Fernandez (2009) para el periodo invierno-primaveral sobre una pastura de primer año de raigrás perenne, agropiro, trébol blanco y lotus son superiores a los alcanzados en este experimento (97, 106 y 105 kg de PV, para los tratamientos Testigo, P.N y P.D respectivamente en el periodo estivo-otoñal). Logrando 150 y 163 kg de PV por animal según distintas frecuencias de pastoreo, 9 y 3 días de ocupación respectivamente. Esto se puede deber a que se están evaluando distintos periodos de producción.

Por otro lado, Fariña y Saravia (2010) plantean ganancias individuales de PV de 153,2 y 172,5 kg, sobre pasturas de primer año, de festuca, agropiro y trébol blanco y raigrás perenne, agropiro y trébol blanco respectivamente, en el periodo invierno-primaveral, luego de 63 días de pastoreo. Estos datos también superan los alcanzados en el ensayo, esto se puede explicar por el distinto periodo de evaluación y/o por la composición de las mezclas.

La calidad de las pasturas varia a lo largo de año, presentando en invierno mayor calidad respecto a las otras estaciones, pudiendo ser esto una de las razones que explica las mayores ganancias en los dos trabajos mencionados anteriormente. Además de que en las mezclas que una de las especies es raigrás perenne, el forraje ofrecido presenta mayor calidad nutritiva si se lo compara con festuca, presentando el raigrás perenne una digestibilidad entre 65 y 75 % desde otoño a primavera valores superiores a los de festuca que varían de 70 % en momentos de mejor calidad (invierno) decayendo hacia la primavera hasta hacerse mínima en verano con un valor de 50% (Fariña y Saravia, 2010).

4.3.2 Ganancia de peso diaria

En el siguiente cuadro se observa la ganancia media diaria de los novillos Holando en el periodo evaluado comprendido desde enero a abril.

Cuadro No. 14: Ganancias medias diarias por tratamiento y por periodo.

Tratamientos	ESTIVAL	OTOÑAL
Testigo (kg/día)	1,29 a	1,07 a
PN (kg/día)	1,31 a	1,25 b
PD (kg/día)	1,35 a	1,26 b
Promedio (kg/día)	1,32	1,19

La ganancia media diaria promedio del periodo estivo-otoñal obtenida fue de 1,26 kg. Comparando con los valores obtenidos por Agustoni et al.

(2008), con similar asignación de forraje (9%), en el periodo invierno- primaveral en una pradera de segundo año compuesta por raigrás perenne, lotus y trébol blanco, obtuvo ganancias superiores de 1,7 kg/día. Esto puede estar explicado por tratarse de distintas épocas en estudio, pudiendo tener la pradera mejor calidad y estar compuesta por especies de mayor valor forrajero. Fariña y Saravia (2010) con una oferta de forraje de 5% PV, obtuvieron ganancias de 2,44 y 2,69 kg/día, siendo mayores en el tratamiento con raigrás perenne, explicándolo por la mayor digestibilidad de este con respecto a la festuca. Foglino y Fernandez (2009) por otro lado, con una oferta de forraje 5% PV, alcanzaron ganancias diarias de 2,05 kg.

Se puede concluir que las ganancias logradas en este experimento podrían haber sido mejores, aunque se consideran aceptables dadas las condiciones a las que estaban expuestos los novillos, como por ejemplo altas temperaturas y humedades relativas típicas del verano y región, que lo llevan a reducir su consumo voluntario e incrementar los requerimientos de energía para mantenimiento afectando el balance energético animal (Beretta et al., 2007). A esto se le suma que los animales no contaban con libre acceso al agua ni a sombra, siendo las condiciones propicias para que sufran de estrés térmico. Este puede haber estado afectando a los animales, variando su requerimientos o disminuyendo su consumo, a esto se le agrega que en verano las pasturas disminuyen su calidad, siendo su digestibilidad menor (Beede y Collier, citados por Saravia, 2009). En condiciones donde las temperaturas son elevadas, los animales aumentan sus necesidades de consumo de agua, debido a que por evaporación descienden su temperatura corporal, resultando este proceso difícil al no tener agua ad libitum (Saravia, 2009). Finalmente, Arias et al. (2008) sostiene que todas estas variables ocasionadas por el estrés en el animal, se ven reflejadas en su desempeño productivo, resultando como en este caso en ganancias individuales menores.

Las ganancias de peso de los animales durante el periodo otoñal estuvieron también influenciadas por las condiciones adversas típicas del verano, dado que la evaluación de la producción animal fue realizada hasta mediados de abril.

4.3.3 Producción de peso vivo por hectárea

La producción de PV promedio de los tres tratamientos fue de 227 kg de peso vivo por hectárea, las diferencias entre los tratamientos son debidas a las oferta de forrajes utilizadas.

Cuadro No. 15: Producción de PV estivo-otoñal por hectárea y oferta de forraje por tratamiento.

Tratamientos	OF %PV total	kg de PV/ha
Testigo	10,5	187,5
P.N	8,7	248,3
P.D	9,7	245,5

En los datos observados en el cuadro No. 12, los tratamientos P.D y P.N fueron los que obtuvieron las mayores producciones de PV por hectárea con 9,7 y 8,7% PV de oferta de forraje respectivamente. La oferta de forraje juega un rol importante en el consumo de los animales y por ende en la producción de PV por hectárea e individual. A ofertas de forraje muy bajas, se afecta la producción individual en cambio a ofertas de forraje muy altas es afectada la producción por hectárea (Heitschmidt y Taylor, citados por Escuder, 1997).

Almada et al. (2007) obtuvieron 900 y 700 kg/ha de PV para ofertas de forraje de 4,5 y 7% de peso vivo respectivamente. Agustoni et al. (2008) expresan que con 5,6-7% PV de oferta de forraje permite una adecuada ganancia individual y por hectárea sin poner en riesgo la persistencia de la pastura (550 kg/ha de PV). Foglino y Fernández (2009), obtuvieron menores producciones de PV, 406 y 417 kg/ha de PV con una oferta de forraje en torno al 6% PV. Fariña y Saravia (2010) trabajando con una oferta de forraje de 5% PV obtuvieron una producción de PV de 545 kg/ha y a 6,8% PV la producción fue de 590 kg/ha.

Estos resultados superan ampliamente a los obtenidos en este experimento, y esto se puede deber a las bajas eficiencias de producción provocada por las condiciones climáticas a las que estuvieron expuestos los animales. En cambio, Bartaburu et al. (2003), en el periodo de otoño-invierno, presenta valores similares a los obtenidos en el ensayo, entre 214 y 150 kg/ha de PV pero con 2,5 y 5% PV de oferta de forraje respectivamente y trabajando en una pastura compuesta únicamente por *Lolium multiflorum*.

