

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

PRODUCCIÓN INVERNO-PRIMAVERAL DE MEZCLAS FORRAJERAS DE
TERCER AÑO BAJO PASTOREO

por

María Carolina CAIRÚS BANCHERO
María Agustina REGUSCI BRUNNINGHAUSEN

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

MONTEVIDEO
URUGUAY
2013

Tesis aprobada por:

Director: _____

Ing. Agr. Esp. MSc. Ramiro Zanoniani

Ing. Agr. PhD. Pablo Boggiano

Ing. Agr. Alfredo Silbermann

Fecha: 7 de abril de 2013

Autores: _____

María Carolina CAIRÚS BANCHERO

María Agustina REGUSCI BRUNNINGHAUSEN

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Agronomía por permitirnos acceder a nuestra formación académica.

A nuestro director de tesis Ing. Agr. MSc. Ramiro Zanoniani por darnos la posibilidad de realizar esta tesis y por el incondicional apoyo brindado en todas las instancias durante la elaboración del mismo.

Y a Dios por tener a nuestras familias y amigos acompañándonos a lo largo de esta etapa.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.	II
AGRADECIMIENTOS.	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1. OBJETIVOS.	3
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	4
2.1. CARÁCTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES Y CULTIVARES QUE COMPONEN LA MEZCLA.	4
2.1.1. <u>Festuca arundinacea</u>	4
2.1.2. <u>Lotus corniculatus</u>	5
2.1.3. <u>Trifolium repens</u>	7
2.2. MEZCLAS.	9
2.3. MANEJO DE LA PASTURA.	13
2.3.1. <u>Manejo del Índice de área foliar (IAF)</u>	13
2.3.2. <u>Manejo estacional (invierno y primavera) de la pastura implantada</u>	14
2.3.2.1. Manejo en invierno.	14
2.3.2.2. Manejo en primavera.	15
2.4. VARIACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL TAPIZ DE LAS PRADERAS SEGÚN LA EDAD Y ESTACIÓN DEL AÑO.	15
2.4.1. <u>Edad de la pastura</u>	15
2.5. SOBREVIVENCIA ESTIVAL.	16
2.6. EFECTOS DEL PASTOREO.	17
2.6.1. <u>Defoliación</u>	18
2.6.1.1. Bases morfológicas y fisiológicas del manejo de pasturas	19
2.6.2. <u>Parámetros que definen el pastoreo</u>	21
2.6.2.1. Frecuencia.	21
2.6.2.2. Intensidad.	23
2.6.2.3. Momento.	25
2.6.3. <u>Efecto del pastoreo sobre la pastura</u>	25

2.6.3.1. Efectos sobre la utilización del forraje.	26
2.6.3.2. Efectos sobre la persistencia.	27
2.6.3.3. Efectos sobre la calidad.	28
2.7. PRODUCCIÓN ANIMAL.	29
2.7.1. <u>Efectos del pastoreo sobre el desempeño animal</u>	29
2.7.2. <u>Consumo animal</u>	32
2.7.2.1. Disponibilidad, altura y estructura.	34
2.7.2.2. Calidad.	37
2.7.2.3. Selectividad.	38
2.7.2.4. Pisoteo y deyecciones.	39
2.7.3. <u>Oferta de forraje</u>	40
2.7.4. <u>Estrés térmico</u>	42
2.8. HIPÓTESIS.	42
2.8.1. <u>Biológicas</u>	42
2.8.2. <u>Estadísticas</u>	42
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	43
3.1. CONDICIONES EXPERIMENTALES GENERALES.	43
3.1.1. <u>Ubicación experimental y periodo experimental</u>	43
3.1.2. <u>Descripción del sitio experimental</u>	43
3.1.3. <u>Antecedentes del área experimental</u>	43
3.2. TRATAMIENTOS.	44
3.3. DISEÑO EXPERIMENTAL.	45
3.4. METODOLOGÍA Y CONDUCCIÓN EXPERIMENTAL.	45
3.4.1. <u>Variables determinadas</u>	46
3.4.1.1. Forraje disponible y remanente en materia seca (MS).	46
3.4.1.2. Altura del forraje disponible y del remanente.	47
3.4.1.3. Forraje desaparecido.	47
3.4.1.4. Forraje producido.	47

3.4.1.5.	Tasa de crecimiento.	47
3.4.1.6.	Composición botánica del disponible y del remanente. . . .	47
3.4.1.7.	Peso de los animales.	48
3.4.1.8.	Ganancia de peso diaria.	48
3.4.1.9.	Producción de peso vivo por hectárea.	48
3.5.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.	48
4.	<u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.</u>	50
4.1.	CLIMA.	50
4.2.	PARÁMETROS DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA PASTURA.	52
4.2.1.	<u>Materia seca disponible y remanente.</u>	52
4.2.2.	<u>Altura de forraje disponible y remanente.</u>	55
4.2.3.	<u>Forraje disponible y desaparecido en período invierno-primavera!</u>	57
4.2.4.	<u>Producción de materia seca.</u>	58
4.2.4.1.	Tasa de crecimiento.	58
4.2.4.2.	Producción de forraje.	60
4.2.5.	<u>Composición botánica del forraje disponible y remanente.</u>	61
4.3.	PARÁMETROS DE LA PRODUCCIÓN ANIMAL.	65
4.4.	CONSIDERACIONES FINALES.	72
5.	<u>CONCLUSIONES.</u>	74
6.	<u>RESUMEN.</u>	75
7.	<u>SUMMARY.</u>	76
8.	<u>BIBLIOGRAFÍA.</u>	77

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Remanente de forraje en kg/ha, por estación, promedio período invierno-primaveral y oferta de forraje en %PV.	55
2. Altura (cm) del forraje disponible por estación, según tratamiento.	55
3. Altura (cm) del forraje remanente por estación, según tratamiento.	56
4. Producción de forraje en período experimental (kg MS/ha).	61
5. Ganancia media diaria en invierno, primavera y en el total del período por tratamiento.	65
6. Ganancia promedio en kg PV por animal en el total del período por tratamiento.	66
7. Asignación de forraje correspondiente a cada tratamiento.	66
8. Ganancia promedio en kg PV/animal en invierno por tratamiento.	67
9. Ganancia promedio en kg PV/animal en primavera por tratamiento.	68
Figura No.	
1. Asociaciones entre consumo animal y características y métodos de asignación de pasturas para gramíneas y leguminosas	33

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.	35
3. Efecto de la asignación de forraje sobre la utilización del mismo y ganancia media diaria (g/día) de novillas pastoreando verdeos (otoño) o pasturas mejoradas (invierno, primavera, verano) en diferentes momentos del año.	41
4. Croquis del área experimental.	45
5. Registro de precipitaciones durante el experimento comparado con el promedio histórico.	50
6. Registro de las temperaturas medias durante el ensayo, comparadas con la media histórica.	51
7. Disponibilidad de forraje (kg MS/ha) por tratamiento, por estación y promedio del período experimental. . .	52
8. Evolución de la disponibilidad de forraje para cada tratamiento durante el período experimental.	53

9. Remanente de forraje de cada tratamiento durante el período experimental.	54
10. Forraje disponible y desaparecido en kg MS/ha.	57
11. Evolución de la tasa de crecimiento de la pastura en el período experimental.	59
12. Producción de forraje por tratamiento, según pastoreo y total del período experimental.	60
13. Disponibilidad en kg MS/ha de las diferentes fracciones según tratamiento.	62
14. Proporción relativa de los componentes de la pastura en el Tratamiento 10.	63
15. Proporción relativa de los componentes de la pastura en el Tratamiento 7.	63
16. Proporción relativa de los componentes de la pastura en el Tratamiento 4.	64
17. Representación gráfica de la evolución de los pesos de los animales durante el período de evaluación por tratamiento.	68
18. Gráfico kg PV producidos por ha y GMD en función de la oferta de forraje expresada como kg MS cada 100 kg de PV.	69
19. Gráfico kg de PV producidos por ha y GMD en función de la oferta de forraje expresada como kg MS cada 100 kg de PV.	70

20. Gráfico GMD para cada uno de los
tratamientos en función de los
períodos de medición de peso.

71

1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción de forraje en Uruguay se basan en diferentes alternativas las cuales abarcan desde las más extensivas tales como pasturas naturales y pasturas naturales con mejoramientos, hasta las más intensivas como pasturas implantadas o verdeos. En las pasturas implantadas existen tres variantes: mezclas forrajeras, gramíneas con nitrógeno y leguminosas puras (Santiñaque y Carámbula, 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).

Según García (1995), los factores que afectan la estructura del tapiz en orden de importancia son: el tipo de pastura (las especies y la proporción en que se encuentran), el manejo del pastoreo, la estación del año, la edad de la pastura y las condiciones de fertilidad.

Las pasturas cultivadas suponen la destrucción total de la vegetación presente, la preparación de una buena sementera, el agregado de nutrientes y la siembra de mezclas forrajeras compuestas por gramíneas y leguminosas. Uno de los objetivos más importantes es lograr de ellas los máximos rendimientos de materia seca por hectárea explotando las ventajas y bondades que ofrecen ambas familias (Carámbula, 2004).

Constituyen la fuente de alimentación más económica para los rumiantes, por esto es fundamental potenciar su productividad y la eficiencia con que el forraje es cosechado por los animales y transformado en producto final (carne, leche y lana). El rol que juegan las pasturas en la alimentación de los rodeos es muy importante, por tal motivo los productores, asesores e investigadores deben entender a las pasturas como un ecosistema donde tienen lugar complejas interacciones entre todos sus componentes.

En las plantas, durante el año, se producen una serie de cambios morfofisiológicos, y en sus poblaciones un conjunto de modificaciones que incluyen variaciones en la composición botánica y en la estructura del tapiz, las cuales afectan la cantidad de forraje y su calidad. Desde el punto de vista agronómico, el concepto de persistencia en las pasturas involucra el criterio de constancia de rendimientos dentro de un equilibrio dinámico de balance entre las especies sembradas (gramíneas y leguminosas) y la vegetación residente.

La falta de persistencia de las pasturas se presenta como un serio problema en los países del Cono Sur, así como también en gran parte del mundo (García, 1995).

Para obtener altos rendimientos de materia seca de elevado valor nutritivo durante varios años distribuido a lo largo del año en forma uniforme, es necesario implementar el uso de mezclas forrajeras tipo multipropósito formadas por tres o cuatro especies complementarias. También es necesario que estén formadas por gramíneas y leguminosas ya que ni las gramíneas solas, ni las leguminosas puras proveen una buena pastura. Las gramíneas aportan: productividad sostenida por muchos años, adaptación a gran variedad de suelos, facilidad de mantenimiento de poblaciones, explotación total del nitrógeno simbiótico, estabilidad en la pastura, baja sensibilidad al pastoreo y corte, baja susceptibilidad a enfermedades y plagas y baja vulnerabilidad a la invasión de malezas. Las leguminosas por su parte, aportan: nitrógeno a las gramíneas, son poseedoras de alto valor nutritivo para completar la dieta animal, y son promotoras de fertilidad en suelos naturalmente pobres, así como degradados por un mal manejo (Carámbula, 2004).

En lo que respecta al manejo, 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.

Es por esto que en el presente trabajo se evaluará una mezcla forrajera perenne que tienen como componente una gramínea y una leguminosa invernal y leguminosa estival manejadas bajo distintas dotaciones animales.

1.1 OBJETIVOS

El trabajo presenta como objetivo general evaluar tres dotaciones animales de una 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 invierno-primaveral de la mezcla forrajera (*Festuca arundinacea*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*) según la dotación animal.
- Evaluar el desempeño animal a través de la evolución de su peso vivo logrado sobre esta mezcla, durante la producción invierno- primaveral a tres dotaciones diferentes.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES Y CULTIVARES QUE COMPONENTEN LA MEZCLA

2.1.1 Festuca arundinacea

Gramínea perenne invernada 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 encuentran el lento establecimiento, 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 (Langer, 1981).

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. En otoño e invierno entrar a pastorear con 15 cm como máximo altura para evitar la formación de maciegas y consiguiente mala calidad, y dejar un remanente de 5 cm. Para la primavera y

verano el correcto pastoreo sería con una frecuencia de 20 cm y una intensidad de 7 cm (Carámbula, 2010).

La festuca es indudablemente una de las gramíneas perennes más utilizadas en la región y un componente esencial en la mayoría de las pasturas sembradas. 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 Kentucky 31 fueron aumentar el potencial de producción de forraje otoño-invernal, la persistencia productiva y la fuerza de competencia con respecto al trébol blanco. 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).

El éxito de la persistencia de este material se sustenta en que su integración genética incluye materiales recolectados de praderas muy viejas a nivel de todo el país, aspecto que garantiza una muy alta adaptabilidad a las condiciones de ambiente y uso en los establecimientos.

Los trabajos realizados en Tacuabé permiten definirla como un cultivar de: elevados rendimientos anuales de materia seca; alto potencial de producción de forraje durante el período otoño-invernal; excelente persistencia productiva, de floración temprana y que permite mantener un balance más adecuado de la relación festuca- trébol blanco (Formoso, 2010).

Es un cultivar que no presenta semilatenencia estival como los de tipo mediterráneo, su tasa de crecimiento máxima obtenida por García (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.

Castro (2012) obtuvo una producción para el primer año de 7977 kg/ha MS, el segundo 13466 kg/ha MS y el tercer año 4989 kg/ha MS, en el período de evaluación de 2011.

2.1.2 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 compete 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 despereja 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 presenta una raíz principal larga con numerosas ramificaciones donde se originan numerosas ramificaciones secundarias, formando un denso y fibroso sistema radical. Esta característica le permite, según Seaney y Henson, citados por Morales (1998), buena persistencia en suelos superficiales, pobres y mal drenados. La raíz tiene la capacidad de producir nuevos tallos a partir de yemas localizadas en la corona, contribuyendo para la sobrevivencia de la planta en caso de algún tipo de estrés, corte o pastoreo (Grant y Marten, citados por Morales, 1988). En general, el rebrote después de un corte o pastoreo se realiza a partir de yemas localizadas en la axila de las hojas, en conjunto con las yemas de la corona.

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).

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 en primavera y es de 31 kg/ha/día MS (Díaz et al., 1996)

La producción según Castro (2012) para el primer año es 4668 kg/ha MS y para el segundo 5050 kg/ha MS.

2.1.3. *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 período 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).

Según García (1996), el trébol blanco en un pastoreo rotativo se ingresa a pastorear cuando tiene 12-20 cm de altura dependiendo de la estación del año, con una intensidad de 4 a 5 cm.

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 alta digestibilidad y su excelente apetecibilidad caracterizan al trébol blanco superando a cualquier otra leguminosa forrajera, incluyendo la alfalfa. Estos atributos son aportados por éste para elevar la calidad de todas las pasturas en las cuales ocupa el rol de leguminosa (Carámbula, 2010).

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

La producción de Castro (2012) para el primer año es 7359 kg/ha MS y para el segundo 11900 kg/ha MS.

2.2 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 “asociación 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.

Además se debe tener en cuenta que una pastura mezcla integrada por especies gramíneas y leguminosas no solo debe tener como objetivos producir altos rendimientos de materia seca distribuidos uniformemente durante el año con un elevado valor nutritivo durante varios años. Sino que también permite tener los menores riesgos de enmalezamiento, la cual es una variable importante que pone en riesgo la durabilidad de la pastura (Santiñaque y Carámbula, 1981).

Pensando en el factor competencia que se puede generar entre las especies sembradas, Santiñaque (1979) plantea que dos plantas, independientemente de cuan 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 radican 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) (Carámbula, 2010).

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.

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.

De incluirse raigrás y trébol blanco en la mezcla, durante el período de establecimiento de la pastura existe un efecto de dominancia del raigrás perenne sobre el trébol blanco, el cual se ve incrementado realizando cortes poco frecuentes, o en menor grado, efectuando cortes poco severos. En general el trébol blanco no es eliminado de la pastura en ninguna ocasión, pero presenta mayor rendimiento en frecuencias de pastoreo bajas. Se destaca que cuando el trébol blanco alcanza altos rendimientos, ninguna ocasión marca una supresión del raigrás perenne (Harris y Thomas, 1973). Durante el verano las especies estivales (por ejemplo Lotus) son quienes proveen la mayor parte del forraje debido a la dominancia estacional y no a la competencia interespecífica, ya que el efecto surge como consecuencia de un pobre crecimiento del raigrás perenne en dicha época (Zanoniani et al., 2006).

La inclusión conjunta de trébol blanco y lotus en las mezclas se traduce en una mezcla de gran adaptación a distintas condiciones climáticas, diferentes tipos de suelos dentro de cada potrero y a manejos de defoliación bastante indefinidos, por lo cual muestran siempre aceptable comportamiento y amplia versatilidad. Estos atributos le permiten ofrecer una mayor seguridad de entrega de forraje durante un período muy amplio de tiempo, dado que ambas especies presentan ciclos complementarios. La presencia del lotus disminuye las posibilidades de que se produzcan problemas de meteorismo.

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

¹ Boggiano, P.; Zanoniani, R. 2012. Com. personal.

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.

