

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EFFECTOS DE LA ASIGNACIÓN DE FORRAJE Y LA
SUPLEMENTACIÓN SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DE UNA
PASTURA DE RAIGRÁS PERENNE, TRÉBOL BLANCO Y LOTUS
CORNICULATUS**

por

**Soledad ALMADA FRANCO
Martín PALACIOS ACOSTA
Santiago VILLALBA PARADEDA
Gastón ZIPITRÍA MENCHACA**

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

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2007**

Tesis aprobada por:

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

Ing. Agr. Pablo Boggiano

Fecha: -----
19 de Octubre de 2007

Autor: -----
Soledad Almada Franco

Martín Palacios Acosta

Santiago Villalba Paradedda

Gastón Zipitría Menchaca

AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias, por el apoyo incondicional y la hospitalidad que nos brindaron durante todo el transcurso del trabajo.

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

A nuestro amigo Diego Cortazo, por su colaboración permanente, con buen ánimo, durante la etapa de campo.

A nuestros compañeros y amigos Martín López, Germán García y Lucía García Pintos, con quienes compartimos el ensayo durante cinco meses, por brindarnos constantemente una gran ayuda.

A Sully Toledo, por su guía en los aspectos formales de la presentación de la tesis.

A los compañeros y amigos que nos ayudaron en varias oportunidades durante la realización del trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PAGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1 OBJETIVOS GENERALES.....	2
1.2 HIPOTESIS GLOBALES.....	2
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES Y CULTIVARES QUE COMPONEN LA MEZCLA.....	3
2.1.1 <i>Lolium perenne</i>	3
2.1.2 <i>Trifolium repens</i>	6
2.1.3 <i>Lotus corniculatus</i>	7
2.2 PRADERAS CON MEZCLA DE ESPECIES.....	10
2.3 EFECTOS DEL PASTOREO.....	13
2.3.1 <u>Introducción</u>	13
2.3.2 <u>Parámetros que definen el pastoreo</u>	14
2.3.2.1 Intensidad.....	14
2.3.2.2 Frecuencia.....	15
2.3.3 <u>Dinámica del crecimiento de gramíneas y leguminosas</u>	17
2.3.4 <u>Efectos del pastoreo sobre la pastura</u>	24
2.3.4.1 Efectos sobre el rebrote.....	24
2.3.4.2 Efectos sobre la producción de materia seca.....	26
2.3.4.3 Efectos sobre la utilización del forraje.....	29
2.3.4.4 Efectos sobre la estructura y morfología.....	30
2.3.4.5 Efectos sobre la composición botánica.....	34
2.3.4.6 Efectos sobre la persistencia.....	36
2.3.4.7 Efectos sobre la calidad.....	39
2.3.5 <u>Efectos del pastoreo sobre la performance animal</u>	41
2.4 EFECTOS DE LA SUPLEMENTACIÓN.....	45
2.4.1 <u>Efectos sobre la pastura</u>	45
2.4.2 <u>Efectos sobre el comportamiento y la performance animal</u>	45
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	47
3.1 CONDICIONES EXPERIMENTALES GENERALES.....	47
3.1.1 <u>Lugar y período experimental</u>	47
3.1.2 <u>Descripción del sitio experimental</u>	47
3.1.3 <u>Información meteorológica</u>	47
3.1.4 <u>Tratamientos</u>	48

3.1.5 <u>Diseño experimental</u>	49
3.2 <u>METODOLOGÍA EXPERIMENTAL</u>	49
3.2.1 <u>Mediciones generales en la pastura</u>	49
3.2.2 <u>Mediciones generales en los animales</u>	50
3.2.3 <u>Variables determinadas</u>	51
3.2.3.1 <u>Materia seca del disponible</u>	51
3.2.3.2 <u>Altura del disponible</u>	51
3.2.3.3 <u>Materia seca del remanente</u>	51
3.2.3.4 <u>Altura del remanente</u>	51
3.2.3.5 <u>Materia seca desaparecida</u>	51
3.2.3.6 <u>Utilización de forraje</u>	52
3.2.3.7 <u>Producción de forraje</u>	52
3.2.3.8 <u>Composición botánica</u>	52
3.2.3.9 <u>Ganancia de peso diaria</u>	52
3.2.3.10 <u>Ganancia de peso por hectárea</u>	52
3.2.4 <u>Análisis estadístico</u>	53
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	56
4.1 <u>INFORMACIÓN METEOROLÓGICA</u>	56
4.2 <u>CANTIDAD DE FORRAJE Y ALTURA DEL DISPONIBLE</u>	58
4.3 <u>CANTIDAD DE FORRAJE Y ALTURA DEL REMANENTE</u>	63
4.4 <u>FORRAJE DESAPARECIDO</u>	65
4.5 <u>PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN</u>	67
4.6 <u>PRODUCCIÓN DE FORRAJE</u>	68
4.7 <u>COMPOSICIÓN BOTÁNICA</u>	72
4.8 <u>PRODUCCIÓN ANIMAL</u>	79
5. <u>CONCLUSIONES</u>	83
6. <u>RESUMEN</u>	86
7. <u>SUMMARY</u>	88
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	90

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Fecha de inicio de cada pastoreo	48
2. Efecto de la asignación de forraje sobre la cantidad de forraje disponible ...	59
3. Efecto de la asignación de forraje sobre la altura del forraje disponible	61
4. Efecto de la asignación de forraje sobre la cantidad de forraje remanente ..	63
5. Efecto de la asignación de forraje sobre la altura del forraje remanente	64
6. No de plantas a los 40 días de la siembra	74
7. Proporción de los distintos componentes de la pastura según asignación de forraje	75