Se puede concluir que a partir de estos resultados existe cierta concordancia, ya que en todos los estudios comparativos utilizados, el periodo de evaluación fue invierno-primaveral, siendo la oferta de forraje para lograr la máxima producción de PV de entorno al 6% PV. En el presente experimento al evaluarse un periodo estival, para lograr una similar producción de PV la oferta de forraje fue de aproximadamente 9% PV. Esto es validado debido a que en el verano la pastura pierde calidad, siendo necesario un mayor consumo o selectividad para llegar a satisfacer los requerimientos de mantenimiento y ganancia del animal.

A partir de estos datos se calculó la eficiencia de producción, de donde se obtuvo que se precisa en promedio 31,3 kg de materia seca producida para lograr 1 kg de PV. Esta eficiencia podría haber sido mayor si los animales hubieran estado en otras condiciones, con sombra y agua para beber dentro del potrero, y más aun considerando las temperaturas a las que estaban expuestos en ese periodo. Las mayores eficiencias de producción obtenidas por Fariña y Saravia (2010) en el periodo invierno-primaveral, sobre mezclas de festuca, agropiro, trébol blanco y raigrás perenne, agropiro, trébol blanco fueron de 9,6 y 7,8 respectivamente pueden estar debidas al periodo de evaluación, ya que en invierno la pastura es de mayor calidad y los animales no estuvieron expuestos a condiciones de estrés térmico como las que se dieron en este experimento.

Si se estima la eficiencia de conversión, dividiendo el forraje desaparecido entre los kg de peso vivo producido, se llega a un valor de 19,2, la que también se puede considerar alta comparada con los trabajos anteriormente citados .

4.4 CONSIDERACIONES FINALES

Debido a la nula implantación de *Paspalum notatum* y *Paspalum dilatatum*, se perdió el efecto tratamiento, lo que se puede deber a la calidad de la semilla utilizada (51 y 20 % de germinación para *Paspalum notatum* y *Paspalum dilatatum* respectivamente), fecha de siembra tardía y déficit hídrico.

En cuanto a la producción de forraje, no se observaron diferencias significativas entre tratamientos. Respecto la mezcla testigo, el mayor aporte en los meses estivales fue lograda por el *Lotus corniculatus* debido a la buena implantación, a las condiciones ambientales que la favorecieron y a que es la única especie de ciclo estival de la mezcla.

Con respecto a la producción de PV, se lograron menores producciones por hectárea que otros experimentos, lo que se puede deber a las bajas eficiencias de producción causadas por las condiciones a las que estuvieron expuestos los animales (sin acceso ad libitum al agua y falta de sombra con altas temperaturas).

Del análisis de las variables morfogénicas se considera que hubiera sido necesario un mayor periodo de evaluación con el fin de obtener resultados más certeros que aseguren una mayor repetibilidad de éstas variables.

5. CONCLUSIONES

No hubo diferencias significativas entre tratamientos debido a la falla en la implantación de las especies C₄, por lo tanto al considerar la inclusión de una gramínea estival en la mezcla (constituida por festuca, lotus y trébol blanco) con el objetivo de lograr una mayor producción, persistencia y balance gramíneas-leguminosas, se recomienda la utilización de materiales con buen porcentaje de germinación.

Dado el desempeño del *Lotus corniculatus*, es considerado como una buena alternativa estival para ser incluido en una mezcla, por mantener una buena producción de PV, así como por mejorar la persistencia de las praderas, evitando la invasión por parte de las malezas.

La producción de carne fue promedialmente de 227 kg/ha PV lo cual se considera bueno para estas estaciones, sin embargo resultaron inferiores a las obtenidas por otros autores en el período invierno-primaveral. Esta menor eficiencia de producción de pasto a carne sugiere la inclusión de agua en las parcelas así como de sombra, para mejorar el desempeño animal.

Del análisis de las variables morfogenéticas de la festuca se confirma la utilidad de éstas para un correcto manejo del pastoreo, al permitir estimar en función de las condiciones ambientales el aporte de forraje, a través de la tasa de aparición de hojas, la tasa de elongación foliar, vida media foliar, entre otras. La tasa de aparición de hojas obtenida para ambos periodos fue de 0.003 hojas por cada °C día, a partir de este resultado se dedujo un valor de filocrón para los dos periodos de evaluación de 333 °C día y se obtuvo un valor de entre 60 y 63 días de vida media foliar, período de tiempo que se debería esperar para pastorear dicha especie.

6. RESUMEN

El experimento se llevó a cabo en la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” (Facultad de Agronomía, Universidad de la República; Paysandú, Uruguay) ubicada sobre la ruta nacional No. 3, Km 363, en el período estivo-otoñal, comprendido entre el 18/01/2011 al 11/05/2011. Los objetivos fueron evaluar la producción estivo-otoñal de forraje y de PV de tres mezclas forrajeras, utilizando 30 novillos Holando de entre 20 y 26 meses de edad con un sistema de pastoreo rotacional y evaluar los parámetros que afectan la morfogénesis de la festuca. Los tratamientos consistieron en tres mezclas sembradas de *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*; *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens*, *Lotus corniculatus* y *Paspalum notatum*; *Festuca arundinacea*, *Trifolium repens*, *Lotus corniculatus* y *Paspalum dilatatum*. El diseño experimental utilizado fue el de bloques completos generalizados al azar y el área experimental comprendió un total de 13,8 has que se divide en 3 bloques y cada bloque se subdivide en 3 parcelas, las que se definen como unidad experimental. Los cultivares evaluados fueron *Festuca arundinacea* Tacuabe, *Trifolium repens* Zapican, *Lotus corniculatus* San Gabriel, *Paspalum notatum* Pensacola y *Paspalum dilatatum* comercial. Al momento de la evaluación el efecto tratamiento se perdió, ya que no se implantaron ni el *Paspalum notatum* ni el *Paspalum dilatatum*, siendo esto explicado posiblemente por la calidad de la semilla y la fecha de siembra. Por lo tanto los resultados obtenidos muestran que no se observaron diferencias significativas en la cantidad de forraje disponible entre tratamientos, con una producción de forraje media en verano de 4646 kg/ha MS predominando las leguminosas, mas específicamente el lotus y en otoño de 3620 kg/ha MS con una tendencia similar al periodo estival. La altura promedio del remanente fue de 6 cm lo que favoreció al lotus. Lográndose una ganancia media diaria de 1,26 kg/día, una producción de 227 kg/ha de PV y una eficiencia de producción de 31,3 kg, o sea se precisan en promedio 31,3 kg de materia seca producida para lograr 1 kg de PV. En cuanto a las variables morfo-genéticas se evaluaron dos periodos (el periodo 1, del 16 al 30 de marzo y periodo 2, del 30 de marzo al 13 de abril), la tasa de aparición de hojas obtenida para ambos periodos fue de 0.003, es decir aparece 0.003 hojas por cada °C día, a partir de este

resultado se dedujo un valor de filocrón para los dos periodos de evaluación de 333 °C día y se obtuvo un valor de entre 60 y 63 días de vida media foliar. Por lo tanto se concluye que para lograr una buena productividad estivo-otoñal de la pastura se debe incluir una gramínea estival en la mezcla con buen porcentaje de germinación y manteniendo una fecha de siembra apropiada, el uso de *Lotus corniculatus* como una buena alternativa y además de incluir bebederos en las parcelas para mejorar la producción de PV y su eficiencia de producción.