Según Santiñaque (1979) la producción total de otoño e invierno es 2156 y 1531 kg/ha MS respectivamente lográndose un total anual de 10595 kg/ha MS.

Formoso (2010) cuantificó los rendimientos anuales y estacionales de la mezcla de tercer año de *Festuca arundinacea*, *Trébol blanco* y *Lotus corniculatus* obteniendo 8550 kg MS/ha con un porcentaje de leguminosas del 70%. En cambio Leborgne (s.f.) sobre una misma mezcla obtuvo una mezcla de 7000 kg MS/ha.

Por otro lado, los animales que pastorean en mezclas presentan un mayor consumo que cuando las mismas especies se encuentran en siembras puras, mostrando una mayor apetecibilidad por el forraje. Al mismo tiempo se evita problemas nutricionales y fisiológicos: meteorismo (leguminosas puras) e hipomagnesemia y toxicidad por nitratos (gramíneas puras). Por último, un buen porcentaje de leguminosas uniformiza la materia seca digestible a lo largo de un lapso más amplio, estimulando de esta manera las producciones animales (Herriott, citado por Carámbula, 1977).

En general, según Carámbula (2010), las mezclas forrajeras permiten:

- Compensar variaciones de suelo, clima y manejo.
- Alargar el período de producción con una variación interanual menor.
- Utilizar de manera más flexible el forraje producido.
- Entregar el forraje de manera más uniforme a lo largo del año.
- Presentar niveles altos de materia orgánica digestible (MOD) por períodos más prolongados.
 - Proveer una ración mas balanceada para las distintas producciones animales según sea ajustada la proporción de gramíneas y leguminosas.
 - Favorecer un mayor consumo por parte de los animales.
 - Impedir en los animales, la aparición de problemas nutricionales y fisiológicos.

2.3 MANEJO DE LA PASTURA

2.3.1. Manejo del Índice de área foliar (IAF)

El indicador más preciso de la productividad de la pastura, como también del comportamiento ingestivo de los animales bajo pastoreo, es el índice de área foliar promedio (Holmes, citado por Acle et al., 2004). Por lo tanto, para lograr un buen manejo de la pastura hay que conocer y manejar el IAF, este es la relación entre el área de hojas y el área cubierta de suelo por ellas, expresa la densidad de hojas de una pastura (Watson, citado por Carámbula, 1977).

El IAF óptimo de una pastura se alcanza en el punto donde el crecimiento es máximo y a partir del cual comienza el decrecimiento (Brown y Blaser, citados por Carámbula, 1977). Este decrecimiento ocurre a partir de descomposición y pérdida de material (Carámbula, 1977).

Las principales respuestas fotomorfogenéticas de las plantas están mediadas por pigmentos fotosensibles: Fitocromo (sensible en la porción del Rojo (R) y el Rojo Lejano (RL) del espectro lumínico), Criocromo (sensible a la porción Azul) y UVcromo (sensible a los rayos Ultra Violeta). Una baja cantidad de luz y una baja relación R:RL provocan tres respuestas principales en las plantas: aumento de asignación de recursos a la parte aérea (tallo:raíz alta), alargamiento de los órganos ya existentes, reducción del macollaje (Deregibus et al., 1985). Por esta razón, cuando las pasturas acumulan excesivo material y se genera un ambiente sombreado (pasturas cerradas), la estructura de la cubierta se caracteriza por una baja densidad de macollos de tamaño grande respecto de pasturas mantenidas en un ambiente bien iluminado (Colabelli et al., 1998).

La definición de las estrategias de cosecha debe estar orientada a cosechar el material vegetal antes que se produzca el envejecimiento y muerte de la primera hoja totalmente expandida que apareció con posterioridad a la defoliación precedente (Agnusdei et al., 1998).

Especies de gramíneas perennes con hojas semierectas requieren índices más elevados de IAF que las leguminosas con hojas horizontales. Las gramíneas pueden interceptar casi la totalidad de la radiación incidente (95%) entre un IAF de 6 a 9, mientras que las leguminosas templadas lo harán a un rango de IAF de 2,5 a 4 (Pearson e Ison, citados por Carlevaro y Carrizo, 2004).

A igual área foliar remanente, debido a la disposición de sus hojas, las leguminosas (trébol blanco) interceptan más luz que las gramíneas (raigrás) y

en consecuencia se recuperan más fácilmente. Las gramíneas erectas tienen, por tanto, mayor producción con más tiempo de descanso (manejos aliviados) que las leguminosas y especies postradas. No solo es importante la cantidad remanente de hojas, sino también la eficiencia de las mismas, es decir, el tipo y su estado (Carámbula, 1977).

Es importante mencionar que el área foliar y las sustancias de reserva afectan el comportamiento de las diferentes especies, ambas están íntimamente relacionadas entre sí ya que la acumulación de sustancias de reservas depende del proceso de fotosíntesis y éste a su vez del área foliar de las plantas (Carámbula, 2004).

En casos donde, luego de una defoliación, las plantas quedan con un área foliar insuficiente para cubrir las necesidades de crecimiento y mantenimiento, deben recurrir a los carbohidratos disponibles, o sea, a los carbohidratos solubles no estructurales (Escuder, citado por Cangiano, 1996).

2.3.2 Manejo estacional (invierno y primavera) de la pastura implantada

2.3.2.1 Manejo en invierno

Desde que el invierno es la estación del año en la que la falta de forraje se hace especialmente limitante de las producciones animales, es fundamental extremar las medidas que permitan afrontar dicha situación con una buena oferta de forraje utilizando las pasturas con la mayor eficiencia. En invierno, un pastoreo controlado favorece el crecimiento de la mayoría de las especies de ciclo otoño-inverno-primaveral, y permite a la vez realizar una mejor utilización de la pastura (Carámbula, 1977).

Es evidente que la disponibilidad de forraje de esta época depende, en gran parte, del manejo que se haya efectuado durante el verano anterior y muy particularmente en el otoño.

Desde que en esta estación tanto la intensidad e luz como su ángulo de incidencia son bajos, se puede interceptar y utilizar toda la luz disponible con un área foliar menor que en otras épocas del año y por consiguiente, aún con una masa foliar baja, se puede alcanzar también aumentos aceptables de materia seca por día. De ahí entonces que no sea necesario mantener mucho follaje ya que de hacerlo así, se estará desperdiciando materia seca y tiempo para producirlo.

A causa de la mayor eficiencia para utilizar la luz que tienen los tréboles, éstos tienden a dominar sobre las gramíneas. Por consiguiente, para

favorecer a estas últimas convendrá mantener baja la pastura, lo cual no solo permitirá a los pastos recibir más luz y calor a nivel de las yemas, condiciones más ventajosas para el macollaje, sino que se verán favorecidos por el pastoreo mediante una mayor movilidad del nitrógeno a través de la muerte y descomposición de raíces y nódulos de las leguminosas (Carámbula, 2010).

2.3.2.2 Manejo en primavera

En esta estación se dan las mayores tasas de crecimiento del año. El manejo para pastoreo que se realice a fines de invierno y principios de primavera tendrá por finalidad fundamental suprimir la fase reproductiva y aplicar técnicas que permitan perpetuar las especies perennes.

Si bien es cierto que en esta estación se justifica más que nunca un manejo que incluya rotaciones cortas asociadas a pastoreos intensos, lo cual favorecerá no solo una buena producción de forraje así como en buen mantenimiento de la pastura a través de un proceso activo de macollaje y la formación de sistemas radiculares extendidos previos a la iniciación del período seco estival; también es cierto que en esta estación se debe permitir que en determinados períodos cortos de tiempo (no más de 30-45 días) se produzca una semillazón aunque sea parcial, que promueve un proceso eficiente de resiembra natural.

2.4 VARIACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL TAPIZ DE LAS PRADERAS SEGÚN LA EDAD Y ESTACIÓN DEL AÑO

2.4.1 Edad de las pasturas

Existe una marcada diferencia en la estructura según la edad de la pastura. En primer lugar, las pasturas más viejas presentan mayor densidad en el estrato inferior (0-5 cm), así como mayor porcentaje de materia seca y menor digestibilidad. Si se considera el forraje por encima de 5 cm, no hay grandes diferencias entre pasturas de distintas edades, sin embargo la biomasa total es muy diferente (García, 1995).

Estas variaciones debido a la edad de la pastura pueden explicarse teniendo en cuenta los cambios de balance de gramínea: leguminosa que se producen en el tiempo. El aumento de la fracción gramínea trae como consecuencia un aumento de la concentración de forraje en los horizontes inferiores, especialmente en el período invernal (García, 1995).

Otro factor que seguramente también contribuye a la mayor concentración de forraje en el estrato inferior es la presencia de material muerto

que normalmente se aprecia en las praderas en forma creciente al avanzar la edad (García, 1995). La estructura de la pastura cambia con la estación del año (Tayler y Rudman, citados por García, 1995).

Las pasturas en diciembre presentan mayor porcentaje de materia seca y menor digestibilidad, siendo estas diferencias mayores entre el estrato inferior y el resto del perfil (García, 1995).

2.5 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.

2.6 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”.

Según Smetham (1981) un buen manejo implica la combinación exitosa de dos sistemas biológicos muy diferentes pero interdependientes, plantas y animales.

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.

2.6.1 Defoliación

La defoliación por pastoreo o corte puede ser una herramienta muy eficiente para mantener el equilibrio entre las especies componentes de una pastura establecida. Su influencia radica básicamente en permitir un control estricto sobre la disponibilidad de luz para las diferentes plantas forrajeras que la componen (Carámbula, 2010).

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).

Con defoliaciones frecuentes la mayoría de las leguminosas se ven favorecidas, debido a que con áreas foliares pequeñas absorben más energía que las gramíneas, en general estas últimas ven estimulado su crecimiento en los casos de defoliaciones poco frecuentes (Carámbula, 2010).

Independientemente de que el período de descanso sea prolongado o corto o un pastoreo continuo, el rebrote después del corte depende de la movilización de productos del metabolismo desde las partes remanentes de la planta. Esta movilización puede ocurrir desde el sistema radicular, el tallo, la vaina foliar y la base de la hoja (Langer, 1981).

Existe una evidencia bastante consistente de que el rebrote depende de la interacción entre los carbohidratos de reserva de la planta, y el área foliar del rastrojo residual (Brown y Blaser, citados por Langer, 1981). Como consecuencia de esto, las plantas cortadas o pastoreadas antes de ser sometidas a un período de descanso suficientemente largo como para recuperar las reservas utilizadas, tendrán un rebrote más lento y su rendimiento será menor (Langer, 1981).

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.

La altura de defoliación puede afectar las reservas del producto del metabolismo necesarios para el rebrote, ubicadas, con frecuencia, en las porciones aéreas de la planta (Langer, 1981).

Las pasturas sometidas a períodos de descansos prolongados rinden relativamente más que aquellas sometidas a intervalos entre cortes o períodos de pastoreo más cortos. A las primeras se les brinda la oportunidad de crecer a una tasa máxima durante mayor tiempo, y por lo tanto, rinden más. El dejar un rastrojo alto, así como emplear un intervalo prolongado entre períodos de pastoreo, son opciones mutuamente excluyentes. Las alternativas son: pastoreo intenso (bajo) con intervalos de descanso prolongados, o pastoreo aliviado con intervalos cortos entre períodos de pastoreo (Langer, 1981).

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 12 características morfofisiológicas de cada especie y/o cultivar.

Además, Harvis y Brougham, citados por Carámbula (2010), aseguran que el manejo del pastoreo puede hacer variar las proporciones de las distintas forrajeras en la composición botánica, al favorecer especies erectas o postradas según la intensidad en que se realice la defoliación.

2.6.1.1 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 (Volencic 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
- Meristemos basilares

Los meristemos 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 meristemos 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).

2.6.2 Parámetros que definen el pastoreo

2.6.2.1 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.

Desde que cada pastura tiene una estación de crecimiento limitada acorde con las especies que la forman, cuanto mayor sea el número de cosechas (pastoreos o cortes) menor será el tiempo de crecimiento entre dos aprovechamientos sucesivos. Este aspecto dado por la frecuencia de

defoliación, tiene singular importancia ya que se sabe que cuanto más corto es el período entre dos cosechas, menor será la producción de forraje (Jacques y Edmond, Chamblee et al., Peterson y Hogan, Parsons y Davis, citados por Carámbula, 2010).

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 7,5cm), pastoreando a diferentes intensidades (7,5 – 2,5cm) en invierno, primavera, verano y otoño, comparando los cambios estacionales en los distintos manejos siendo estos de 18 a 7,5cm y de 7,5 a 2,5cm. 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 y verano (Zanoniani, 1999).

2.6.2.2 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).

El método de utilización dado por la intensidad (altura del rastrojo al retirar los animales) no solo afecta el rendimiento de cada corte o pastoreo sino que también condiciona el rebrote y por lo tanto la producción subsiguiente así como la vida misma de la pastura (Carámbula, 2010).

De acuerdo con el manejo utilizado, un corte o pastoreo puede resultar en una mayor o menor remoción de forraje. Con un tratamiento severo, se obtendrá una mayor cantidad de forraje, pero al mismo tiempo las plantas retendrán un área foliar remanente menor. Si se determina el rebrote producido en el período subsiguiente, éste será menor que el que se logra con un tratamiento aliviado. En otras palabras, la altura de defoliación tiene una influencia positiva en la cantidad de forraje cosechado, pero una influencia negativa en la producción de forraje subsiguiente (Del Pozo, citado por Carámbula, 2010).

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 7,5cm 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) en una mezcla de *Lolium perenne*, *Lotus corniculatus* y *Trifolium repens* 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 número 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 MS/ha.

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 7,5cm 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 7,5cm 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 5cm 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.

Como subcategoría del parámetro intensidad se encuentra la uniformidad, que se puede observar de dos puntos de vista. Desde la planta como unidad, describe la remoción de diferentes partes de la planta, y de la comunidad de plantas, implica la defoliación diferencial de especies en particular (Harris, 1978).

2.6.2.3 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).

2.6.3 Efecto del pastoreo sobre la pastura

La respuesta de plantas individuales a la intensidad y frecuencia de defoliación involucra procesos en la interfase planta-animal: en el corto plazo ocurren respuestas fisiológicas asociadas a la reducción de carbón suministrado para las plantas, resultante de la pérdida de parte del área fotosintética; y en el largo plazo existen respuestas morfológicas que permiten a la planta adaptar su arquitectura y escapar a la defoliación (Briske, citado por Azanza et al., 2004).

2.6.3.1 Efectos sobre la utilización del forraje

La eficiencia de utilización de forraje en un sistema de pastoreo puede ser definida como la proporción del tejido foliar producido que es removido por los animales antes de entrar en el estado de senescencia (Chapman y Lemaire, citados por Gastal et al., 2004). El cálculo de la eficiencia de utilización debería contemplar que la pastura sea mantenida en un estado que permita la “sustentabilidad” de la producción de forraje (Bircham y Hodgson, citados por Gastal et al., 2004).

Según García, citado por Leborgne (s.f.), la utilización promedio para una pradera en la zona del litoral es de 70% en invierno y 60% en primavera. La utilización de la pastura depende de la frecuencia y severidad de defoliación, así como también de las características estructurales de la misma.

Cuando el intervalo de defoliación es superior a la vida media foliar, una mayor proporción de material verde puede perderse por senescencia y la diferencia entre la producción primaria y la cosechable aumenta. Por esto, el manejo que se haga de la pastura (frecuencia y severidad de defoliación) interactúa con la morfogénesis y las características estructurales de la pastura para determinar la fracción cosechable de la misma. Esto es importante para establecer estrategias de pastoreo, considerando el intervalo de aparición foliar y el número de hojas vivas por macollo, y teniendo en cuenta el tiempo de descanso óptimo para cada especie en particular (Chapman y Lemaire, 1993).

A IAF altos, no solo baja la productividad neta sino también la utilización del forraje, debido a que el consumo disminuye por la presencia de material senescente (Hodgson et al., citados por Gastal et al., 2004).

Hunt (1971) observó que entre 15 y 40% de la producción de una pastura se pierde precisamente por envejecimiento y descomposición, efecto que estaría dado por modificaciones que se producen tanto en la población de macollas como en la longitud de vida de las hojas.

Cuando la pastura se encuentra en estado vegetativo y se trabaja con dotaciones bajas con manejo continuo o cuando se permite acumular forraje en forma excesiva bajo un manejo rotativo, es posible observar la pérdida de cantidades importantes de materia seca, especialmente en aquellos períodos de abundancia de forraje (Carámbula, 2004). En este sentido, todo tejido que llega al punto de envejecimiento (senescencia) es efectivamente una pérdida para el sistema (Hodgson, citado por Carámbula, 2004).

Pastoreos severos favorecen la utilización del forraje ofrecido, pero provocan descensos en la producción debido a una menor área fotosintéticamente activa. Por el contrario, en pastoreos muy aliviados, si bien se hace máxima la producción de forraje, una considerable proporción del alimento utilizable por los animales es desperdiciada (Heitschmidt et al., citados por Fulkerson y Slack, 1995).

2.6.3.2 Efectos sobre la persistencia

La vida de una pastura depende del manejo que ella recibe en el primer año de vida (Davies, citado por Gastal et al., 2004). Si los pastoreos se efectúan demasiado seguido, las pequeñas plantas no acumulan reservas en sus órganos subterráneos y llegadas las épocas en que los suelos poseen insuficiente humedad, muchas de ellas morirán rápidamente (Carámbula, 2004).

Las reservas de carbohidratos resultan ser determinantes de la resistencia a las temperaturas frías del invierno y a las temperaturas altas al avanzar la primavera hacia el verano. De ello se deduce que cualquier manejo de pastoreo inicial de las plántulas que promueva bajas cantidades de reservas de carbohidratos solubles, conducirá a poblaciones ralas y débiles (Carámbula, 2002).

Los sobrepastoreos en invierno afectarán indefectiblemente el crecimiento de las raíces a fines de esta estación al impedir la previa acumulación de reservas en los órganos más percederos de las plantas. Dicho sobrepastoreo contribuye a alterar aún más el microambiente, principalmente a través del pisoteo, lo cual no solo afecta la parte aérea de las plantas, sino también sus sistemas radiculares a través del compactado excesivo que provoca la pezuña en el suelo. Como consecuencia de esto, se produce una menor aireación y una menor velocidad de infiltración del agua (Edmond, citado por Carámbula, 2004).

Pastoreos intensos y frecuentes requieren una carga animal alta. El pisoteo disminuye los poros mayores del suelo, por lo que aumenta la compactación y por consiguiente disminuyen aun más la infiltración, todo lo cual modifica su contenido de agua. Cuanto más arcilla posean los suelos en su textura, más evidente se presentara la citada compactación al ser estos humedecidos (Carámbula, 2004).

2.6.3.3 Efectos sobre la calidad

De acuerdo con la información disponible se puede afirmar que dicho mayor potencial nutritivo de las leguminosas sobre las gramíneas se debería a que las primeras poseen una menor concentración de paredes celulares, una digestibilidad más rápida de la materia seca y por consiguiente un menor tiempo de retención de la ingesta, lo que conduce, precisamente a un mayor consumo (Carámbula, 2004).

Debido al cambio en la relación hoja/tallo, un sistema de cortes frecuentes produce forraje con mayores niveles de proteína y extracto etéreo, pero menores niveles de fibra cruda, que los cortes menos frecuentes (Langer, 1981).

En pasturas no cortadas, hay un aumento en la energía bruta hacia la madurez. Cuando las pasturas son cortadas o sometidas a pastoreo con frecuencia, la energía bruta permanece notablemente constante durante toda la estación. Sin embargo, los cambios de digestibilidad con la edad y el intervalo entre períodos de pastoreo, significan que la cantidad de energía disponible para el animal es considerablemente menor que el valor de energía bruta (Langer, 1981).

Para que una pastura mantenga una alta calidad, el manejo del pastoreo debe favorecer la presencia de porcentajes elevados de hojas verdes a lo largo de todo el año.

Pastoreos o cortes poco frecuentes y severos proporcionan rendimientos mayores de forraje de menor calidad, mientras que pastoreos o cortes repetidos y aliviados, promueven rendimientos menores pero de mayor calidad (Langer, 1981).

La digestibilidad de una pastura no es un valor para nada estable. A medida que las plantas van madurando, la proporción de tallos aumenta y como ellos tienen menor digestibilidad que las hojas, la digestibilidad total de la planta disminuye. Los tallos tienen menor digestibilidad porque contienen proporciones mayores de los componentes estructurales de la planta, tales como la celulosa y la hemicelulosa que poseen baja digestibilidad, y la lignina que es indigestible (Pearson e Ison, citados por Rovira, 2008).

2.7 PRODUCCIÓN ANIMAL

El manejo de la pastura tiene su efecto sobre el nivel de consumo. La forma en que se utiliza el crecimiento de los pastos por parte de los animales, en gran medida está determinada por el nivel de consumo que exijan los animales. Es posible incrementar el consumo individual disminuyendo la dotación, pero esto aparejará una disminución en la producción por hectárea. En el otro extremo, la máxima utilización de forraje por unidad de área se puede lograr a través de una mayor dotación, pero el consumo por animal se verá seriamente disminuido, que incluso puede no llegar a llenar las simples necesidades de mantenimiento, produciéndose entonces severas pérdidas de peso. El arte es saber conjugar el buen manejo animal con el buen manejo de la pastura (Rovira, 2008).

2.7.1 Efectos del pastoreo sobre el desempeño animal

Algunos investigadores sostienen que la carga es la variable más importante en la determinación de la eficiencia de conversión de pasto a productos animales. Sin embargo ha sido difícil poder aislar los efectos que por separado producen la carga y el sistema de pastoreo (Wheeler, 1962).

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 (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).

Cuando la carga es baja, la producción por animal es alta. Aumentos sucesivos en la carga provocan a partir de determinado momento, disminuciones en la ganancia individual. Esto se debe a que el forraje disponible comienza a limitar el consumo por animal y a incrementar la actividad del pastoreo por unidad de forraje consumido. La producción por hectárea aumenta dentro de cierto rango debido a que la tasa de incremento en la carga es mayor que la tasa de disminución en la producción por animal. Luego, la producción por hectárea también desciende, a causa del marcado descenso en la producción por animal (Mott, 1960).

En concreto, la definición de Disponibilidad de Forraje por Día, sería: la cantidad de forraje expresada como Materia Seca o Materia Orgánica por unidad de peso vivo del animal. Es decir gramos de MS o MO por kilogramo de peso vivo, o como porcentaje del peso vivo, por día. Como regla general se puede aseverar q una vez que la disponibilidad es dos veces menor al máximo consumo posible se empieza a producir un brusco descenso en la cantidad de forraje consumido. Este fenómeno va asociado a una reducción en el tiempo dedicado a pastorear, en la velocidad en que se suceden los bocados y en el tamaño de cada bocado (Minson, citado por Rovira, 2008).

Mott (1960) sugiere que la ganancia de peso por animal disminuye cuando la carga aumenta. Aumentos en la cantidad de forraje asignado cada 100kg PV/día genera aumentos en la ganancia de peso por animal. La ganancia por hectárea, en cambio, aumenta con disminuciones en la cantidad de forraje asignada cada 100kg PV/día, hasta cierto punto a partir del cual disminuye. La "capacidad de carga", o sea, la carga animal óptima que puede soportar la pradera, es la mejor estimación del rendimiento de la misma en términos de número de animales.

A medida que se disminuye la presión de pastoreo hay un aumento en el producto animal expresado como promedio de aumento diario de peso (Blaser et al., Riewe, citados por Cubillos y Mott, 1969). Esto significa que hay una correlación negativa entre la carga animal y la ganancia por individuo y se debe a que al disminuir la carga aumentan las posibilidades de selección de un forraje de mayor valor nutritivo (Cubillos y Mott, 1969).

Hodgson (1990) sostiene que la relación entre la altura y la producción animal es positiva si se aplica a aquellas pasturas basadas en especies de hábito postrado y alta capacidad de macollaje como las formadas por raigrás perenne y trébol blanco. Vaz Martins y Bianchi (1982) encontraron una relación lineal entre la altura del forraje rechazado y la ganancia diaria de terneros pastoreando una pradera de leguminosas y gramíneas.

También se desprende de estudios realizados sobre la relación planta-animales en pastoreo que la estructura de la pastura no altera solamente la productividad de la misma sino que también determina la utilización del forraje, en conjunto con el comportamiento animal (Hodgson et al., Wade, Peyrault y González-Rodríguez, citados por Gastal et al., 2004).

Cuando la disponibilidad de forraje es muy baja, el tamaño de bocado es reducido, y los animales se ven obligados a aumentar el tiempo de pastoreo (Freer, 1981). El aumento en la actividad de pastoreo trae como consecuencia un mayor gasto de energía que puede traducirse en diferencias muy importantes de ganancia de peso, aún con igual consumo de forraje de similar digestibilidad (Sahlu et al., 1989).

Las características del forraje (relación hoja/tallo, porcentaje de material muerto, altura, etc.) determinan la proporción y cantidad del alimento disponible que es consumido por el animal. El animal en pastoreo, dentro del forraje disponible selecciona generalmente una dieta compuesta principalmente de material verde, aun cuando la disponibilidad del tapiz sea baja (Hudson et al., 1977).

Al ofrecer al animal pasturas que contengan en cantidades suficientes sus especies y fracciones favoritas, se logran mejores performances, tendencia que es revertida a medida que aumenta la presión de pastoreo. Altas cargas disminuyen la posibilidad de seleccionar las fracciones más apetecidas (Miñon et al., 1984).

Según Dougerthy, citado por Jamieson y Hodgson (1979), la tasa de consumo de materia seca incrementa hasta asignaciones de aproximadamente 10 kg MS/ 100 kg PV. Posteriores incrementos en la asignación no provocan aumentos en la tasa de consumo. Reducciones en el consumo a bajas asignaciones de forraje resultan de un incremento en la dificultad de aprehensión e ingestión del forraje (Jamieson y Hodgson, 1979). Si los factores intrínsecos al animal no son limitantes, la producción por animal y por hectárea está determinada fundamentalmente por las variaciones en disponibilidad, calidad y valor nutritivo de las pasturas (Allegri, 1982).

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.

Cuando se utiliza un sistema de pastoreo rotativo, cada vez que los animales entran a una nueva pradera el consumo es alto durante el primer tiempo. En este caso el forraje es altamente seleccionado, pero esta selectividad disminuye a medida que el tiempo transcurre y los animales permanecen en la misma pradera. Al final del período ellos se ven forzados a consumir el forraje más maduro y menos digestible (Cubillos y Mott, 1969).

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), 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.

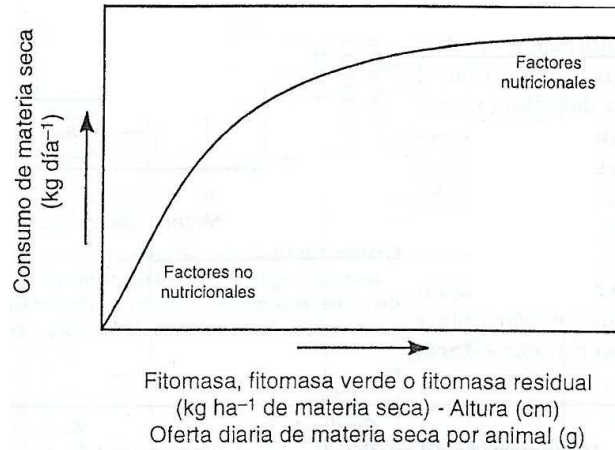


Figura No. 1: Asociaciones entre consumo animal y características y métodos de asignación de pasturas para gramíneas y leguminosas (adaptado de Poppi et al., 1987).

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).

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:

$$C = TP \cdot TB \cdot CB$$

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).

Según Rovira (2008), el consumo, tanto de los vacunos como de los ovinos, es máximo cuando la oferta de forraje es del orden de los 2250 a 2500 kg MS/ha, que es equivalente a un consumo de 0.040 kg MO/kg PV. Con 450 kg MS/ha, el consumo baja un 60%. Cuando se alcanza un 50% en la utilización de la pastura, la declinación de la performance de los animales es significativa.

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.

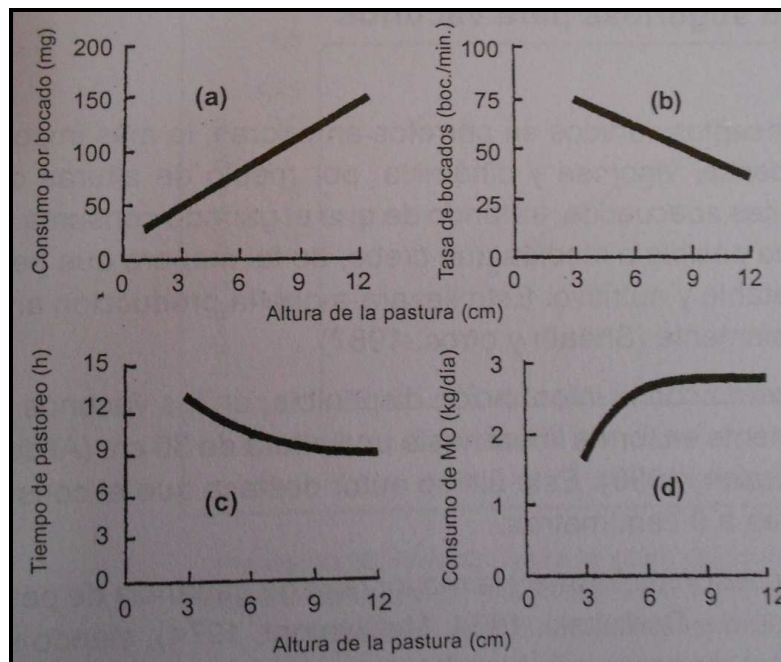


Figura No. 2: Asociaciones entre altura de la pastura y (a) consumo por bocado; (b) tasa de bocados; (c) tiempo de pastoreo, y (d) consumo diario, ilustrando la influencia dominante del consumo por bocado en el consumo diario de ovinos en pastoreo continuo sobre pasturas de raigrás perenne y trébol blanco (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 (0-5cm), 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.

La facilidad con que la materia orgánica del forraje puede ser evacuada en el rumen es la característica más importante de la dieta que determina el consumo. La capacidad del rumen es limitada y la velocidad con que entra materia orgánica al rumen no puede exceder a la velocidad con que esta sale del mismo. La consecuencia es que los forrajes fibrosos, groseros y por lo tanto de baja digestibilidad, hacen disminuir el consumo al permanecer dentro del rumen. Esta es la razón por la cual a mayor calidad de forraje, es decir, a mayor digestibilidad, mayor consumo.

El consumo animal aumenta linealmente con el aumento de la digestibilidad, hasta que esta alcance valores cercanos al 80% (Pearson e Ison, citados por Rovira, 2008).

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 el 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 (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).

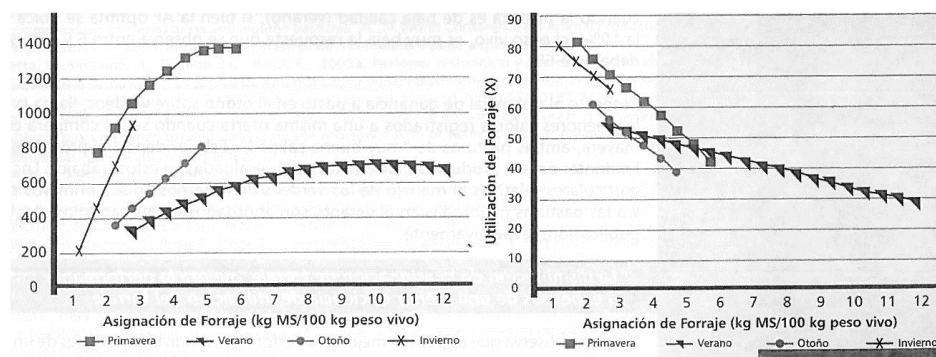


Figura No. 3: Efecto de asignación de forraje sobre la utilización del mismo y la ganancia media diaria (g/día) de novillos pastoreando verdeos (otoño) o pasturas mejoradas (invierno, primavera, verano) en diferentes momentos del año. Elaborado en base a: Cibils et al. (1996), Simeone et al. (2002, 2003, 2005), Beretta et al. (2003a, 2003b; 2005a, 2005b; 2006a, 2006b; 2007), Baldi et al. (2005).

En términos generales, para un mismo valor de oferta de forraje, la ganancia diaria es mayor cuanto mejor es la calidad de la pastura, lográndose ganancias de peso mas altas con menores ofertas de pasto. Las curvas de primavera e invierno ilustran claramente este concepto. Cuando la pastura es de buena calidad (invierno-primavera) se espera que el animal alcance el consumo máximo con menores niveles de oferta.

Cuando la pastura es de buena calidad, la ganancia diaria es muy sensible a pequeños cambios en la asignación de forraje, principalmente en invierno en que la disponibilidad del forraje es limitante, un control riguroso del pastoreo es fundamental para asegurar una buena performance (Beretta y Simeone, 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).

2.8 HIPÓTESIS

2.8.1 Biológicas

- Existe un efecto de la dotación animal sobre la productividad de las pasturas.
- Existe un efecto de la dotación animal sobre la producción de peso vivo animal.

2.8.2 Estadísticas

Ho: $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3$

Ha: Al menos un efecto del tratamiento es diferente a cero.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 CONDICIONES EXPERIMENTALES GENERALES

3.1.1 Ubicación experimental y período 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 Invierno-Primaveral, comprendido entre el 11/06/2012 al 05/11/2012.

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 Éútricos Típicos (Hápicos), superficiales a moderadamente profundos de textura limo-arcilloso (limosa). Como suelos asociados se encuentran Brunosoles Éútricos Lúvicos, de textura limosa y Solonetz Solodizados Melánicos de textura franca.

3.1.3 Antecedentes del área experimental

La mezcla en la que se trabajo fue sembrada el 30 de mayo de 2010 fertilizada a la siembra con 150 kg/ha de 7-40-0, 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, a 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.

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*) 12 g/ha de Kleen (Clorsulfuron).