Palabras clave: Producción de forraje; Mezclas forrajeras; Producción animal; Oferta de forraje; Morfogénesis.

7. SUMMARY

The present study was held in the Research Station “Dr. Mario A. Cassinoni” (Facultad de Agronomía, Universidad de la República; Paysandu, Uruguay), during the period between January 18th and May 11th, 2011. The main objectives of this research were to evaluate the summer – autumn productivity and meat production of three different pasture mixtures, grazed by 30 Holstein steers aged between 20-26 months, in a rotational grazing method, and also study the Tall Fescue’s morphogenetic characteristics. The treatments consisted in three pastures mixtures composed by: *Festuca arundinacea* cv. Tacuabe, *Trifolium repens* cv. Zapican and *Lotus corniculatus* cv. San Gabriel; *Festuca arundinacea* cv. Tacuabe, *Trifolium repens* cv. Zapican, *Lotus corniculatus* cv. San Gabriel and *Paspalum notatum* cv. Pensacola; *Festuca arundinacea* cv. Tacuabe, *Trifolium repens* cv. Zapican, *Lotus corniculatus* cv. San Gabriel and *Paspalum dilatatum* “commercial” . The experimental design consisted in completely randomized blocks and in an area of 13.8 ha, divided in 3 blocks, each one subdivided in 3 plots, obtaining a total of 9 plots. There was no treatment effect as either *Paspalum dilatatum* or *Paspalum notatum* were implanted, due to the quality of the seeds and planting season. No significant differences were observed in terms of available forage in either of the three treatments, with an average summer production of 4646 kg/ha DM and in autumn the average production was 3620 kg/ha DM, both seasons with a clear legumes predominance, more specifically lotus. The average remnant height was 6 cm, which is considered adequate for lotus. Achieving a daily weight gain of 1,26 kg, a 227 kg of meat production/ha and a production efficiency of 31,3 kg, means that 31,3 kg of dry matter offered is needed to gain 1 kg of meat. Regarding to morphogenetics variables, two periods were evaluated (period 1: 16th to 30th March, Period 2: 30th March to 13th April). The Leaf Appearance Rate was 0.003 in both periods, which means that 0.003 leaves appear every °C.day. From this result, a phyllochron of 333 °C.days was calculated for boths periods and a leaf lifespan between 60 and 63 days. In conclusion, to achieve a good summer-autumn production, it is necessary to introduce a warm season grass to a pasture mixture, the material should have a high germination percentage, lotus is a good alternative to be included in the mixture, and lastly to

put water feeders and shadow in each plot, to improve the production efficiency and the meat production.

Key words: Forage production; Pasture mixture; Animal production; Forage offer; Morphogenesis.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. AGNUSDEI, M.; COLABELLI, M.; MAZZANTI, A.; LAVREVEUX, M. 1998. Fundamentos para el manejo del pastoreo de pastizales y pasturas cultivadas de la Pampa Húmeda. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Balcarce. Boletín Técnico no. 147. 16 p.
2. _____.; LEMAIRE, G. 2000. Leaf tissue turnover and efficiency herbage utilization. *In*: Lemaire, G.; Hodgson, J.; de Moraes, A.; Carvalho, F.; Nabinger, C. eds. Grassland ecophysiology and grazing ecology. Oxon, CAB International. cap. 14, pp. 265-287.
3. AGUSTONI, F.; BUSSI, C.; SHIMABUKURO, M. 2008. Efectos de la asignación de forraje sobre la productividad de una pastura de segundo año. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 100 p.
4. ALBANO, E.; ALVAREZ, G.; NÚÑEZ, R. 2010. Efecto de la frecuencia de pastoreo sobre la productividad estivo-otoñal de una pradera de primer año con agropiro. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 114 p.
5. ALMADA, S.; PALACIOS, M.; VILLALBA, S.; ZIPITRIA, G. 2007. Efectos de la asignación de forraje y la suplementación sobre la productividad de una pastura de raigrás perenne, trébol blanco y Lotus corniculatus. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 110 p.
6. ALTAMIRANO, A.; da SILVA H.; DURAN, A.; PANARIO, U.; PUENTES, R. 1976. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay; clasificación de suelos. Montevideo, MGAP. t.1, 96 p.
7. ALTIER, N. 1997. Enfermedades del Lotus en Uruguay. Montevideo, INIA. 16 p. (Serie Técnica no. 93).
8. ARIAS, R. A.; MADER, T. L.; ESCOBAR, P. C. 2008. Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. Archivos de Medicina Veterinaria. 40: 7-22.
9. AYALA, W.; BERMUDEZ, R. 2005. Producción de forraje de un campo natural de la zona de Lomadas del Este. *In*: Seminario de Actualización Técnica en Manejo de Campo Natural (2005,

Tacuarembó). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 33-40 (Serie Técnica no. 151).

10. AZANZA, A.; PANISSA, R.; RODRIGIEZ, H. 2004. Evaluación de la fertilización nitrogenada de campo natural bajo pastoreo de vacunos en el período primaveral. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 79 p.
11. BARTABURU, S.; COOPER, P.; LANFRANCONI, M.; OLIVERA L. 2003. Efecto de la suplementación con grano de maíz entero o molido y de la asignación de forraje sobre la performance de novillos Hereford pastoreando pasturas de calidad en el período otoño-invernal. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 81 p.
12. BEGUET, H. A.; BAVERA, G. A. 2001. Relación suelo – planta - animal. In: Curso de Producción Bovina de Carne (2001, Río Cuarto). Textos. Río Cuarto, Universidad Nacional de Río Cuarto. Facultad de Agronomía y Veterinaria. s.p.
13. BERETTA, V.; SIMEONE, A.; BENTANCUR, O.; INVERNIZZI, G.; PUIG, C.; VIROGA, S. 2007. Efecto de la asignación de forraje y el tiempo de ocupación de la parcela sobre la performance de terneros Hereford pastoreando praderas permanentes en invierno. (en línea). In: Reunión de ALPA (20^{a.}, 2007, Cusco). Trabajos presentados. Cusco, ALPA. pp. 1-4. Consultado 15 oct. 2011. Disponible en http://www.produccionbovina.com/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/90-Beretta_ocupacion.pdf
14. _____., _____., ELIZALDE, J.C. 2010. Manejo de animales en engorde durante el verano. In: Jornada Anual de la U.P.I.C. (10^{a.}, 2010, Paysandú). Una década de investigación para una ganadería más eficiente. s.n.t. cap. 5, pp. 29-31.
15. BLASER, R. E.; HAMMES, R. C.; BRYANT, H. T.; HARDISON, W. A.; FONTENET, J. P.; ENGEL, R. W. 1960. The effect of selective grazing on animal output. In: International Grassland Congress (8^{th.}, 1960, Reading). Proceedings. Reading, University of Reading. pp. 601 – 606.