Debido a la nula implantación de *Paspalum notatum* y *Paspalum dilatatum*, la pastura evolucionó a una mezcla *Festuca arundinacea*, *Lotus corniculatus* y *Trifolium repens*.

En el año del experimento se agregaron 100kg 18-46-0 a principios de mayo y luego hubieron dos fertilizaciones con urea, una en junio y otra a mediados de agosto de 70 kg/ha cada una.

3.2 TRATAMIENTOS

Los tratamientos consistieron en tres dotaciones diferentes de la mezcla *Festuca arundinacea*, *Lotus corniculatus* y *Trifolium repens*:

- a) T10
- b) T7
- c) T4

Para el experimento se utilizaron 3 bloques completos sembrados al azar con la mezcla anteriormente mencionada en la cual se distribuyen diferentes dotaciones. Pastoreados con 21 novillos Holando con peso promedio al inicio del experimento de 419 kg/animal; 10 novillos en el tratamiento T10, 7 novillos en el T7 y 4 novillos en el T4 durante su ciclo de crecimiento, correspondientes a 2,2, 1,6 y 0,9 animales por hectárea. Estos novillos previo al experimento se encontraban pastoreando campo natural de escasa calidad.

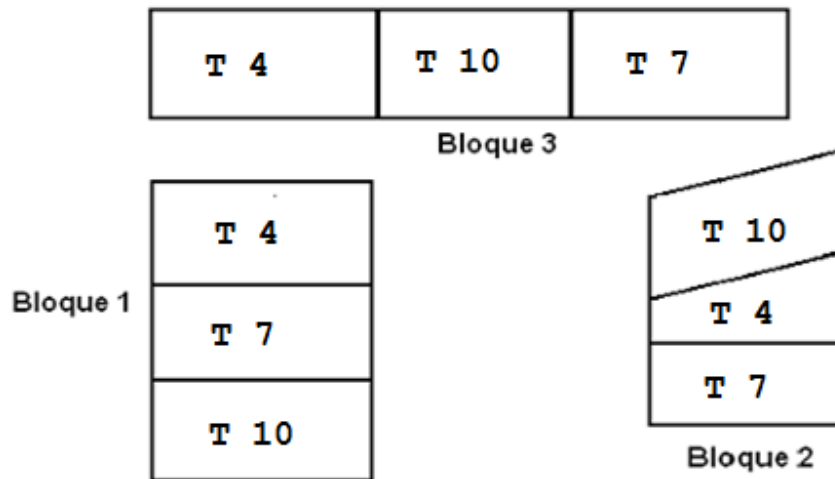


Figura No. 4: Croquis del área experimental.

3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental utilizado fue el de bloques completos al azar con tres repeticiones.

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

El pastoreo fue rotacional con el objetivo de llegar a una frecuencia de 15 cm y una intensidad de 5 cm de al menos un tratamiento, en este experimento correspondió al tratamiento de mayor presión de pastoreo (T10).

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 Forraje disponible y remanente en materia seca (MS)

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 presente 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 30 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 éstas 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. Tratando de que esta altura no sea inferior a 5 cm en el T10.

La determinación de ésta, tanto para forraje disponible como para remanente, se llevó a cabo tomando 20 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 (ajustado por el crecimiento de los días de pastoreo) y el remanente, 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 el forraje producido dividido 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 la contribución de las especies presentes.

Para este diagnóstico se utilizaron los rectángulos de 0,20 por 0,50 m (los mismos que fueron usados para determinar la cantidad de materia seca

disponible y el remanente), donde en primer lugar se determinó el porcentaje de suelo desnudo y luego lo que representó el material verde se estableció por separado el aporte porcentual en biomasa 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 Peso de los animales

Se determinó aproximadamente cada 30 días mediante el uso de balanza eléctrica por la mañana con los animales en ayuno durante la noche previa. Fueron cuatro mediciones correspondientes a las siguientes fechas: 12 de junio, 31 de agosto, 1 de octubre y 5 de noviembre de 2012.

3.4.1.8 Ganancia de peso diaria

Es la ganancia diaria por animal (kg/animal/día) promedio para todo el periodo de pastoreo (junio-agosto como periodo invernal y setiembre-noviembre como periodo primaveral). 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.

3.4.1.9 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 para las variables de producción de forraje fue el de ANOVA en DBCA y separación de medias según LSD fisher, al 10% de significancia. Analizado mediante el paquete estadístico INFOSTAT.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + e_{ij}$$

Cada observación Y_{ij} =

□ μ : efecto de la media general.

- T_i : efecto de i ésimo tratamiento $i= 1, 2, 3$
- B_j : efecto del j ésimo bloque $j= 1, 2, 3$.
- e : error del i ésimo tratamiento en el j ésimo bloque.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CLIMA

A continuación se presentan en forma de gráfico a modo de comparación las series históricas de precipitaciones y temperaturas comprendidas desde 1980 a 2009 para el departamento de Paysandú, según información extraída de INIA y las obtenidas de la estación meteorológica ubicada a 200m del experimento.

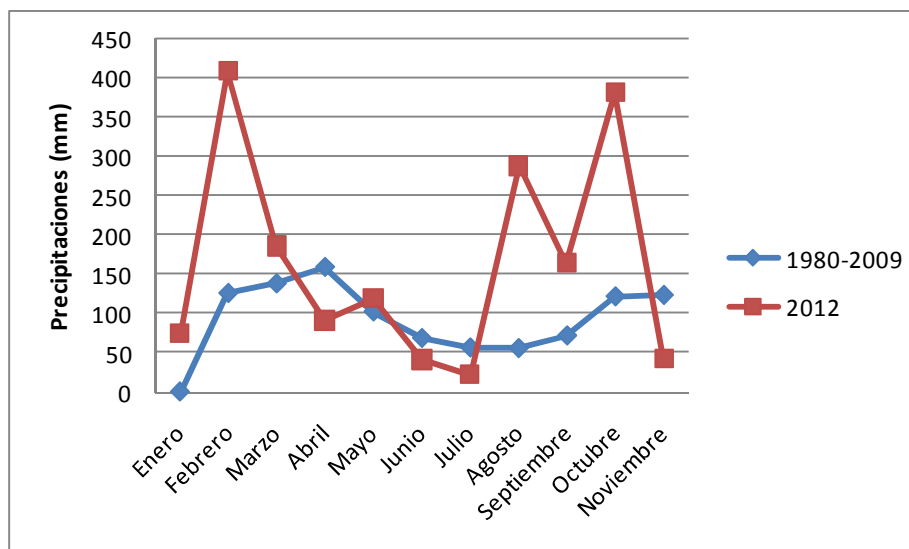


Figura No. 5: Registro de precipitaciones durante el experimento comparado con el promedio histórico.

Como se observa en la figura existen diferencias entre los promedios mensuales de la serie histórica con respecto a las precipitaciones del período experimental. Si se centra la atención entre los meses de junio y noviembre, entre los cuales transcurrió el período experimental, se destaca que a excepción de junio, julio y noviembre donde llovieron 27,43 y 81mm menos que la media histórica respectivamente, el resto de los meses superaron al mismo. Particularmente octubre fue el mes que se despegó más de la media histórica, superándola en 260mm. La menor precipitación registrada en el mes de noviembre con respecto a la media histórica, pudo o no repercutir negativamente en la producción de forraje en dicho mes, no se puede concluir dado que el experimento solo implicó 5 días del mes. Sin embargo para el período experimental evaluado no tuvo repercusión ya que el experimento finalizó en 5 de dicho mes y en el mes anterior se registraron precipitaciones

por encima del promedio. En el total del período junio-noviembre llovieron 940mm, 444mm por encima a la media histórica.

De lo visualizado en la gráfica se puede concluir que en el transcurso del período experimental (junio de 2012 hasta noviembre de 2012), no se dieron condiciones de estrés hídrico que pudieran afectar el comportamiento de las distintas especies forrajeras que componen la mezcla.

Para el período experimental, las diferencias de temperaturas con la media histórica son mínimas. Julio es el mes en que ocurre una mayor diferencia, siendo en el 2012, 3°C menor la temperatura que la media histórica (Figura No. 6).

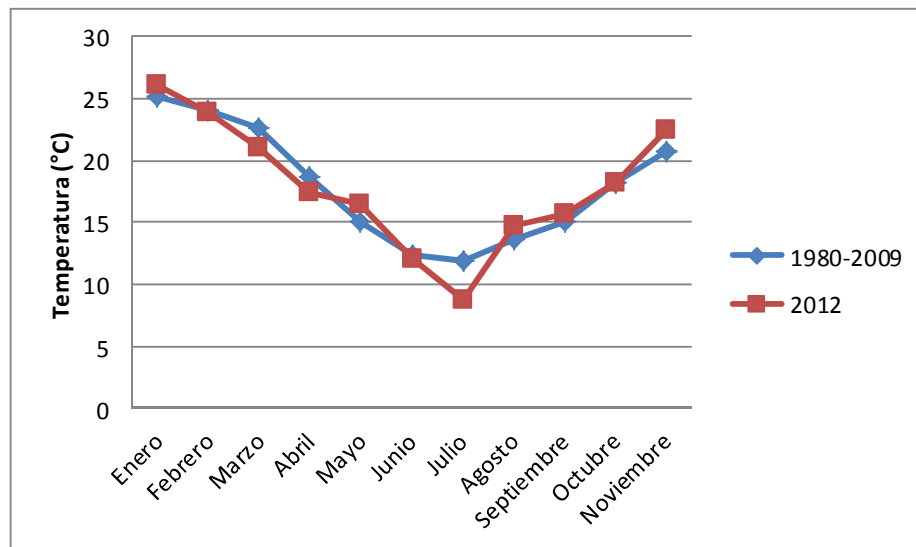


Figura No. 6: Registro de las temperaturas medias durante el ensayo, comparadas con la media histórica.

Las temperaturas en el período varían entre 8,8°C y 22,4°C. Según Carámbula (2012), las especies con metabolismo C3 (*Festuca arundinacea*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*), tienen buen desarrollo con temperaturas de 15 a 20°C. Durante el periodo junio – agosto en la serie histórica se registran temperaturas por debajo del óptimo para el desarrollo de las especies (13°C), comportamiento que se acentuó durante el periodo experimental con temperaturas promedio de los tres meses en torno a 12°C. Posteriormente en los meses de setiembre y octubre no se registraron temperaturas limitantes para las especies.

Considerando los datos climáticos presentados, se puede decir que las precipitaciones ocurridas durante el período experimental no fueron una limitante para un buen desarrollo de las especies presentes en la mezcla. En cuanto a la temperatura en los meses invernales deprime el crecimiento de las especies, situación que se revierte cuando comienzan los meses primaverales. La conjunción de una buena disponibilidad hídrica y temperaturas adecuadas hicieron una primavera con abundante forraje.

4.2 PARÁMETROS DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA PASTURA

4.2.1 Materia seca disponible y remanente

En el siguiente gráfico se presenta el forraje disponible promedio durante el período experimental, y durante invierno y primavera. Para invierno se consideró el período desde el 11/06 al 12/09, y primavera desde 13/09 al 15/11.

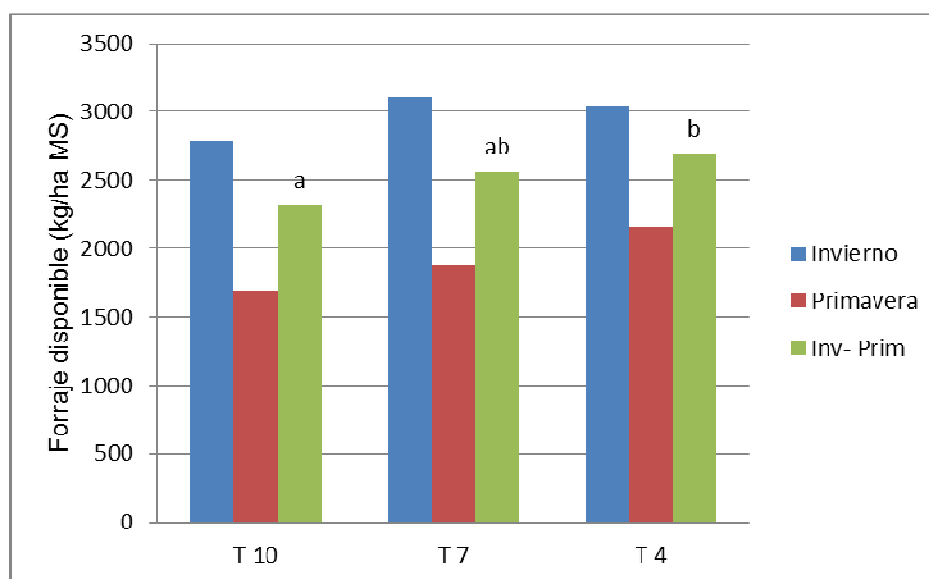


Figura No. 7: Disponibilidad de forraje (kg/ha MS) por tratamiento, por estación y promedio del período experimental.

La mayor disponibilidad de forraje en invierno con respecto a primavera se debe a la acumulación de forraje previo al inicio del pastoreo durante el mes de mayo y al efecto de la fertilización en el mismo momento. Dicha acumulación de forraje en conjunto con un menor tamaño de los animales que ingresan al experimento determinan una mayor disponibilidad, que es reducida lentamente por un consumo menor al que presentarán estos animales al final del experimento.

Se observan diferencias significativas ($p=0,15$) en el forraje disponible entre tratamientos para el total del período (invierno- primavera), esto puede ser debido a las diferentes dotaciones de animales usadas en los diferentes tratamientos. El T4, siendo el de 4 novillos, es el que tiene la mayor disponibilidad de forraje en el período invierno-primavera, lo cual sería de esperar debido a su baja carga animal (0,9 animales/ha). Dicho tratamiento además es el que presenta la mayor cantidad de leguminosas (ver figura No. 13).

El siguiente gráfico representa la evolución del forraje disponible en los distintos tratamientos, considerando cada pastoreo como el período comprendido entre la entrada de los animales en el primer bloque, y la salida de los mismos en el tercero, utilizando el promedio de los tres bloques para cada período. El primer pastoreo fue del 11 de junio al 23 de julio, el segundo continuó hasta el 12 de setiembre, el tercero hasta el 24 de octubre, y el último finalizó el 15 de noviembre.

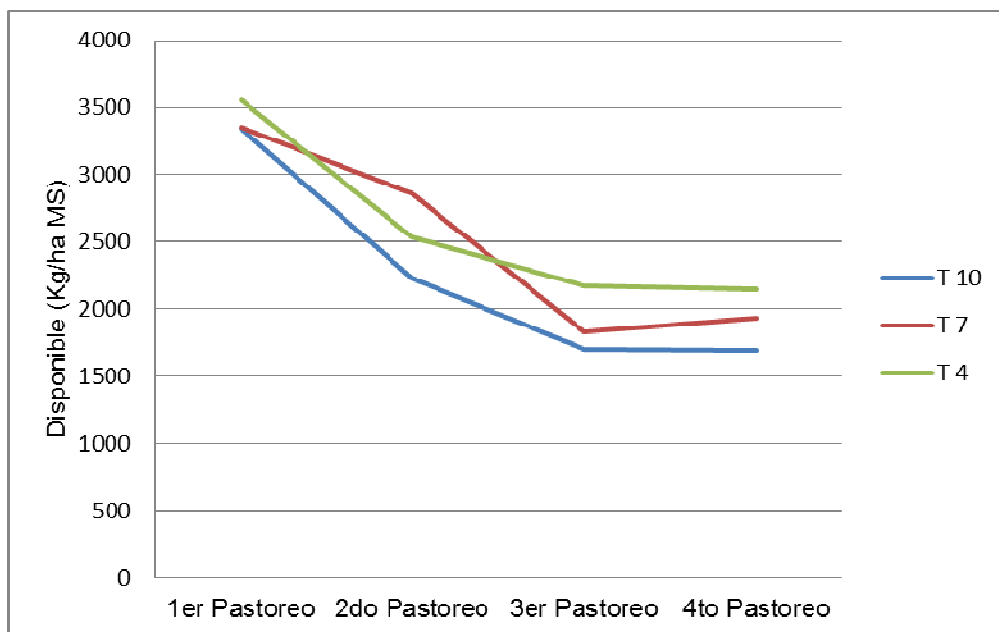


Figura No. 8: Evolución de la disponibilidad de forraje para cada tratamiento durante el período experimental.

Se puede observar que el forraje disponible de los distintos tratamientos presenta la misma tendencia, siendo mayor en todos los casos en el primer pastoreo hasta llegar a un nivel inferior en el 4to pastoreo.

Durante el mes de mayo no se realizó pastoreo alguno en los bloques de experimento. Esto conlleva a tener mayor cantidad de kg/ha MS de forraje disponible en el 1er pastoreo. A medida que transcurre el período invernal, los kg/ha MS disponible disminuyen. En este período, la tasa de crecimiento de la pastura no compensa el consumo animal, por lo cual, se observa una importante disminución en el forraje disponible. A partir del 3er pastoreo (primavera), se logra una cierta estabilidad en el forraje disponible. Esto se puede deber a una mayor tasa de crecimiento de la pastura en dicha estación y a una adecuada calidad de la misma lo cual determina un balance entre el disponible y el consumo por parte de los animales.