16. BOGGIANO, P. 2000. Dinamica de producao primaria da pastagem nativa em área fertilidade corrigida sob efeito de abudacao nitrogenada e asignacao de forragem. Tese Doutorado. Porto Alegre, Brasil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 191 p.
17. BRETSCHEIDER, G. 2008. Como controlar el empaste. (en línea). Rafaela, INTA. s.p. Consultado 12 nov. 2011. Disponible en <http://www.produccion-animal.com.ar>
18. BURSON, B. L.; WATSON, V. H. 1995. Bahiagrass, Dallisgrass, and other Paspalum Species. In: Barnes, R.F.; Miller, D.A.; Nelson, C.J. eds. Forages, an introduction to grassland agriculture. Ames, Iowa State University Press. pp. 431-440.
19. CAMPBELL, M.; SWAIN, M. 1973. Factors causing losses during the establishment on surface-sown pastures. Journal of Range Managment. 26(5):355-359.
20. CARÁMBULA, M. 1977. Producción y manejo de pasturas sembradas, Mezclas forrajeras. Montevideo, Hemisferio sur. 464 p.
21. _____; SANTIÑAQUE, F. 1981. Productividad y comportamiento de distintas mezclas forrajeras. Investigaciones Agronómicas. no. 2: 16-21.
22. _____. 1982. Persistency of improved pastures. In: Simposio Técnico del convenio IICA-Cono Sur/BID (1982, La Estanzuela). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. s.p.
23. _____. 1992. Manejo de praderas. Montevideo, INIA. 16 p. (Boletín de Divulgación no. 17).
24. _____. 2007. Pasturas y forrajes; manejo, persistencia y renovación de pasturas. Montevideo, Hemisferio Sur. t.3, 403 p.
25. _____. 2008a. Pasturas naturales mejoradas. Montevideo, Hemisferio Sur. 530 p.
26. _____. 2008b. Pasturas y forrajes; insumos, implantación y manejo de pasturas. Montevideo, Hemisferio Sur. t.2, 371 p.

27. _____. 2010. Pasturas y forrajes; potenciales y alternativas para producir forraje. Montevideo, Hemisferio Sur. t.1, 357 p.
28. CASTRO, H.C. 1998. Comportamiento en pastoreo. In: Valtorta, S.; Leva, P.E.; Castro, H.; Gallardo, M.; Maciel, M.; Guglielmone, A.; Ansiani, O. eds. Producción de leche en verano. Santa Fé, Universidad Nacional del Litoral. pp. 38-46.
29. CHAPMAN D.F.; LEMAIRE G. 1993. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: International Grassland Congress (17th., 1993, Palmerston North). Proceedings. Palmerston North, Massey University. pp. 95-104.
30. CHILIBROSTE, P. 1998. Fuentes comunes de error en la alimentación del ganado lechero en pastoreo; I Predicción del consumo. In: Jornadas de Buiatría (26as., 1998, Paysandú). Memorias. Paysandú, CMVP. pp. 1-7.
31. _____. 2002. Integración de patrones de consumo y oferta de nutrientes para vacas lecheras en pastoreo durante el período otoño – invernal. In: Jornadas de Buiatría (30as., 2002, Paysandú). Memorias. Paysandú, CMVP. pp. 90-96.
32. CLARKE, E.A. 1983. Manejo de pasturas. (en línea). s.n.t. s.p. Consultado 20 ago. 2011. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/03-manejo_de_pasturas.htm
33. COLABELLI, M.; AGNUSDEI, M.; MAZZANTI, A.; LABREVEUX, M. 1998. El proceso de crecimiento y desarrollo de gramíneas forrajeras como base para el manejo de la defoliación. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Balcarce. Boletín Técnico no. 148. 21 p.
34. COLLIER, R.J.; BEEDE, D.K.; THATCHER, W.W.; ISRAEL, L.A.; WILCOX, C.J. 1982. Influences of environment and its modification on dairy animal health and production. Journal Dairy Science. 65: 2213-2227.

35. COOPER, J.P.; TAINTON, N.M. 1968. Light and temperature requirements for the growth of tropical and temperate grasses. *Herbage Abstracts*. 38: 167 - 176.
36. CORREA URQUIZA, A. 2004. Mezclas forrajeras. (en línea). *Revista Agromercado*. 228: 53-54. Consultado 20 ago. 2011. Disponible en http://www.produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20artificiales/18-mezclas_forrajeras.htm
37. CRUZ, G.; SARAVIA, C. 2008. Un índice de temperatura y humedad del aire para regionalizar la producción lechera en Uruguay. *Agrociencia*. 12 (1): 56-60.
38. DAVIES, A. 1974. Leaf tissue remaining after cutting and regrowth in perennial ryegrass. *Journal of Agricultural Science*. 82: 165-172.
39. DE LAS RIVAS, J. 2000. La luz y el aparato fotosintético. *In*: Azcon-Bieto, J.; Talon, M. eds. *Fundamentos de fisiología vegetal*. Barcelona, Mc Graw-Hill Interamericana. cap. 9, pp. 131- 153.
40. DE LEÓN, M. 2007. Interacciones “pastura-animal”. INTA. Estación Experimental Agropecuaria Manfredi. Cuadernillo clásico de forrajeras no. 135. 2 p.
41. DEREGIBUS, V.A.; SANCHEAZ, R.A.; CASAL, J.J.; TRILICA, M. J. 1985. Tiling responses to enrichment of red light beneath the canopy in a humid natural grassland. *Journal of Applied Ecology*. 22: 199-206.
42. DIAZ, J. E.; GARCIA, J.A.; REBUFFO, M. 1996. Crecimiento de leguminosas en la Estanzuela. Montevideo, INIA. 12 p. (Serie Técnica no. 71).
43. DOS SANTOS, G. 2003. Importância da mofogênese no manejo de gramíneas forrageiras. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa. 25 p.
44. ESCUDER, C.J. 1997. Manejo de la defoliación. Efecto de la carga y métodos de pastoreo. *In*: Cangiano, C. ed. *Producción animal en pastoreo*. Buenos Aires, INTA. Estación agropecuaria experimental Balcarce. pp. 65 – 83.