A continuación se observa la evolución del forraje remanente durante el período experimental.

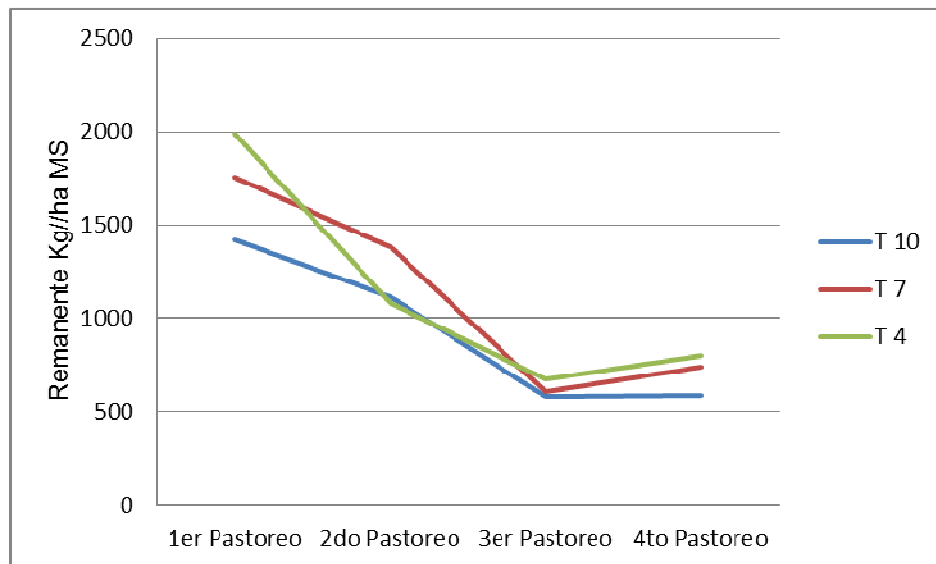


Figura No. 9: Remanente de forraje de cada tratamiento durante el período experimental.

Se puede observar que el forraje remanente de todos los tratamientos presenta la misma tendencia, siendo igual a la tendencia que presenta el forraje disponible. El tratamiento 4 es el que presenta el mayor remanente, lo cual es de esperar ya que es el que tiene menor presión de pastoreo. Esto tiene fundamento en que al ser menos animales hay un menor consumo por hectárea, un mayor remanente con más área foliar, lo que conlleva a un mayor crecimiento y a un mayor disponible posterior.

Cuadro No. 1: Remanente de forraje en kg/ha MS, por estación, promedio del período invierno-primaveral y oferta de forraje en %PV.

Período	T 10	T 7	T 4
Invierno	1266	1568	1535
Primavera	672	696	782
Inv- Prim	992	1147	1214
Oferta Forraje Prom. Inv-Prim (%PV)	5,1	7,7	12,8

No se presentan diferencias significativas entre tratamientos ($p=0,15$).

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

El remanente logrado en el tratamiento T7 y T4 concuerda con lo obtenido por Agustoni et al. (2008) sobre una mezcla de lotus, raigrás perenne y trébol blanco, en el período invierno primaveral, los cuales manejando una oferta de 9,5% PV obtuvieron un remanente de 1179 kg/ha MS. Sin embargo, estos datos no concuerdan con los obtenidos por Arenares et al. (2012) para la misma época, que manejando una oferta del 6,1% obtuvieron un remanente de 650 kg MS/ha.

4.2.2 Altura de forraje disponible y remanente

En los siguientes cuadros se muestra el forraje disponible y el remanente en altura según tratamiento.

Cuadro No. 2: Altura (cm) del forraje disponible por estación, según tratamiento

Período	T 10	T 7	T 4
Invierno	11,2	12,9	12,5
Primavera	15,3	20,3	19,3
Inv- Prim	13,1	16,1	15,8

Cuadro No. 3: Altura (cm) del forraje remanente por estación, según tratamiento.

Período	T 10	T 7	T 4
Invierno	6,7	8,7	8,3
Primavera	4,9	5,2	6,3
Inv- Prim	5,9	7,0	7,6

No existieron diferencias significativas tanto en las alturas del forraje disponible y remanente para los distintos tratamientos ($p=0,15$).

Los tratamientos T7 y T4 con excepción de T10 presentaron alturas del forraje disponible dentro del rango 15-20cm recomendado por Zanoniani et al. (2006), lo cual permite a la pastura recuperar su área foliar y estado. Estos datos también concuerdan con los obtenidos por Almada et al. (2007) que para valores de asignación de forraje similares a los de este trabajo la altura del disponible es de 13 cm promedio.

Analizando la altura promedio del período invierno-primaveral de ingreso al pastoreo se puede concluir que el manejo favoreció a todas las especies. Cabe destacar que la altura de ingreso al pastoreo en el invierno favoreció a las dos especies invernales, festuca y trébol blanco. Con una frecuencia de alrededor de 15cm, se evita la formación de maciegas en la festuca y su consiguiente mala calidad causa del envejecimiento de la misma (Carámbula, 2010). De lo contrario si se pastoreara a una mayor altura de ingreso según Colabelli et al. (1998) la estructura de la cubierta se caracterizaría por una baja cantidad de macollos de tamaño grande respecto de pasturas mantenidas en un ambiente bien iluminado. La altura utilizada además favorece el macollaje y ramificación de los estolones del trébol blanco por la entrada de luz (R:RL).

Si se observan las alturas remanentes de la estación, se puede afirmar que los mismos estuvieron dentro de los valores recomendados para no comprometer el posterior desempeño de la pastura, según Carámbula (2002). Concordando con Langer (1981) quien sostiene que en condiciones normales de pastoreo se deja un remanente de 2,5 a 7,5 cm de altura dado que cuanto más baja sea defoliada una pastura, mayor será el período transcurrido antes de que ésta alcance el IAF crítico.

Por otra parte, Zanoniani et al. (2006a) sostiene que una mezcla compuesta por raigrás perenne, trébol blanco y lotus en el período otoño-invierno y primavera-estival, el manejo que favoreció a la mezcla en cuanto a producción de forraje fue dejar un remanente de 7,5cm, resultando superior al obtenido en el experimento a excepción del T4.

Cabe recalcar que la combinación de frecuencia e intensidad son adecuadas para el desempeño de la pastura en general, si bien estos parámetros favorecen más al T4 y T7. El manejo de T10 puede haber afectado un poco la expresión de su potencial de crecimiento pero no su producción, lo cual se puede observar en las alturas logradas las cuales son menores a las de T7 y T4 y en la disponibilidad de forraje en kg/ha MS la que también es menor comparada con los demás tratamientos. Esto se verá reafirmado más adelante cuando se mencionen los pesos logrados en los diferentes tratamientos.

4.2.3 Forraje disponible y desaparecido en período invierno-primaveral

En el siguiente gráfico se observa la cantidad de forraje disponible y desaparecido por tratamiento en el período invierno-primaveral.

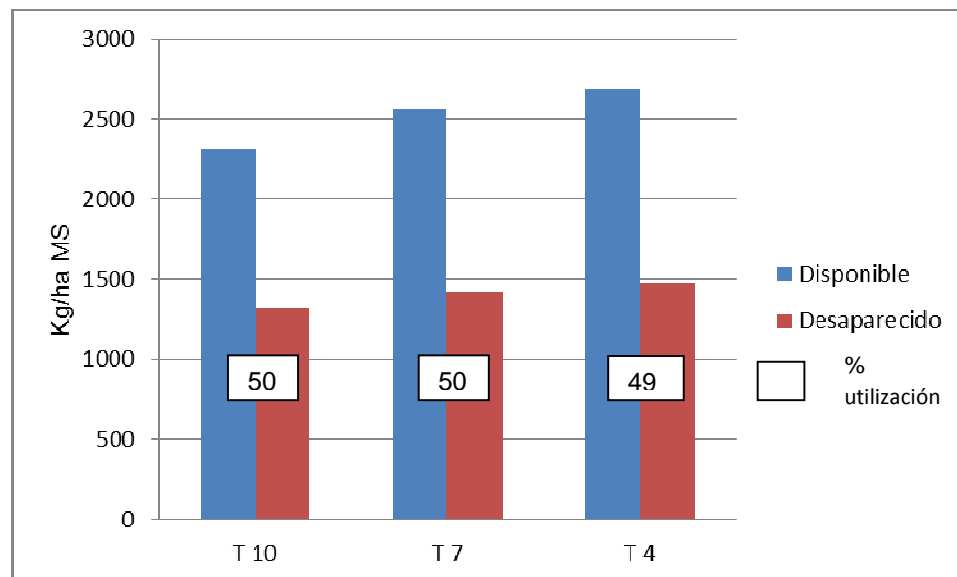


Figura No. 10: Forraje disponible y desaparecido en kg/ha MS.

No se observan diferencias significativas entre la utilización de los distintos tratamientos. Los porcentajes de utilización fueron 50%, 49% y 50% para los tratamientos T10, T7 y T4 respectivamente, cuyas ofertas de forraje fueron 5,1; 7,7; 12,8% PV respectivamente. Estos valores coinciden con los obtenidos por Arenares et al. (2012).

Estos resultados no concuerdan con lo reportado por Gastal et al., citados por Almada et al. (2007), que sostiene 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, fundamentalmente en el tratamiento de menor dotación. En todos los tratamientos la festuca fue la dominante. A

mayor altura del remanente más larga la vaina determinando una restricción al consumo animal y como consecuencia la selección de otras zonas dejando una pastura más heterogénea y por lo tanto disminuyendo el consumo por mayor tiempo de búsqueda de zonas más digestibles. Finalmente al estar el manejo del pastoreo determinado por cuando el T10 llega a 5cm, en el resto de los tratamientos no se accede al forraje más cerca del suelo que es el que concentra mayor biomasa en este tipo de pasturas de tercer año. A diferencia de Almada et al. (2007) cuyo trabajo fue en el primer año y en una mezcla con una especie dominante como es raigrás perenne la cual es más digestible.

La no coincidencia con Hodgson et al., citados por Gastal et al. (2004), que a IAF altos no solo baja la productividad neta sino también la utilización del forraje, debido a que el consumo disminuye por la presencia de material senescente, se debe a que en este experimento los IAF manejados nunca fueron demasiado altos si bien no fueron calculados se pueden visualizar por la altura de ingreso a la pastura en los diferentes tratamientos (13,1; 16,1 y 15,8 para T10, T7 y T4 respectivamente). Y además porque el porcentaje de restos secos promedio no fue superior al 10%, siendo el valor máximo alcanzado durante el período experimental menor al 20%.

Si comparamos el porcentaje de utilización en base al crecimiento los resultados tampoco concuerdan con lo sostenido por García, citado por Leborgne (s.f.) que la utilización promedio del crecimiento para una pradera en la zona del Litoral es de 70% en invierno y 60% en primavera. En el caso particular del experimento el porcentaje sobre el crecimiento fue de 83% para T10, 82% para T7 y 80% en T4.

4.2.4 Producción de Materia Seca

4.2.4.1 Tasa de crecimiento

No se registraron diferencias significativas entre tratamientos para la tasa de crecimiento de la pastura para el promedio del período experimental

En el siguiente gráfico se analiza la evolución de la tasa de crecimiento promedio de los tres tratamientos por estación y para el total de período de pastoreo, expresada en kilogramos de materia seca por hectárea por día.

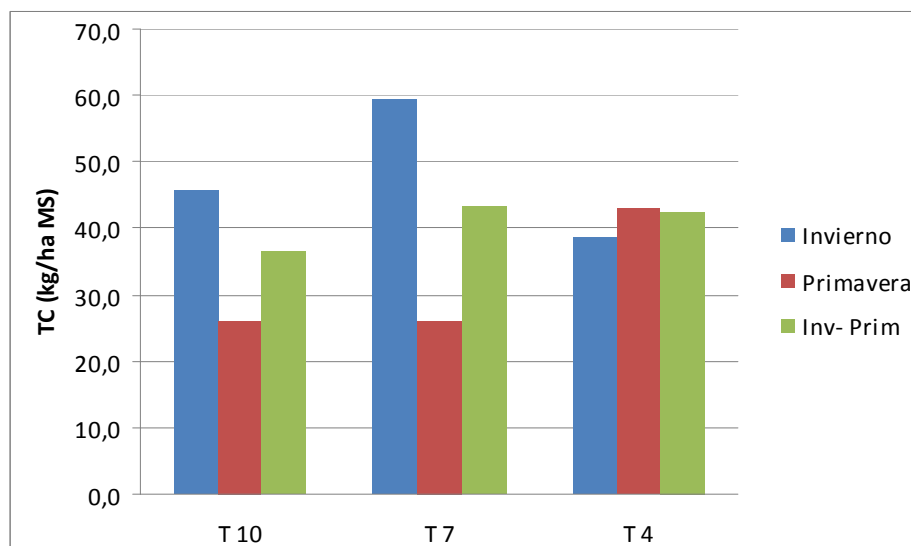


Figura No. 11: Evolución de la tasa de crecimiento de la pastura en el período experimental.

Como se observa en el gráfico, los distintos tratamientos tuvieron diferentes tasas de crecimiento durante las distintas estaciones, pero en el total del período experimental, la tasa de crecimiento promedio fue similar para los tratamientos.

Durante el invierno se presentó una elevada heterogeneidad explicándose por condiciones climáticas de lluvias abundantes y altas temperaturas dadas principalmente a fines del mes de agosto y principios del mes de setiembre, a la fertilización nitrogenada del mes de junio y la de mediados de agosto, y por último pero no menos importante al tamaño de los animales que determinó un menor consumo y en consecuencia un mayor remanente lo que determina una recuperación más rápida de la pastura. Esta heterogeneidad determinó que el número de muestras utilizado hayan sido pocas determinando un alto coeficiente de variación y falta de significación.

La menor tasa de crecimiento en primavera se explica por un mayor tamaño de los animales por lo tanto un mayor consumo dejando un menor remanente lo que evita la acumulación de forraje y disminuye el pasaje al estado reproductivo manteniendo una mejor calidad de la pastura. Además se debe tener en cuenta que el período primaveral no incluye el mes de noviembre el cual podría aumentar la tasa de crecimiento por una mayor proporción de plantas que pasen al estado reproductivo.

En la primavera la mayor tasa de crecimiento de la pastura del T4 se puede deber a la mayor tasa de crecimiento que tiene la festuca en dicha época (García, 2003). La festuca contribuye en un 60% en la composición en ese pastoreo. Al presentar este tratamiento un menor número de animales la pastura cambia su estructura marcando una tendencia a tener mayor cantidad de tallos reproductivos lo que determina una mayor acumulación de forraje, una mayor relación vaina:tallo frente a hojas y por lo tanto mayor porcentaje de materia seca, además de una mayor eficiencia fotosintética por mejor distribución de la luz al elongar el tallo. Como contrapartida esta mayor acumulación de forraje puede determinar una menor calidad del mismo. Los demás tratamientos si bien presentan menores producciones de forraje la calidad de los mismos es alta dado por una mayor relación lámina:tallo-vaina y una buena relación gramínea:leguminosa (Formoso, 1996).

4.2.4.2 Producción de forraje

Se cuantificó la producción de forraje como diferencia entre el forraje disponible y el remanente del pastoreo anterior, ajustándose por la tasa de crecimiento en los días de pastoreo.

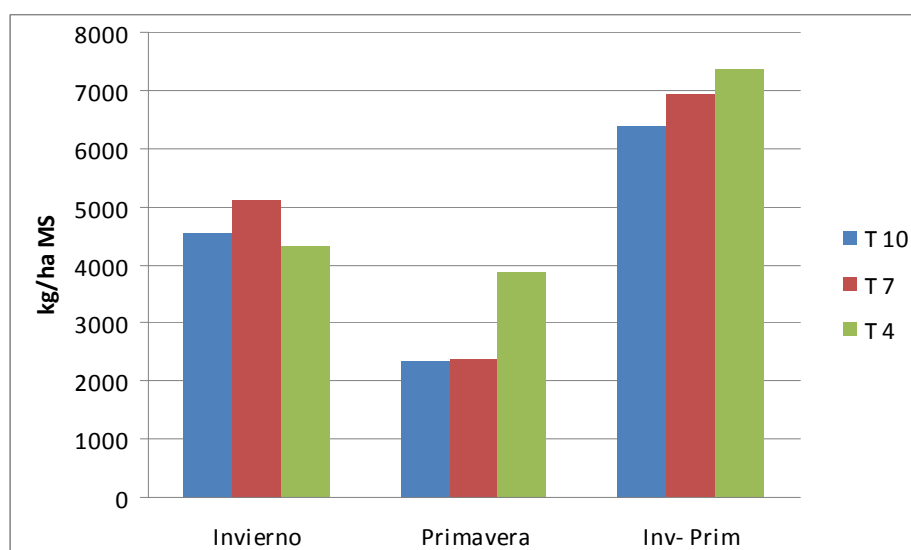


Figura No. 12: Producción de forraje por tratamiento, según pastoreo y total del período experimental.

La mayor producción de forraje de invierno comparado a la de primavera se explica por las mismas consideraciones expresadas en el ítem anterior, las que refieren a los cambios en la estructura.