45. FARIÑA, M. F.; SARAVIA, R. 2010. Evaluación de la productividad de mezclas forrajeras bajo pastoreo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 82 p.
46. FISHER, G. E. J.; MAYNE, C. S.; WRIGHT, I. A. 2000. Grassland management under grazing and animal response. In: Hopkins, A. ed. Grass; its production and utilization. Oxford, Blackwell Science. pp. 247-291.
47. FOGLINO, F.; FERNÁNDEZ, J. 2009. Efecto del período de ocupación de pastoreo en la productividad de una pastura de primer año de raigrás perenne, T. Blanco, lotus corniculatus y agropiro. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 68 p.
48. FORMOSO, F.; ALLEGRI, M. 1980. Producción de forraje, semillas y persistencia de cinco cultivares y dos procedencias de trébol blanco (*trifolium repens* L.) en la zona noreste del Uruguay. Investigaciones Agronómicas. 1 (1): 3-6.
49. _____. 1993. Lotus corniculatus; performance forrajera y características agronómicas asociadas. Montevideo, INIA. 20 p. (Serie Técnica no. 37).
50. _____. 1996. Bases morfológicas y fisiológicas del manejo de pasturas. In: Risso, D.F.; Berretta, E.J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, INIA. pp. 1-19 (Serie Técnica no. 80).
51. _____. 2010. Festuca arundinacea, manejo para producción de forraje y semilla. Montevideo, INIA. 192 p. (Serie Técnica no. 182).
52. GALLI, J. R.; CANGIANO, C. A. 1998. Relación entre la estructura de la pastura y las dimensiones del bocado y sus implicancias en el consumo en bovinos. Revista Argentina de Producción Animal. 18 (3): 247-261.
53. GARCIA, J. A. 1971. Influencia de factores ambientales sobre el rendimiento y calidad de semilla en tres biotipos de *Paspalum dilatatum* Poir. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía. Montevideo, Uruguay. 128 p.
54. _____. 1992. Persistencia de leguminosas. Revista INIA. Investigación Agropecuaria. 2(1): 143-156.

55. _____. 1995. Estructuras del tapiz de praderas. Montevideo, INIA. 10 p. (Serie Técnica no. 66).
56. _____. 2003. Crecimiento y calidad de gramíneas forrajeras en La Estanzuela. Montevideo, INIA. 35 p. (Serie Técnica no. 133).
57. GARCIA BREIJO, F. 2011. Biología y botánica. Germinación de semillas. Parte III. Tema 17. (en línea). Valencia, Universidad Politécnica de Valencia. s.p. Consultado 18 ago. 2011. Disponible en http://www.euita.upv.es/varios/biologia/Temas/tema_17.htm
58. GASTAL, F.; G. LEMAIRE. 1988. Study of tall fescue sward growth under nitrogen deficiency conditions. In: General Meeting of the European Grassland Federation (12th, 1988, Dublin). Proceedings. Dublin, Wicklow. pp. 323-327.
59. _____.; DURAND, J.L. 2000. Effects of nitrogen and water supply on N and C fluxes and partitioning in defoliated swards. In: Lemaire, G.; Hodgson, J.; de Moraes, A.; Nabinger, C.; Carvalho, P.C. eds. Grassland ecophysiology and grazing ecology. Oxon, CABI. pp. 15-39.
60. GREGORINI, P. 2007. Hagamos pastorear a los animales al atardecer. (en línea). Washington, D.C., USDA. s.p. Consultado 15 oct. 2011. Disponible en http://www.produccionbovina.com/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/59-pastorear_al_atardecer.pdf
61. HARRIS, W.; LAZENBY, A. 1974. Competitive interactions of grasses with contrasting temperature responses and water stress tolerances. Australian Journal of Agricultural Research. 25 (2): 227 – 246.
62. _____. 1978. Defoliation as a determinant of the growth, persistence and composition of pasture. In: Wilson, J. R. ed. Plant relations in pastures. Melbourne, CSIRO. pp. 67-85.
63. HAYDOCK, K.P.; SHAW, N.H. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pastures. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry. 5 (15): 663 – 670.

64. HODGSON, J. 1981. Influence of sward characteristics on diet selection and herbage intake by the grazing animal. In: International Symposium of Nutritional Limits to Animal Production from Pastures (1981, St. Lucia). Proceedings. St. Lucia, J. B. Hacker. pp. 153 – 166.
65. _____. 1990. Grazing management; science into practice. New York, Longman. 203 p.
66. HOLT, E. C. 1956. Dallisgrass. Texas Agricultural Experiment Station. Boletín Técnico no. 829. 14 p.
67. JONES, R. M. 1986. Persistencia de las especies forrajeras bajo pastoreo. In: Lascano, C.; Pizarro, E. eds. Evaluación de pasturas con animales; alternativas metodológicas. Cali, CIAT. pp. 167-200.
68. LANGER, R. H. M. 1981. Las pasturas y sus plantas, establecimiento de la pastura. Montevideo, Hemisferio Sur. 514 p.
69. LEBORGNE, R. s.f. Antecedentes técnicos y metodologías para presupuestación en establecimientos lecheros. Montevideo, Hemisferio Sur. 53 p.
70. LEMAIRE, G. 1985. Cinétique de croissance d'un peuplement de féтуque élevée (*Festuca arundinacea* Schreb.) pendant l'hiver et le printemps. Effets des facteurs climatiques. Thèse Doctorat és Sciences Naturalles. Caen, France. Université de Caen. s.p.
71. _____. 1997. The physiology of grass growth under grazing; tissue turnover. In: Simpósio Internacional sobre Produção Animal em Pastejo (1997, Viçosa). Trabajos presentados. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa. pp. 117-143.
72. MARASCHIN, G. E. 2000. A planta forrageira no sistema de producto; gramas batatais, forquilha e bahiagrass. In: Faria, V. P.; Moura, J. C.; Pedreira, C. G. S.; Peixoto, A. M. eds. A planta forrageira no sistema de producao. Piracicaba, FEALQ. pp. 217-264.
73. MATILLA, A. 2000. Germinación y dormición de las semillas; la germinación de semillas. In: Azcon-Bieto, J.; Talon, M. eds. Fundamentos de fisiología vegetal. Barcelona, Mc Graw-Hill Interamericana. cap. 27, pp. 435-449.