Estos resultados no concuerdan con los obtenidos por Formoso 2010 el cual sobre una pradera de tercer año (festuca, trébol blanco y lotus) obtuvo una producción de 7730 kg/ha/año MS y tampoco con los 7000 kg/ha/año MS obtenidos por Leborgne sobre una pradera con la misma composición a la anterior. El período de evaluación (invierno-primavera), si bien corresponde al de mayor producción de forraje para dos de las tres especies que componen la mezcla (festuca y trébol blanco), no hace factible la comparación con los resultados obtenidos por estos autores que obtuvieron datos de todo un año, pero puede reflejarse parte de la respuesta dado que para esta mezcla la tasa de crecimiento del período estival es baja y explicado en su mayoría por el lotus.

Cuadro No. 4: Producción de forraje en el período experimental (kg MS/ha)

	T 10	T 7	T 4
Invierno- Primavera (kg MS/ha)	6377	6924	7351
Frecuencia (cm)	13,1	16,1	15,8
Intensidad (cm)	5,9	7,0	7,6
% de producción (T4 base 100%)	87	94	100

Respecto a la producción de forraje no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p=0,15$).

El T4 es el que tiene la mayor producción de forraje y la mayor intensidad, esto es consecuencia de que la intensidad de todos los tratamientos se maneja por el T10, el cual es el que presenta mayor dotación animal por lo tanto llega antes a la intensidad utilizada. Este último solo alcanza el 87% de producción del T4.

4.2.5 Composición botánica del forraje disponible y remanente

En el siguiente gráfico se observa el promedio de las diferentes fracciones según tratamiento durante el período experimental.

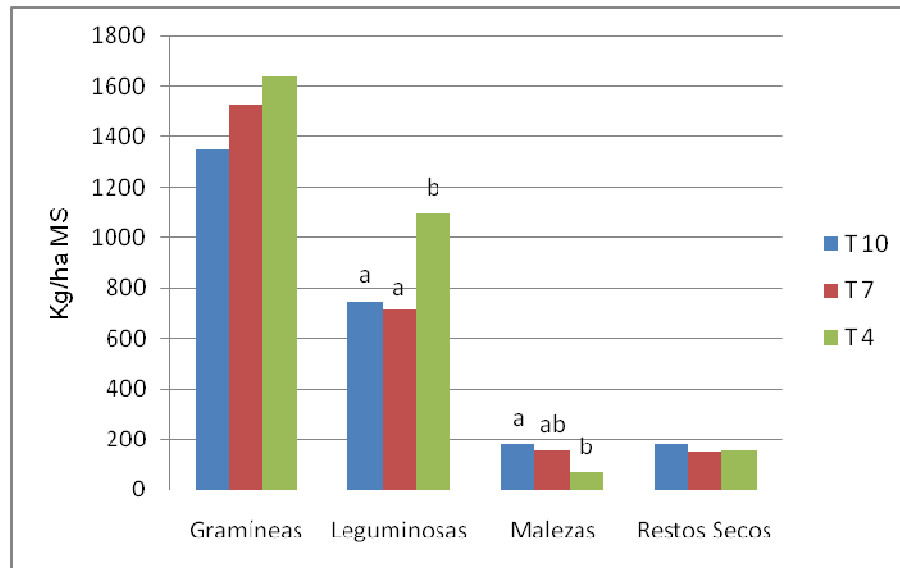


Figura No. 13: Disponibilidad en kg/ha MS de las diferentes fracciones según tratamiento.

No existen diferencias significativas ($p=0,15$) en la fracción gramínea y restos secos entre tratamientos, ocurriendo lo contrario con la fracción leguminosas y malezas.

El T4 tiene la mayor disponibilidad de gramínea y leguminosas en kg/ha MS, contribuyendo a la mayor producción de forraje. A su vez es el tratamiento que tiene la menor cantidad de malezas. Esto puede deberse a la mayor competencia y espacio ocupado por los componentes de la mezcla forrajera. La mayor cantidad de leguminosas en T4 puede deberse a una mayor heterogeneidad de la pastura que determina que se desarrollen en las zonas más frecuentemente visitadas por el animal, dado que la proporción de la gramínea no disminuye en este tratamiento.

Las principales malezas que se observan en los bloques son especies de hoja ancha anuales invernales, tales como *Ammi sp.*, *Anthemis cotula*, *Bowlesia incana*, *Cerastium glomeratum*, *Stellaria media* y cardos. Enmalezamiento característico de las estaciones otoño invierno primaverales y pasturas de primer y segundo año, lo cual no es coincidente con la edad de la pastura evaluada, y podría ser un indicador conjuntamente con la alta proporción de las especies sembradas y la escasa proporción de suelo descubierto (trazas) de que la productividad de la pastura se asemeja más a una de segundo año.

La evolución de los diferentes componentes de la pastura se observan en los siguientes gráficos:

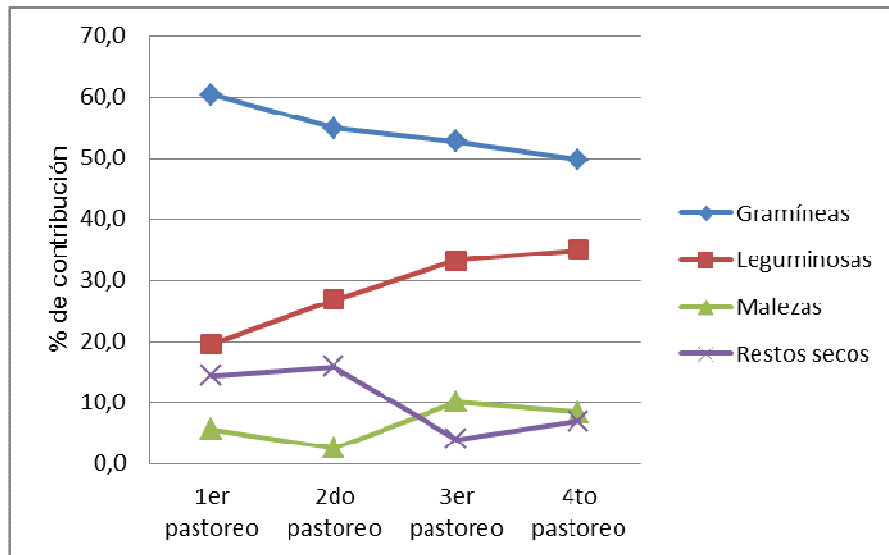


Figura No. 14: Proporción relativa de los componentes de la pastura en Tratamiento 10.

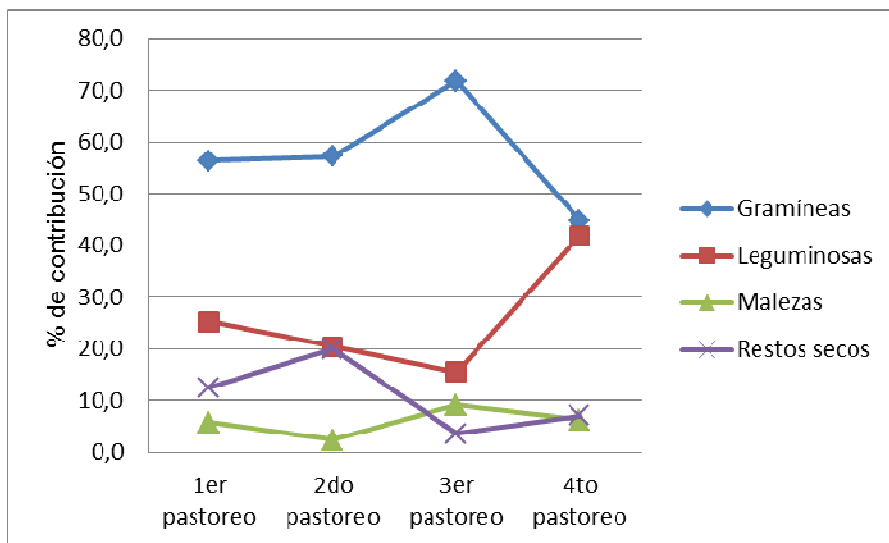


Figura No. 15: Proporción relativa de los componentes de la pastura en Tratamiento 7.

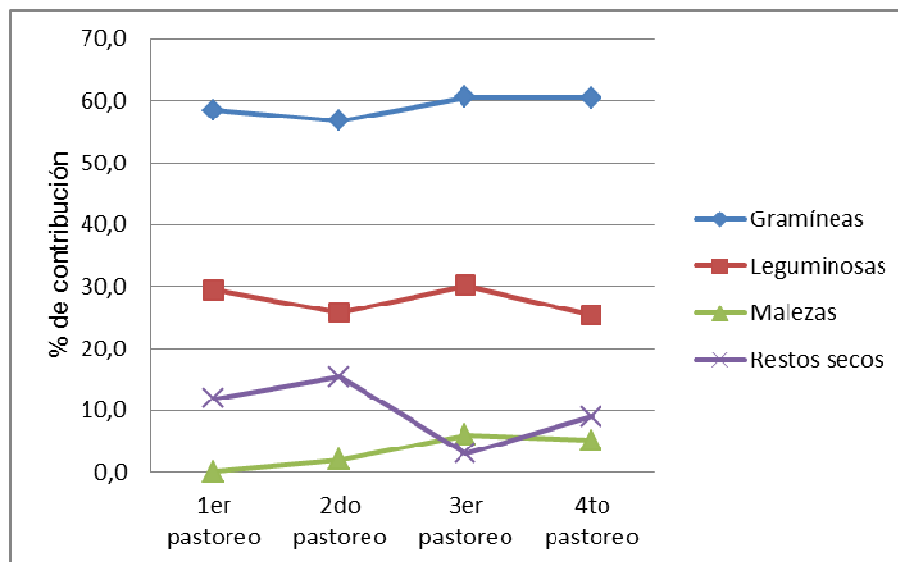


Figura No. 16: Proporción relativa de los componentes de la pastura en Tratamiento 4.

Cabe destacar que no coincide la gráfica de disponibilidad en kg/ha MS de las diferentes fracciones con la evolución porcentual. Al finalizar el experimento las plantas del T4 tenían mayor tamaño y por lo tanto una mejor lozanía que las del T10 que eran más chicas y ocupaban mayor espacio. Además el T7 y T10 son los únicos que bajan las gramíneas al aumentar las leguminosas. Esto se puede explicar ya que a una mayor carga, menor remanente, mayor entrada de luz al estrato inferior y por lo tanto un favorecimiento de las especies más postradas y con menor IAF óptimo.

Estas figuras muestran que a pesar del tratamiento, la gramínea es la fracción que tiene mayor contribución en la pastura, no modificándose su dominancia en todo el período experimental, pero mostrando diferente comportamiento para cada uno de los tratamientos. Estos resultados no concuerdan con los obtenidos por Formoso (2010), el cual sostiene que en una pradera de tercer año (festuca, trébol blanco y lotus) las leguminosas tienen una contribución del 70%.

Los resultados en cambio, si concuerdan con lo sostenido por García (1995) que el aumento de la edad de la pastura trae como consecuencia cambios en el balance gramínea:leguminosa, aumentando la fracción gramínea y por consiguiente un aumento en la concentración de forraje en los horizontes inferiores, especialmente en el período invernal. Esto se debe a que al presentar la festuca un sistema radicular más extendido y profundo logra una mayor sobrevivencia en el correr de los años comparado con lotus el cual sufre

de enfermedades de corona y trébol blanco el cual al ser estolonífero su sistema radicular es superficial, dificultándose su sobrevivencia.

Cabe destacar que en ninguno de los tres tratamientos, las malezas no contribuyen en más de un 10% al igual que el promedio de los restos secos.

4.3 PARÁMETROS DE LA PRODUCCIÓN ANIMAL

En este apartado se presentarán resultados con sus respectivos análisis en lo que a la producción por animal se refiere expresado como ganancia media diaria (GMD) en kilogramos de peso vivo (PV) por animal por día, la ganancia de los mismos en el total del período de evaluación como diferencia entre el peso a fin del experimento y el peso inicial. Por otro lado se detallarán los mismos resultados como producción en kilogramos de PV por hectárea. Ambos análisis tanto el individual como por hectárea se harán teniendo en cuenta las tres diferentes ofertas de forraje con las que se obtuvieron estos resultados. También se clasifican resultados según estación (invierno y/o primavera) o por período entre los cuales se tomaron los pesos de los animales.

A continuación se presentan las ganancias medias diarias de los animales en el período total que abarca el experimento y dividido por estaciones.

Cuadro No. 5: Ganancia media diaria en invierno, primavera y en el total del período por tratamiento.

Tratamientos	GMD invierno	GMD primavera	GMD inv-primav
T 10	0,4 a	1,3 ab	0,8 a
T 7	1,0 b	1,0 b	1,0 b
T 4	1,1 b	1,4 a	1,2 c

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

Del cuadro precedente se desprende que para el total del período (Invierno-Primavera) no hay diferencias mayores a 0,4 kg/animal/día. Para los tres tratamientos las diferencias son significativas encontrándose como es de esperar menor ganancia individual para el tratamiento con la mayor dotación (T10), una intermedia para el tratamiento T7 y la mayor para el tratamiento con menor carga (T4). Cuando lo mismo se descompone por estación para el invierno la ganancia del tratamiento con mayor dotación es notoriamente más baja que la de los tratamientos con menores presiones de pastoreo. En la primavera dado que la disponibilidad de forraje es mayor las diferencias son menores por lo que el tratamiento T10 y T4 no tienen diferencias significativas

al igual que el T10 con el T7, no ocurriendo lo mismo entre T7 y T4. En el caso particular de T10 que se destaca su baja producción invernal y que impacta la alta producción lograda en primavera la cual no presenta diferencia significativa con el T4, puede explicarse por una ganancia compensatoria debido a una mayor eficiencia de producción en respuesta a una mayor calidad por menor cantidad de especies en estado reproductivo que dan una alta calidad de dieta. En T4 hay más selección de una dieta de alta calidad que presenta más forraje disponible para su selección, en T7 el comportamiento es intermedio entre ambos no tanta disponibilidad para seleccionar una dieta de elevada calidad y tampoco una pastura vegetativa de homogénea calidad.

Los resultados obtenidos para el período invierno-primaveral coinciden con lo sugerido por Mott (1960) que cuando la dotación es baja la producción por animal es mayor y viceversa. Esto último se debe a que el forraje disponible limita el consumo y se incrementa la actividad de pastoreo por unidad de forraje consumido. También Feer (1981) sugiere que cuando la disponibilidad de forraje es muy baja, el tamaño de bocado es reducido, los animales se ven obligados a aumentar el tiempo de pastoreo. Esto trae como consecuencia un mayor gasto de energía que puede traducirse en diferencias muy importantes de ganancia de peso, aún con igual consumo de forraje de similar digestibilidad (Sahlu et al., 1989).

A continuación se presenta el peso de los animales al principio y al fin del periodo de evaluación (Inverno-primaveral).

Cuadro No. 6: Ganancia promedio en kg PV por animal en el total del período por tratamiento.

Tratamientos	Peso inicial 12/06/12	Peso final 05/11/12	Ganancia promedio (kg PV/animal)
T 10	408	538 a	119 a
T 7	414	565 b	146 b
T 4	459	601 c	182 c

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

Cuadro No. 7: Asignación de forraje correspondiente a cada tratamiento.

Tratamiento	Kg MS/100 kg PV
T 10	5,1
T 7	7,7
T 4	12,8

Para el total del período de evaluación las ganancias individuales promedio son para los tres tratamientos significativamente diferentes: menor para la mayor presión de pastoreo, intermedia para la intermedia y mayor para la menor. Estos son resultados que se esperaban dado que la mayor ganancia se obtiene cuando la asignación de forraje es mayor, la intermedia cuando la misma es intermedia y la menor cuando la misma es menor.

Esta observación concuerda nuevamente con Mott (1960) el cual sugiere que aumentos en la cantidad de forraje asignada cada 100 kg de PV por día genera aumentos en la ganancia de peso por animal.

El cuadro anterior (cuadro No. 8) se descompone en los siguientes dos cuadros. En el primero las ganancias por tratamiento correspondientes al período invernal (12/06/12-31/08/12) y en el segundo las ganancias correspondientes al período primaveral (31/08/12-05/11/12), ambos expresado como kg de PV por animal.

Cuadro No. 8: Ganancia promedio en kg PV/animal en invierno por tratamiento.

Tratamientos	Peso inicial 12/06/12	Pesos final 31/08/12	Ganancia Invierno
T 10	408	454 a	34 a
T 7	414	499 b	80 b
T 4	459	508 b	88 b

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

En invierno, período comprendido entre 12/06 y 31/08 (81 días), como corresponde se da la menor parte de la ganancia individual del período de evaluación, independientemente de que la producción de forraje sea mayor y de que este período sea 15 días mayor al período primaveral. La mayor presión de pastoreo sigue la línea de presentar la menor ganancia y viceversa. La ganancia intermedia no difiere significativamente de la mayor.

Cuadro No. 9: Ganancia promedio en kg PV/animal en primavera por tratamiento.