74. METHOL, R. J.; SOLARI, J. 1994. Dinámica de la implantación de leguminosas sembradas en cobertura bajo diferentes manejos de pastoreo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 147 p.
75. MILLOT, J. C. 1991. Manejo del pastoreo y su incidencia sobre la composición botánica y productividad del campo natural. In: Carámbula, M.; Vaz Martins, D.; Indarte, E. eds. Pasturas y producción animal en áreas de ganadería extensiva. Montevideo, INIA. pp. 68-70 (Serie Técnica no. 13).
76. MONTOSI, F.; RISSO, D.; FIGURINA, G. 1996. Consideraciones sobre utilización de pasturas. In: Risso, D.F.; Berretta, E.J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, INIA. pp. 93-105 (Serie Técnica no. 80).
77. NABINGER, C. 1998. Principios de manejo e produtividade de pastagens. In: Gottschall, C.S.; da Silva, J.L.S.; Rodriguez, N. C. eds. Ciclo de palestras em producao e manejo de bovinos de corte. Canoas, ULBRA. pp. 54-107.
78. NELSON, D.; COX, M. 2006. Lehninger; principios de bioquímica. 4ª. ed. Barcelona, Omega. 1119 p.
79. PHILLIPS, C. J. C. 2001. Housing, handling and the environment for cattle. In: Phillips, C. J. C. ed. Principles of cattle production. Cambridge, CABI. pp. 170-216.
80. PIZARRO, E. A. 2000. Potencial forrajero del genero paspalum. Pasturas Tropicales. 22 (1): 38-46.
81. POPPI, D.P.; HUGHES, T.P.; L'HUILLIER, P.J. 1987 Intake of pasture by grazing ruminants. In: Nicol, A.M. ed. Livestock feeding on pasture. Hamilton, New Zealand Society of Animal Production. pp. 55-64 (Occasional publication no. 10).
82. _____.; THOMPSON, K. F. 1990. Livestock production from pasture. In: Langer, R. H. M. ed. Pastures; their ecology management. Auckland, Oxford University. pp. 263-283.

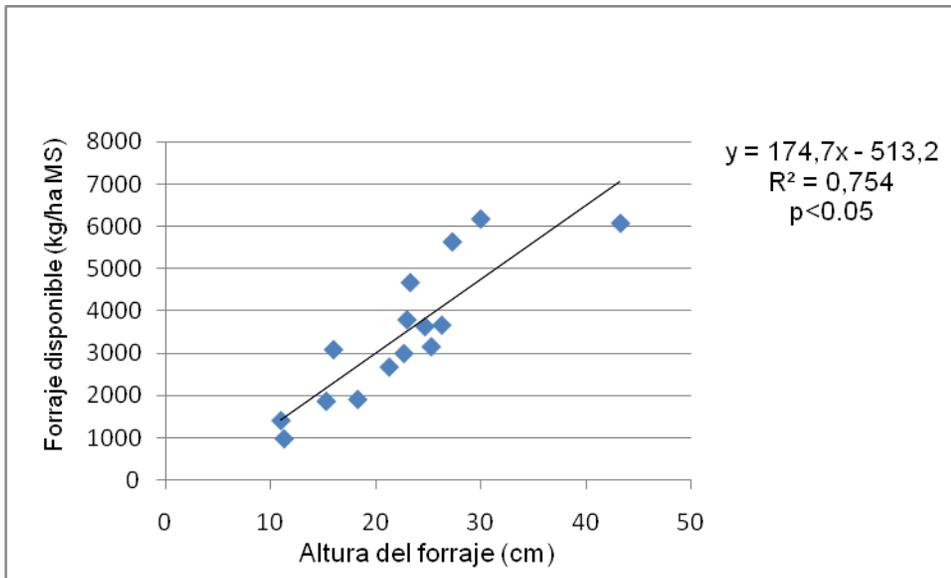
83. PRISTCH, O. M. 1976. Evaluación del potencial productivo de semillas de Trébol blanco en el área de la Estanzuela. Revista de la Asociación de Ingenieros Agrónomos del Uruguay. 7: 24-28.
84. RAMALHO, C. 2008. Características productivas de gramíneas nativas do genero *Paspalum*, em resposta a disponibilidade de nitrógeno. Tesis de doctorado. Porto Alegre, Brasil. Universidad Federal do Rio Grande do Sul. Facultad de Agronomía. 254 p.
85. RICHARDS J. H. 1993. Physiology of plants recovering from defoliation. In: International Grassland Congress (17th., 1993, Palmerston North). Proceedings. Palmerston North, Massey University. pp. 85-94.
86. RISSO, D. F.; ZARZA, A. 1981. Producción y utilización de pasturas para engorde. Miscelánea CIAAB. no. 28: 6-19.
87. RUSSELL, J. S.; WEBB, H. R. 1976. Climatic range of grasses and legumes used in pastures. In: International Grassland Congress (11th., 1976, Surfers Paradise). Result of survey. Journal of the Australian Institute Agricultural Science. 42: 156-163.
88. SANTIÑAQUE, F. 1979. Estudios sobre la productividad y comportamiento de distintas mezclas forrajeras. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 86 p.
89. SARAVIA, C. 2009. Efecto del estrés calórico sobre las respuestas fisiológicas y productivas de vacas Holando y Jersey. Tesis de maestría en Ciencias Agrarias. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 136 p.
90. SILANIKOVE, N. 2000. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic. Livestock Production Science. 67: 1-18.
91. SIMPSON, R. J.; CULVENOR, R. A. 1997. Photosynthesis, carbon partitioning and herbage yield. In: Wheeler, J. L.; Pearson, C. J.; Robards, G.E. eds. Temperate pastures; their production, use and management. East Melbourne, CSIRO. pp. 103-118.
92. SKERMAN P.J.; RIVEROS F. 1992. Gramíneas tropicales. Roma, FAO. 849 p. (Producción y protección vegetal no. 23).