Tratamientos	Peso inicial 31/08/12	Pesos final 05/11/12	Ganancia Primavera
T 10	454 a	538 a	85 ab
T 7	499 b	565 b	66 b
T 4	508 b	601 c	93 a

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

Para el período primaveral establecido entre 31/08 y 05/11 (66 días), la ganancia es mayor para el T10 y T4 comparado con el período invernal lo cual se explicaría por mejor balance de la dieta al aumentar el contenido de trébol blanco a medida que transcurre el período experimental. Y para el caso del T10 por una mejor calidad de la festuca al poseer un mayor número de macollos en estado vegetativo que la hacen de mayor digestibilidad. El comportamiento del T7 no es el esperado dado que debería ser intermedio entre el T4 y T10, lo cual puede ser explicado por una mayor cantidad de plantas de festuca de menor calidad que en el T10 y una menor cantidad de plantas de trébol blanco de buen tamaño que dificultó su cosecha. Se debe aclarar que independientemente de ello, la ganancia individual lograda si bien es menor, no es baja considerando el número de animales manejados.

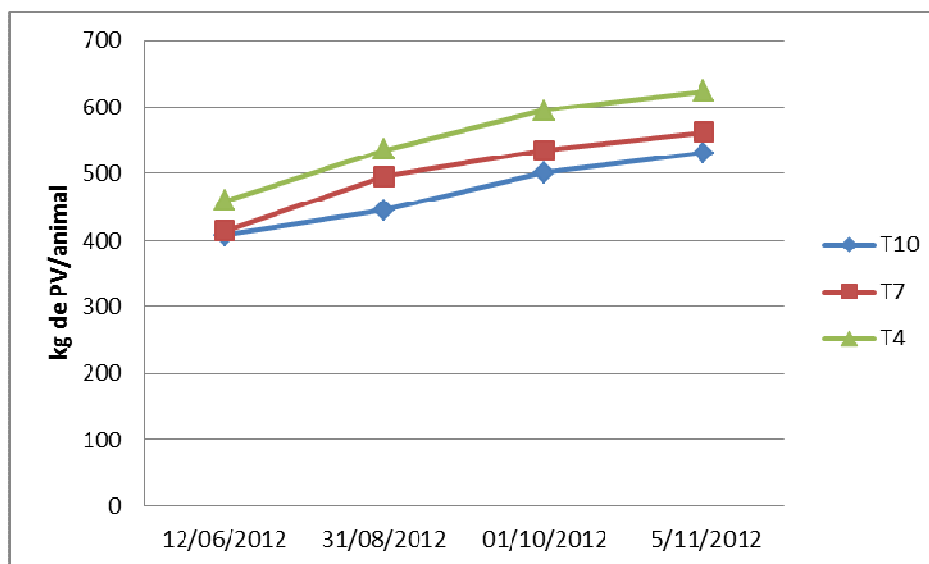


Figura No. 17: Representación gráfica de la evolución de los pesos de los animales durante el período de evaluación por tratamiento.

Si analizamos la evolución del peso vivo animal durante el período experimental (figura No. 17) se observa además de la clara diferencia entre tratamientos ya analizada a través de los cuadros los aumentos decrecientes en el peso de los animales a medida que evoluciona el experimento. Esto es de esperarse dado que siempre la respuesta en ganancia de peso al inicio del experimento cuando los animales son más livianos es mayor y luego comienza a decrecer una vez que comienzan a acercarse a su peso potencial (Mc Donald et al., 1969).

En la siguiente figurase observa el aumento de la ganancia media diaria en detrimento de la producción por hectárea en función de la oferta de forraje.

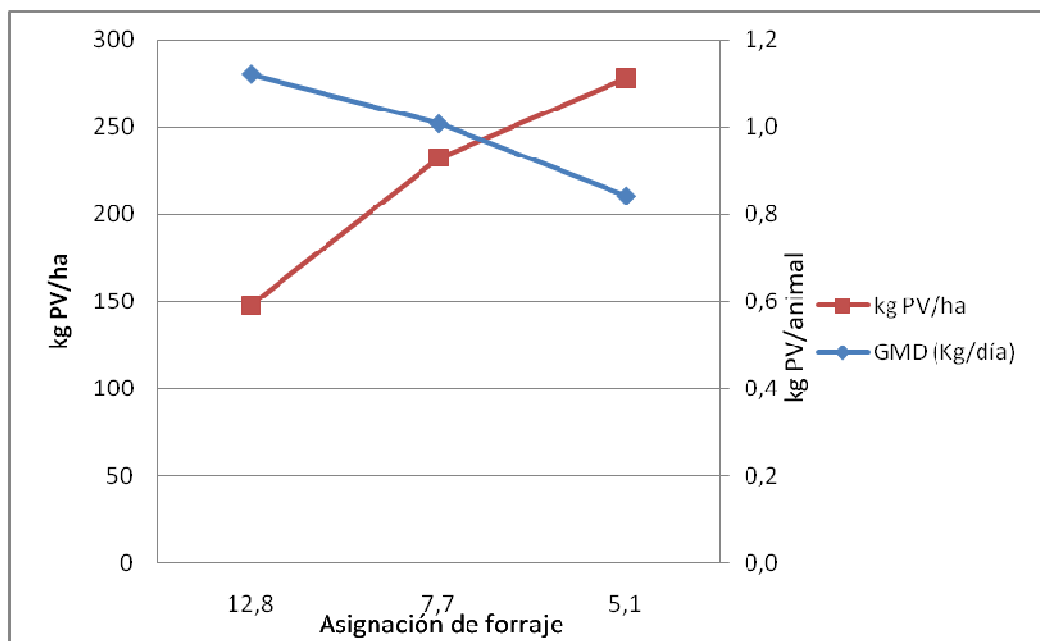


Figura No. 18: Gráfico kg de PV producidos por ha y GMD en función de la oferta de forraje expresada como kg MS cada 100 kg de PV.

Se observan producciones por hectárea de 278, 233 y 148 kg de PV producidos por hectárea para 5,1, 7,7, y 12,8 kg de MS cada 100 kg de PV de oferta de forraje respectivamente. En promedio la producción por hectárea de peso vivo fue de 220 kg para todo el período. A mayor oferta de forraje mayor ganancia media diaria y menor producción por hectárea.

Esto concuerda con Mott (1960) el cual sostiene que la ganancia de peso por animal disminuye cuando la carga aumenta; en cambio la ganancia por hectárea aumenta con disminuciones en la cantidad de forraje asignado cada 100 kg de peso vivo por día, hasta cierto punto a partir del cual disminuye.

La producción promedio de PV por hectárea es baja considerando que Fariña y Saravia (2010) lograron 545 kg de PV/ha con una asignación de 5 kg MS/100kg PV. Además Arenares et al. (2012) obtuvieron una producción de 634 kg PV/ha con una asignación de 6 kg MS/ 100 kg PV. En este último caso las diferencias se deben a que la categoría de animales utilizados eran de 115 kg promedio al inicio del experimento los que se destacan por presentar alta eficiencia de conversión al estar en pleno crecimiento y desarrollo muscular, además el período de evaluación es dos meses mayor y son el mismo número de animales en menos ha (5,12).

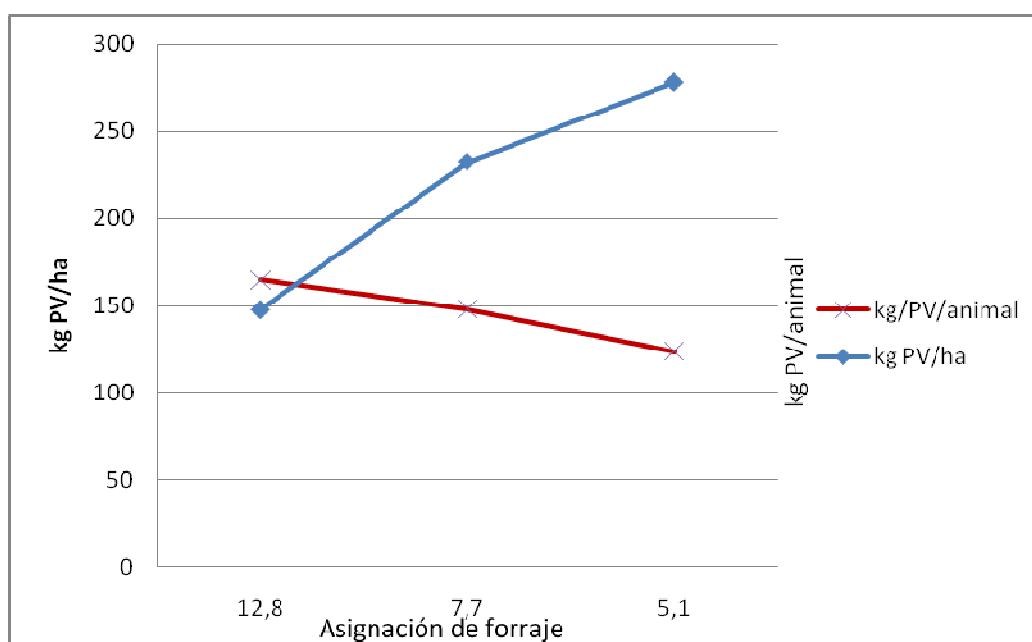


Figura No. 19: Gráfico kg de PV producidos por ha y kg PV/animal en función de la oferta de forraje expresada como kg MS cada 100 kg de PV.

Si se considera la evolución de la ganancia media diaria por animal (figura No. 20) se observa una evolución similar a medida que transcurre el período experimental. Un período inicial de menor ganancia dado por la adaptación ruminal al cambio de dieta y posiblemente un desbaste animal por venir los animales de pastorear campo natural. Se produce un aumento en el segundo período en donde luego de adaptado el animal a la nueva dieta expresa altas ganancias al consumir forraje de excelente calidad y buena disponibilidad y tal vez acompasado por una ganancia compensatoria. Finalmente una disminución en la ganancia por una mayor deposición de grasa frente al músculo.

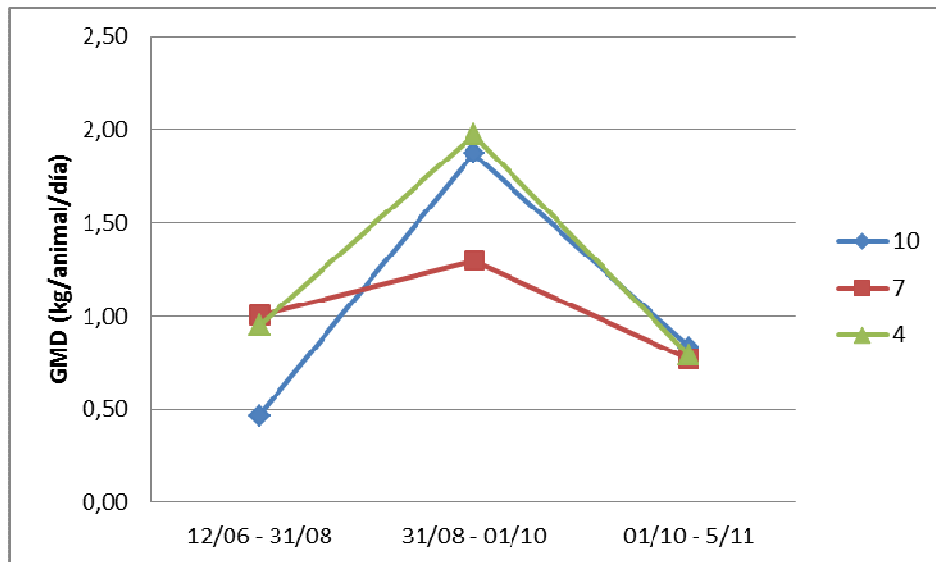


Figura No. 20: Gráfico GMD para cada uno de los tratamientos en función de los períodos de medición de peso.

Para el primer período el T10 presenta menor GMD por tener los animales menor disponibilidad de forraje comparado con T4 y T7. Esto acentuado con la menor capacidad de selección dada la mayor carga.

No concuerdan los resultados obtenidos en el caso del T7 y T10 para el segundo período, era de esperar que el T10 tuviera menos GMD que el T7 debido a la menor asignación de forraje por animal.

En el último período casi no se presentan diferencias explicado por una baja en la calidad de la pastura dado el estado avanzado del ciclo de la festuca ya que esta es de floración temprana y esto es de mayor impacto en el T4 por presentar menor dotación. Además, la GMD disminuye debido a la mayor deposición de grasa frente al músculo dado a que se encuentran cercanos a su peso final.

Si se estima la eficiencia de producción como los kg de MS producidos por hectárea divididos los kg de PV producidos por hectárea esta es de 22,9; 29,7 y 49,6 kg de MS producida para lograr un kg de PV, para T10, T7 y T4 respectivamente. En promedio la eficiencia de producción es de 34,1 kg de MS/kg de PV. El resultado promedio fue inferior al obtenido por Fariña y Saravia (2010) en el período Inverno-primaveral en una mezcla de primer año de festuca, agropyro, trébol blanco y raigrás perenne en el cual lograron una eficiencia de producción de 9,6 kg de MS/kg de PV. Esta mejor eficiencia puede

ser debida a la mejor calidad de la pastura durante el invierno, a la ausencia de estrés térmico y/o de déficit hídrico y a la mayor calidad del raigrás perenne dada por ser más digestible y florecer más tarde necesitándose menos kg de MS para producir un kg de PV. Cabe mencionar que la eficiencia de producción del T4 es baja lo que indicaría una ineficiencia en el sistema desde el punto de vista de cantidad de producto animal. No se podría arribar a la misma conclusión sobre la pastura dado que no fue evaluada en el otoño siguiente para cuantificar los efectos de la carga sobre la sobrevivencia estival.

4.4 CONSIDERACIONES FINALES

Los diferentes tratamientos no difirieron en producción de forraje en el total del período invierno-primaveral, registrándose valores similares a los propuestos por otros trabajos en torno a 6900 kg/ha MS. La fracción gramínea fue la dominante en todos los tratamientos durante todo el período, seguido de la fracción leguminosa y es de considerar la baja incidencia de malezas que no superó el 10% de contribución en el período de evaluación. No se puede decir que alguno de los tres tratamientos sea mejor o peor que otro, si bien al observar los datos el T4 produjo 1000 kg/ha MS más que el T10 el modelo no lo detecta como significativo.

La GMD fue estadísticamente diferente para los tres tratamientos, siendo menor la del tratamiento con mayor presión de pastoreo.

En promedio de los tres tratamientos en el total del período 220 kg PV/ha en 8,5 kg MS/ 100 kg de PV como oferta de forraje promedio, valor que es considerado normal comparado con resultados obtenidos por otros autores en el mismo período y en una mezcla similar.

Como se constata en estudios anteriores a medida que aumenta la oferta de forraje aumenta la ganancia individual en detrimento de la ganancia por hectárea, por esta razón en términos de ganancia por hectárea el mejor tratamiento es el T10 y el peor el T4. Esta última registró valores de 278, 233 y 148 kg PV/ha para 5,1, 7,7 y 12,8% de OF respectivamente. Comparado con resultados obtenidos por alguno de los autores consultados son valores normales.

Al convertirse el forraje a peso vivo se obtiene como resultado que el tratamiento de menor presión de pastoreo (12,8% OF) fue el que presentó la mayor ganancia media diaria (1,2 kg PV/animal/día). Esto se tradujo en una ganancia promedio en kg PV por animal para dicho tratamiento en el periodo de evaluación de 181,7. Al aumentar la presión de pastoreo a una oferta de 5,1% la GMD se reduce en 400 g traduciéndose en 63 kg menos de ganancia por

animal. En general las diferentes dotaciones no afectaron en demasía la producción de forraje, dado que no hubo un efecto marcado. Todos los animales lograron pesos de faena de más de 540 kg/animal.

Cabe destacar que el haber utilizado un nivel de significancia de 0,15 para analizar la producción vegetal pudo haber aumentado el error b y por lo tanto no detectar posibles diferencias significativas entre tratamientos, rechazando la primera hipótesis biológica en algunos casos que tal vez no correspondía.

5. CONCLUSIONES

Se concluye entonces que, trabajar con bajas dotaciones permite una adecuada ganancia individual pero no se puede lograr una mayor producción de PV/ha, dado que gran parte del forraje producido no es transformado en producto animal. Los tratamientos de bajas dotaciones se ven reducidos al ser manejados por cuando el tratamiento de mayor dotación llega a 5 cm de remanente, esto hace que la utilización de forraje no sea mayor como era de esperar y por lo tanto que no se logre una mayor producción por ha. El manejo de mayor carga (kg/ha promedio) permite una mayor producción de PV/ha al compensar una menor pero adecuada ganancia animal con un mayor número de animales, este resultado es posible dado que la oferta con la que se trabaja este tratamiento es de poco más del 5 %, lo que concuerda con trabajos revisados, éstos estarían dentro de los adecuados para lograr altas producciones por hectárea. Para el año analizado la combinación de una mayor carga animal en invierno con menor ganancia de peso vivo permite llegar con mayor peso vivo animal a la primavera y aprovechar de mejor forma el forraje de esta estación lo que permite mantener una adecuada calidad de la pastura que posibilita lograr altas ganancias animales, determinando que sea la mejor combinación para transformar el forraje en producto animal.

6. RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar tres asignaciones de forraje de una mezcla forrajera sobre la productividad de la pastura y sobre el desempeño animal. La mezcla forrajera está compuesta por *Festuca arundinacea* cultivar Tacuabé, *Lotus corniculatus* cultivar San Gabriel, *Trifolium repens* cultivar Zapicán, sembrada el 30 de mayo de 2010. 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 invierno-primaveral, comprendido entre 11/06/2012 al 15/11/12. El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar generalizados, comprendiendo tres bloques con tres tratamientos cada uno. Los tratamientos se diferencian en la cantidad de animales que pastorean cada parcela siendo en total 21 novillos Holando distribuidos en tres tratamientos de 4, 7 y 10, correspondiendo a asignaciones de forraje de 5,1, 7,7 y 12,8%. El método de pastoreo fue rotativo recibiendo cada parcela dentro de cada bloque siempre el mismo tratamiento durante los cuatro pastoreos. El criterio utilizado para el cambio de bloque fue una intensidad de 5 cm guiándose por el tratamiento de mayor presión de pastoreo (T10). De acuerdo a las variables evaluadas los resultados sugieren que no hay diferencias en disponibilidad de forraje y la altura del disponible entre tratamientos. Tampoco se encontraron diferencias en la producción total de materia seca siendo en promedio 6900 kg/ha. La festuca fue la especie dominante en todos los tratamientos. Se encontraron diferencias significativas en la producción animal tanto en ganancia media diaria, como en kg de PV por animal como en kg de PV por hectárea. Se obtuvieron valores máximos de GMD de 1,2 kg/animal/día en la mayor oferta de forraje 12,8 kg MS/100kg PV, esto se traduce en 181,7 kg PV/animal para el total del período. Sin embargo como es de esperar a la mayor ganancia individual le corresponde la menor ganancia por hectárea registrándose en este caso 430 kg de PV producidos/ha, ocurriendo lo opuesto cuando la oferta es baja.

Palabras clave: Mezcla forrajera; *Festuca arundinacea*; *Trifolium repens*; *Lotus corniculatus*; Producción animal; Oferta de forraje.

7. SUMMARY

The objective of this study was to evaluate three forage assignments of a pasture mixture and its effect on the pasture's productivity and the animals' performance. The pasture mixture is composed of *Festuca arundinacea* cv Tacuabé, *Lotus corniculatus* cv San Gabriel, *Trifolium repens* cv Zapicán. It was sown on 30th May 2010 without the implantation of both paspalum. The experiment was held at the Experimental Station "Dr Mario A. Cassinoni" (Faculty of Agronomy, Universidad de la República; Paysandú, Uruguay) situated on the national route No. 3, km 363, during the winter-spring period, from 11/06/2012 to 15/11/2012. The experimental design was completely randomized blocks, embracing three blocks with three treatments each. The experimental unit is the plot. The treatments differ on the number of animals grazing each plot, being a total of 21 Holstein calves distributed in 4, 7 and 10. The grazing method was rotational receiving each plot in each block always the same treatment during the four grazings. The criterion used to change animals from blocks was an intensity of 5 cm based on the treatment of the highest grazing pressure (T10). According to the evaluated variables, the results suggest that there are no differences in forage availability and height of available forage between treatments. Besides, no differences were found in the total production of dry matter with an average of 6900 kg/ha. The dominant species in every treatment was the festuca. Significant differences were found in animal production, not only in daily weight gain but also in kilograms per animal and kilograms per hectare. The maximum value of daily weight gain obtained was of 1, 2 kg/animal/day in the highest offer of forage of 12, 8 kg MS/100kg PV, achieving in the whole period 181,7 kg PV/animal. However, as it is expected, the highest daily weight gain corresponds to the lowest gain per hectare, being in this case 430 kg per hectare. The opposite happens when the offer is low.

Keywords: Mixture fodder; *Festuca arundinacea*; *Trifolium repens*; *Lotus corniculatus*; Animal production; Forage assignments.

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. 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.
3. ALLEGRI, M. 1982. Algunas consideraciones sobre la investigación en la utilización de pasturas. Montevideo, CIAAB. pp. 1-3.
4. 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.
5. ALTIER, N. 1997. Enfermedades del lotus en Uruguay. Montevideo, INIA. 16 p. (Serie Técnica no. 93).
6. ARENARES, G.; QUINTANA, C; RIVERO, J. 2011. Efecto de tipo de mezcla forrajera sobre la productividad del segundo año. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 108 p.
7. ARIAS, R.A.; MADER, T. L.; ESCOBAR, P. C. 2008. Factores climáticos que afectan al desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. Archivos de Medicina Veterinaria. 40: 7-22.
8. 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.
9. BEGUET, H. A.; BAVERA, G. A. 2001. Relación suelo – planta - animal. In: Curso de Producción Bovina de Carne (2001, Río Cuarto).

Textos. Rio Cuarto, Universidad Nacional de Rio Cuarto. Facultad de Agronomía y Veterinaria. s.p.

10. 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 10 jun. 2012. Disponible en http://www.produccionbovina.com/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/90-Beretta_ocupacion.pdf
11. _____; _____; ELIZALDE, J.C. 2008. Producción de carne a pasto: asignación de forraje, respuesta animal y utilización de forraje. In: Jornada Anual de la U.P.I.C. (10^a, 2010, Paysandú). Una década de investigación para una ganadería más eficiente. s.n.t. cap. 3, pp. 20-23.
12. BERONE, D.G; DREHER, N.2007.Elongación y vida media foliar de gramíneas templadas perennes a inicio de primavera en el centro-oeste santafesino. Revista Argentina de Producción Animal. 27 (Supl. 1): 201-202.
13. BLASER, R. E.; HAMMES, R. C.; BRYANT, H. T.; NARDSON, W. A.; FONTENET, J.P.; ENGEL, R. W. 1960. The effect of selective grazing on animal output. In: International Grassland Congress (8th, 1960, Reading). Proceedings. Reading, University of Reading. pp. 601-606.
14. BRETSCHEIDER, G. 2008. Como controlar el empaste. (en línea). Rafaela, INTA. s.p. Consultado 11 jun. 2012. Disponible en <http://www.produccion-animal.com.ar>
15. CAMPBELL, M.; SWAIN, M. 1973. Factors causing losses during the establishment on surface-sown pastures. Journal of Range Management. 26(5):355-359.
16. CANGIANO, C.; ESCUDER, C.; GALLI, J.; GOMEZ, P.; ROSSO, O. 1996. Producción animal en pastoreo. Buenos Aires, INTA Balcarce. s.p.

17. CARÁMBULA, M. 1977. Producción y manejo de pasturas sembradas, mezclas forrajeras. Montevideo, Hemisferio Sur. 464 p.
18. _____; SANTIÑAQUE, F. 1981. Productividad y comportamiento de distintas mezclas forrajeras. Investigaciones Agronómicas. no. 2: 16-21.
19. _____. 1982. Persistency of improved pastures. In: Simposio Técnico del convenio IICA-Cono Sur/BID (1982, La Estanzuela). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. s.p.
20. _____. 1992. Manejo de praderas. Montevideo, INIA. 16 p. (Boletín de Divulgación no. 17).
21. _____. 2002. Pasturas y forrajes; potenciales y alternativas para producir forraje. Montevideo, Hemisferio Sur. t.1, 357 p.
22. _____. 2004. Pasturas y forrajes; manejo, persistencia y renovación de pasturas. Montevideo, Hemisferio Sur. t.3, 413 p.
23. _____. 2007. Pasturas y forrajes; manejo, persistencia y renovación de pasturas. Montevideo, Hemisferio Sur. t.3, 403 p.
24. _____. 2008a. Pasturas naturales mejoradas. Montevideo, Hemisferio Sur. 530 p.
25. _____. 2008b. Pasturas y forrajes; insumos, implantación y manejo de pasturas. Montevideo, Hemisferio Sur. t.2, 371 p.
26. _____. 2010. Pasturas y forrajes; potenciales y alternativas para producir forraje. Montevideo, Hemisferio Sur. t.1, 357 p.
27. CARLEVARO, P.; CARRIZO, J. 2004. Comparación de la producción de mezclas forrajeras bajo manejos de defoliación basados en la cobertura del suelo y altura del tapiz. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 165 p.
28. CASTRO, M. 2012. Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de especies forrajeras. Montevideo, INIA. 101 p.

29. CHAPMAN D.F.; CLARK, D.A.; LAND, C.A.; DYMOCK, N. 1983. Leaf and tiller growth of *Lolium perenne* and *Agrostis* spp. And leaf appearance rates of *Trifolium repens* in set-stocked and rotationally grazed hill pastures. *New Zealand Journal of Agriculture Research*. 26: 159-168.
30. _____; LEMAIRE, G. 1993. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: *International Grassland Congress (17th, 1993, Palmerston North)*. Proceedings. Palmerston North, Massey University. pp. 95-104.
31. CHILIBROSTE, P. 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.
32. _____. 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.
33. CLARKE, E.A. 1983. Manejo de pasturas. (en línea). s.n.t. s.p. Consultado 20 jun. 2012. Disponible en http://produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_de_pasturas/pastoreo%20sistemas/03_manejo_de_pasturas.htm
34. 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.
35. CORREA URQUIZA, A. 2004. Mezclas forrajeras. (en línea). *Revista Agromercado*. 228: 53-54. Consultado 11 jun. 2012. Disponible en http://www.produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20artificiales/18-mezclas_forrajeras.htm
36. 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.

37. DE LEÓN, M. 2007. Interacciones "pastura-animal". INTA. Estación Experimental Agropecuaria Manfredi. Cuadernillo clásico de forrajeras no. 135. 2 p.
38. DEREGIBUS, V. A.; SANCHEAZ, R. A.; CASAL, J. J.; TRILICA, M. J. 1985. Tillering responses to enrichment of red light beneath the canopy in a humid natural grassland. *Journal of Applied Ecology*. 22: 199-206.
39. DIAZ, J. E. 1995. Estudios sobre la producción de forraje estacional y anual de leguminosas forrajeras. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 103 p.
40. 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.
41. 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.
42. FOGLINO, F.; FERNÁNDEZ, J. 2009. Efecto del período de ocupación de pastoreo en la productividad de una pastura de primer año de raigrás perenne, trébol blanco, lotus corniculatus, agropiro. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. 78 p.
43. 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.
44. _____. 1993. *Lotus corniculatus*. Montevideo, INIA. 22 p. (Serie Técnica no. 37)
45. _____. 1996. Producción y manejo de pasturas. Montevideo, INIA. 246 p. (Serie Técnica no. 80)
46. _____. 2010. *Festuca arundinacea*, manejo para producción de forraje y semillas. Montevideo, INIA. 200 p. (Serie Técnica no. 182).

47. 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.
48. 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. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 128 p.
49. _____. 1992. Persistencia de leguminosas. *Revista INIA. Investigación Agropecuaria*. 2 (1): 143-146.
50. _____. 1995. Estructura del tapiz de las praderas. Montevideo, INIA. 9 p. (Serie Técnica no. 66)
51. _____. 1995. Gramilla y praderas. Montevideo, INIA. 14 p. (Serie Técnica no. 67)
52. _____. 1996. Variedades de Trébol Blanco. Montevideo, INIA. 19 p. (Serie Técnica no. 70)
53. _____. 2003. Crecimiento y calidad de gramíneas forrajeras en La Estanzuela. Montevideo, INIA. 35 p. (Serie Técnica no. 133).
54. 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.
55. GREGORINI, P. 2007. Hagamos pastorear a los animales al atardecer. (en línea). Washington, D.C., USDA. s.p. Consultado 23 jun. 2012. Disponible en http://www.produccionbovina.com/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/59-pastoreo_pastorear_al_atardecer.pdf
56. 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.

- 57._____.1978. Defoliation on as a determinant of the growth persistence of pasture. In: Wilson, J. R. ed. Plants relations in pastures. Melbourne, CSIRO. pp. 67-85.
- 58.HAYDOCK, K. P.; SHAW, H. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry. 15: 663-670.
- 59.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.
- 60._____. 1990. Grazing management; science into practice. New York, Longman. 203 p.
- 61.JONES, R. J.; GRIFFITHS, D. J.; WALLE, R. B.; FERGUS, I. F. 1968. The production and persistence of grazed irrigated pastures mixtures in southeastern Queensland. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry. 31 (8): 177-189.
62. JONES, R. M. 1986. Persistencia en las especies forrajeras bajo pastoreo. In: Lascano, C.; Pizarro, E. eds. Evaluación de pasturas con animales; alternativas metodológicas. Cale, CIAT. pp. 167-200.
- 63.LANGER, R. H. M. 1981. Las pasturas y sus plantas, establecimiento de la pastura. Montevideo, Hemisferio Sur. 514 p.
- 64.LEBORGNE, R. s.f. Antecedentes técnicos y metodologías para presupuestación en establecimientos lecheros. Montevideo, Hemisferio Sur. 53 p.
- 65.LEMAIRE, G. 1985. Cinétique de croissance d'un peuplement de fétuque élevée (*Festuca arundinacea* Schreb.) pendant l'hiver et le printemps. Effets des facteurs climatiques. Thèse Doctorat és Sciences Naturalles. Caen, France. Université de Caen. sp.
- 66.MC.DONALD, P.; EDWARDS, R.A.; GREENHALGH, J. F.D. 1969. Nutrición animal. Zaragoza, España, Editorial Librería General. 381 p.

- 67.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.
- 68.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).
- 69.MONTOSSI, 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).
- 70.MORALES, A.A. 1998. Morfogênese e repartição do Carbono em *Lotus corniculatus* L c.v Sao Gabriel sobo efeito de restrição hídricas e luminosas. Porto Alegre, Brasil, UFRGS. Biblioteca Setorial da Facultad de Agronomía. 74 p.
- 71.MOTT, G. O. 1960. Grazing pressure and the measurement of pasture production. In: International Grassland Congress (8th, 1960, Oxford). Proceedings. s.n.t. pp. 606-611.
- 72.NABINGER, C. 1998. Principios de manejo e produtividade de pastagens. In: Gottschall, C.S.; da Silva, J.L.S.; Rodríguez, N. C. eds. Ciclo de palestras em producao e manejo de bovinos de corte. Canoas, ULBRA. pp. 54-107.
- 73.OLMOS LOPEZ, F. 2004. Factores que afectan la resistencia y productividad de pasturas mejoradas con trébol blanco (*Trifolium repens*); Trébol blanco. Montevideo, INIA. pp. 13-53.
- 74.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).

75. 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.
76. 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.
77. RISSO, D. F.; ZARZA, A. 1961. Producción y utilización de pasturas para engorde. *Miscelánea CIAAB*. no. 28: 6-19.
78. ROVIRA, J. 2008. Manejo nutritivo de los rodeos de cría en pastoreo. Montevideo, Hemisferio Sur. 287 p.
79. SANTIÑAQUE, F. 1979. Estudios sobre la productividad y comportamiento de distintas mezclas forrajeras. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 86 p.
80. 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.
81. SHNEITER, O. 2005. Mezclas de especies forrajeras templadas. In: Jornada de Actualización Técnica en Pasturas Implantadas (2005, Buenos Aires, Argentina) Trabajos presentados. Buenos Aires, s.e. s.p.
82. SILANIKOVE, N. 2000. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed 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.
83. 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.
84. SMETHAM, M. L. 1981. Manejo del pastoreo. In: Langer, R. H. M. ed. *Las pasturas y sus plantas*. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 210-270.

85. SNAYDON, R. W. 1981. The ecology of grazed pastures. In: Moley, F. H. W. ed. Grazing Animals. Amsterdam, Elsevier Science Publishes. cap 2. pp. 13-31.
86. TOLEDO, S. rev. 2009. Guía para la presentación de trabajos finales. (en línea). Montevideo, Facultad de Agronomía. Departamento de Documentación y Biblioteca. 26 p. Consultado 10 jun. 2012. Disponible en <http://biblioteca.fagro.edu.uy/files/Guía.pdf>
87. THOMAS, R.G. 1987. White Clover; vegetative growth and development. Palmerston North, New Zeland, Massey University. Department of Botany and Zoology. pp. 32-41.
88. 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>
89. VOLENEC, J. J.; NELSON, C. J. 1984. Carbohydrate metabolism in leaf meristems of tall fescue. Relationship to genetically alteres leaf elongation rates. Plant Phisiology. 74: 474-477.
90. ZANONIANI, R. 1998. Mejoramiento y manejo de bajos. (en línea). Young, UEDY. s.p. Consultado 11 jun. 2012. Disponible en <http://www.planagro.com.uy/publicaciones/uedy/Publica/Cart13/Cart13.htm>
91. _____; DUCAMP, F. 2004. Leguminosas forrajeras del género Lotus en el Uruguay. Cangüé. no. 25:5-11.
92. _____; 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 (21^a, 2006, Pelotas). Trabajos presentados. Pelotas, EMBRAPA. s.p.
93. _____; _____; _____; _____. 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

Expansão e Intensificação Agrícola (21ª, 2006, Pelotas). Trabalhos
presentados. Pelotas, EMBRAPA. s.p.