93. SKINNER, R. H., NELSON, C. J. 1995. Elongation of the grass leaf and its relationship to the phyllochron. *Crop Science*. 35 (1): 4-10.
94. SMETHAM, M. L. 1981. Manejo del pastoreo. In: Langer R.H.M. ed. Las pasturas y sus plantas. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 210-270.
95. _____. 1990. Pasture management. In: Langer, R.H.M. ed. Pastures; their ecology management. Auckland, Oxford University. pp. 197-240.
96. SNAYDON, R. W. 1981. The ecology of grazed pastures. In: Morley, F.H.W. ed. Grazing animals. Amsterdam, Elsevier Science Publishers. cap. 2, pp. 13-31.
97. TAMMINGA, S.; SCHRAMA, J. W. 1998. Environmental effects on nutrient and energy metabolism in ruminants. *Archives of Animal Nutrition*. 51: 225-235.
98. TEMPLETON, W.C.; MOTT, G. D.; BULA, R. J., 1961. Some effects of temperature and light on growth and flowering of tall fescue, *Festuca arundinancia* Schreb I. Vegetative development. *Crop Science*. 1 (3): 216 – 219.
99. THOM, E. R. 2003. The place of *Paspalum* in New Zealand pastures. *Revista Agropecuaria Producción Animal*. 23 (3-4): 131-134.
100. THOMAS, H.; STODDART. 1980. Leaf senescence. *Annual Review of Plant Physiology*. 31: 83-111.
101. TOTHILL, J.; HARGREAVES J.; JONES, R., 1978. A comprehensive sampling and computing procedure for estimating pasture yield and composition. CSIRO. Tropical Agronomy Technical Memorandum no. 8. s.p.
102. TURNER, N. C.; BEGG, J. E., 1978. Responses of pasture plants to water deficits. In: Wilson, J. R. ed. Plants relations in pastures. Melbourne, CSIRO. pp. 50 - 66.
103. VERIBONA, N. 2006. Calidades y aptitudes del trébol blanco. (en línea). Rio Cuarto, s.e. s.p. Consultado 12 nov. 2011. Disponible en <http://www.pregonagropecuario.com.ar/cat.php?txt=123>

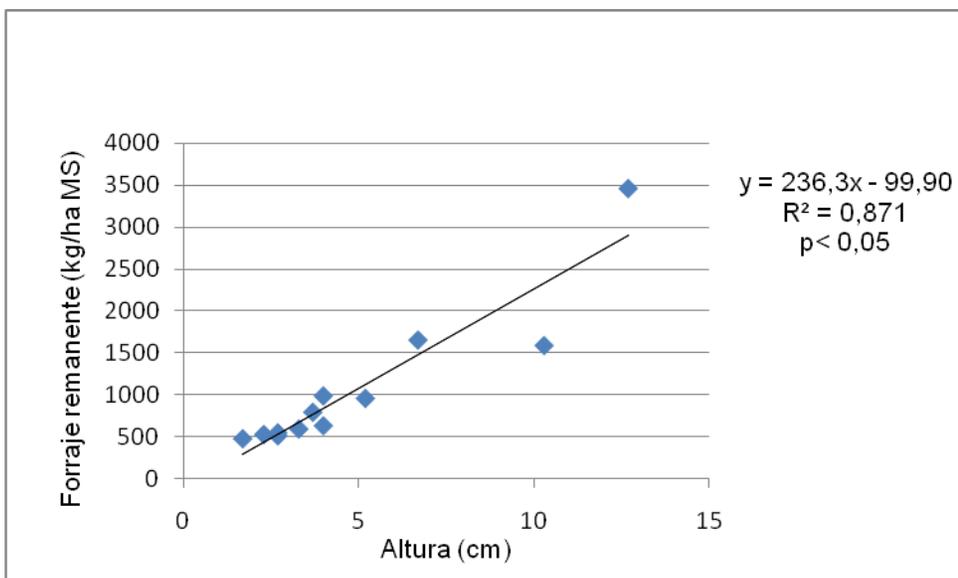
104. VINE, D. A. 1983. Sward structure changes within a perennial ryegrass sward; leaf appearance and death. *Grass and Forage Science*. 38: 231-242.
105. VOLENEC, J. J.; NELSON, C. J. 1984. Carbohydrate metabolism in leaf meristems of tall fescue. Relationship to genetically altered leaf elongation rates. *Plant Physiology*. 74: 590-94.
106. WATSON, H.; WARD, C. 1970. Influence of intact tillers and height of cut on regrowth and carbohydrate reserves in Dallisgrass (*Paspalum dilatatum Poir*). *Crop Science*. 10: 474-477.
107. WILMAN, D.; WRIGHT, P.T. 1983. Some affects of applied nitrogen on the growth and chemical composition of temperate grasses. *Herbage Abstracts*. 53: 387
108. ZANONIANI, R. 1998. Mejoramiento y manejo de bajos. (en línea). Young, UEDY. s.p. Consultado 18 nov. 2011. Disponible en <http://www.planagro.com.uy/publicaciones/uedy/Publica/Cart13/Cart13.htm>
109. _____. 1999. Algunas alternativas para mejorar la productividad de nuestras pasturas naturales. *Cangüé*. no. 15:13-17.
110. _____.; DUCAMP, F. 2004. Leguminosas forrajeras del género Lotus en el Uruguay. *Cangüé*. no. 25:5-11.
111. _____., BOGGIANO P.; CADENAZZI M; SILVEIRA D. 2006a. Evaluación de cultivares de raigrás bajo distintas intensidades de pastoreo. *In: Reuniao do Grupo Técnico em Forrageiras do Cone Sul. Grupo Campos. Desafios e Oportunidades do Bioma Campos Frente à Expansao e Intensificação Agrícola (21ª., 2006, Pelotas). Trabajos presentados. Pelotas, Embrapa. s.p.*
112. _____.; _____.; _____.; _____. 2006b. Producción otoño-invernal del segundo año de raigrás según intensidad de pastoreo. *In: Reuniao do Grupo Técnico em Forrageiras do Cone Sul. Grupo Campos. Desafios e Oportunidades do Bioma Campos Frente à Expansao e Intensificação Agrícola (21ª., 2006, Pelotas). Trabajos presentados. Pelotas, Embrapa. s.p.*
113. _____. 2010. Estado actual del conocimiento en producción de pasturas, brecha tecnológica. *Agrociencia*. 14(3): 26-30.

9. ANEXOS

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



Anexo No. 2: Correlación entre materia seca remanente y altura de la Pastura.



Anexo No. 3: Forraje disponible estivo-otoñal (kg/ha MS)

Análisis de varianza

Variable	N	R ²	R ² AJ	CV
DISP (kg/ha)	18	0,62	0,5	17,42

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	10186330,21	4	2546582,55	5,24	0,0097
BLOQUE	10086937,69	2	5043468,76	10,38	0,002
TRATAMIENTO	99392,69	2	49696,35	0,1	0,9035
Error	6314913,34	13	485762,56		
Total	16501243,55	17			

Anexo No. 4: Forraje disponible estival-otoñal (cm)

Análisis de varianza

Variable	N	R ²	R ² AJ	CV
DISP (kg/ha)	18	0,15	0	48,71

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	151,95	4	37,99	0,57	0,6908
BLOQUE	151,43	2	75,71	1,13	0,3525
TRATAMIENTO	0,52	2	0,26	3,9 E- 0,3	0,9961
Error	870,29	13	66,95		
Total	1022,24	17			

Anexo No. 5: Forraje remanente estivo-otoñal, promedios por tratamientos v (kg/ha MS)

Análisis de varianza

Variable	N	R ²	R ² AJ	CV
REM (kg/ha)	18	0,71	0,62	36,4

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7864542,72	4	1966135,69	7,85	0,0019
BLOQUE	6189563,6	2	3094781,8	12,36	0,0010
TRATAMIENTO	1674979,14	2	837489,57	3,34	0,0674
Error	3256022,45	13	250463,27		
Total	11120565,19	17			

Test: LSD Fisher Alfa=0,10 DMS=511,69785

Error: 250463,2650			gl.13
Tratamiento	Medias		n
P.N	1034,22	A	6
P.D	1315,98	AB	6
Testigo	1774,43	B	6

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<=0.10)

Anexo No. 6: Forraje remanente estivo otoñal, promedios por tratamientos (cm)

Análisis de varianza

Variable	N	R ²	R ² AJ	CV
REM (kg/ha)	18	0,71	0,62	29,35

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	88,43	4	22,11	7,92	0,0018
BLOQUE	72,02	2	36,01	12,89	0,0008
TRATAMIENTO	16,41	2	8,2	2,94	0,0885
Error	36,3	13	2,79		
Total	124,73	17			

Test: LSD Fisher Alfa=0,10 DMS=1.70858

Error: 2,7925		gl.13
Tratamiento	Medias	n
P.N	4,65 A	6
P.D	5,48 AB	6
Testigo	6,96 B	6

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

Anexo No. 7: Porcentaje de utilización estivo otoñal

Análisis de varianza

Variable	N	R ²	R ² AJ	CV
% Utilización	18	0,41	0,23	26,86

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2838,89	4	709,72	2,26	0,1184
BLOQUE	1757,44	2	878,72	2,8	0,0975
TRATAMIENTO	1081,44	2	540,72	1,72	0,2169
Error	4080,06	13	313,85		
Total	6918,94	17			

Anexo No. 8: Tasa de crecimiento estivo-otoñal

Análisis de varianza

Variable	N	R ²	R ² AJ	CV
T. Crec.	18	0,35	0,15	33,09

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2857,08	4	714,27	1,76	0,1974
BLOQUE	2615,7	2	1307,85	3,22	0,0731
TRATAMIENTO	241,37	2	120,69	0,30	0,7478
Error	5279,94	13	406,15		
Total	8137,02	17			

Anexo No. 9: Producción de forraje estivo-otoñal

Análisis de varianza

Variable	N	R ²	R ² AJ	CV
Crec. Aju.	18	0,38	0,19	31,2

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	13109310,22	4	3277327,56	1,97	0,1585
BLOQUE	12494634,78	2	6247317,39	3,76	0,0515
TRATAMIENTO	614675,44	2	307337,9	0,18	0,8334
Error	21615410,72	13	1662723,9		
Total	34724720,94	17			

Anexo No. 10: Composición botánica; porcentaje de gramíneas

Análisis de varianza

Variable	N	R ²	R ² AJ	CV
Gram. %	18	0,33	0,13	53,33

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1401,9	4	350,47	1,62	0,2293
BLOQUE	1366,88	2	683,44	3,15	0,0767
TRATAMIENTO	35,020	2	17,51	0,08	0,9229
Error	2820,80	13	216,98		
Total	4222,70	17			

Anexo No. 11: Composición botánica; porcentaje de leguminosas

Análisis de varianza

Variable	N	R ²	R ² AJ	CV
Leg. %	18	0,18	0,00	35,06

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1168,77	4	292,19	0,73	0,5878
BLOQUE	1165,00	2	582,5	1,45	0,2693
TRATAMIENTO	3,77	2	1,88	4,7 E-03	0,9953
Error	5208,72	13	400,67		
Total	6377,49	17			

Anexo No. 12: Composición botánica; porcentaje de malezas

Análisis de varianza

Variable	N	R ²	R ² AJ	CV
Malezas %	18	0,16	0,00	80,19

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	299,92	4	74,98	0,6	0,6675
BLOQUE	296,74	2	148,37	1,19	0,3346
TRATAMIENTO	3,19	2	1,59	0,01	0,9873
Error	1617,33	13	124,41		
Total	1917,26	17			

Anexo No. 13: Producción de carne estival

Análisis de varianza

Variable	N	R ²	R ² AJ	CV
Estival	30	0,05	0,00	32,44

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	coef
Modelo	203,33	3	67,78	0,41	0,7453	
Tratamiento	16,71	2	8,36	0,05	0,9505	
Enero	145,53	1	145,53	0,89	0,3552	0,04
Error	4270,17	26	164,24			
Total	4473,5	29				

Anexo No. 14: Producción de carne otoñal

Análisis de varianza

Variable	N	R ²	R ² AJ	CV
Otoñal	30	0,4	0,33	18,94

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	coef
Modelo	2534,12	3	844,71	5,85	0,0034	
Tratamiento	599,26	2	299,63	2,08	0,1456	
Enero	1361,65	1	1361,65	9,44	0,0049	-0,13
Error	3751,25	26	144,28			
Total	6285,37	29				

Test: LSD Fisher Alfa=0,10 DMS=9.16216

Error: 144,2787			gl.26	
Tratamiento	Medias		n	E.E.
Testigo	56,95	A	10	3,86
P.N	66,42	B	10	3,8
P.D	66,93	B	10	3,88

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

Anexo No. 15: Ganancia media diaria Estival

Análisis de varianza

Variable	N	R ²	R ² AJ	CV
Estival	30	0,05	0,00	32,45

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	coef
Modelo	0,22	3	0,07	0,41	0,7468	
Tratamiento	0,02	2	0,01	0,05	0,9491	
Peso inicial	0,16	1	0,16	0,88	0,3579	1,4 E - 03
Error	4,75	26	0,18			
Total	4,97	29				

Anexo No. 16: Ganancia media diaria Otoñal

Análisis de varianza

Variable	N	R ²	R ² AJ	CV
Estival	30	0,4	0,33	19,00

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	coef
Modelo	0,9	3	0,3	5,84	0,0034	
Tratamiento	0,21	2	0,11	2,07	0,1470	
Peso inicial	0,49	1	0,49	9,44	0,0049	-2,4E P-03
Error	1,34	26	0,05			
Total	2,25	29				

Test: LSD Fisher Alfa=0,10 DMS=0,17331

Error: 0,0516			gl.26	
Tratamiento	Medias		n	E.E.
Testigo	1,07	A	10	0,07
P.N	1,25	B	10	0,07
P.D	1,26	B	10	0,07

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