Figura No.	
1. Registro de precipitaciones durante el ensayo comparadas con la media histórica	56
2. Registro de temperaturas medias durante el ensayo comparadas con la media histórica	57
3. Evolución del forraje disponible al inicio de cada pastoreo	62
4. Evolución del forraje remanente luego de cada pastoreo	65
5. Forraje desaparecido según asignación de forraje	66
6. Utilización del forraje según asignación de forraje	67
7. Producción de materia seca, tasa de crecimiento promedio e instantánea, según asignación de forraje.....	69
8. Producción de biomasa verde según asignación de forraje.....	70
9. Proporción de los distintos componentes de la pastura al inicio del experimento (como % del total de MS disponible).....	73
10. Evolución de la composición botánica en el tratamiento de 2% de asignación	76
11. Evolución de la composición botánica en el tratamiento de 4,5% de asignación	77
12. Evolución de la composición botánica en el tratamiento de 7% de asignación	77
13. Evolución de la composición botánica en el tratamiento de 9,5% de asignación	78
14. Ganancia diaria por animal y ganancia por hectárea según la asignación de forraje	80

1. INTRODUCCIÓN

La producción ganadera presenta una gran importancia desde el punto de vista económico para el país. La producción de ganado bovino, leche y lana, generó anualmente, en forma directa, entre el 4,2% y el 7,4% del PBI total del Uruguay, entre 1998 y 2004 (DICOSE, citado por URUGUAY. MGAP. DIEA, 2006). En el ejercicio 1999/2000 se utilizó para dicha producción el 66,3% de la superficie total del país (DICOSE, citado por URUGUAY. MGAP. DIEA, 2000).

Particularmente, en los últimos 5 años se ha producido un importante aumento en el interés por inversiones en el sector agropecuario. Dicho aumento se puede apreciar en el incremento del precio de la tierra, pasando de 274 y 545 U\$/há en 2002, de aptitud ganadera y agrícola-ganadera, respectivamente, a 692 y 1489 U\$/há, respectivamente, en 2005. También se registró un incremento en la incorporación de tecnologías para aumentar la producción, como las pasturas sembradas, por ejemplo, aumentado su área un 16% en la última década (DICOSE, citado por URUGUAY. MGAP. DIEA, 2006). De esta manera, en el año 2005 habían aproximadamente 1,4 millones de ha de praderas y 0.3 millones de ha de cultivos forrajeros anuales, correspondiendo al 10% del área utilizada para la producción ganadera. DICOSE, citado por URUGUAY. MGAP. DIEA, 2006).

El aumento de la producción de forraje y la utilización del mismo en forma eficiente para maximizar la producción animal se tornan cada vez más importantes. El manejo correcto del pastoreo en cada situación juega un papel fundamental para lograr ambos objetivos. Para ello es necesario entender cómo varían las características morfológicas y fisiológicas de las distintas especies forrajeras según la forma en que se pastorean y las condiciones del ambiente.

El objetivo de este trabajo es estudiar como varía la producción de materia seca y la composición botánica de una pradera mezcla de tres especies perennes: *Lolium perenne*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*, pastoreadas bajo diferentes asignaciones de forraje, y su interacción con la suplementación de los animales.

1.1 OBJETIVOS GENERALES

- Estudiar la respuesta en productividad de la pastura, sometida a cuatro intensidades de pastoreo, con y sin suplementación energética.
- Estudiar la respuesta en utilización de la pastura frente a las diferentes asignaciones de forraje y la suplementación.
- Conocer las respuestas de la composición botánica de la pastura a las diferentes asignaciones de forraje y la suplementación.
- Conocer las respuestas de los animales frente a las diferentes asignaciones de forraje y la suplementación.
- Determinar el balance más adecuado entre producción de carne y productividad de la pastura.

1.2 HIPOTESIS GLOBALES

- Existiría efecto de las diferentes ofertas de forraje sobre la productividad, utilización y composición botánica de la pastura.
- Existiría efecto de la suplementación sobre la productividad, utilización y composición botánica de la pastura.
- Existiría efecto de la suplementación sobre la respuesta animal en ganancia de peso.
- Existiría efecto de las diferentes ofertas de forraje sobre la respuesta animal en ganancia de peso.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES Y CULTIVARES QUE COMPONENTEN LA MEZCLA

2.1.1 Lolium perenne

“Se trata de una especie perenne, con ciclo de producción invernal y hábito de crecimiento cespitoso, de gran adaptación al pastoreo debido a su facilidad de rebrote, resistencia al pisoteo y elevada agresividad, formando junto con el trébol blanco praderas de alta producción de forraje de calidad excelente. Se adapta tanto al pastoreo directo, como al henolaje, henificación y ensilaje” (Carámbula, 2002).

Especie de fácil establecimiento, muy macolladora y precoz (comparada con otras gramíneas) (Langer 1981, Carámbula 2002). Según Betín, citado por Carámbula (2002), el buen establecimiento del raigrás perenne es debido a la rapidez de su germinación y a lo acelerado de su brotación. Es una forrajera que permite pastoreos prolongados debido a que presenta floración tardía, lo que le permite conservar durante mayor cantidad de tiempo, una alta calidad de forraje (Laissus y Allerit, citados por Carámbula, 2002).

“Presenta un amplio espectro de adaptabilidad a suelos húmedos, de zonas bajas o moderadamente altas” (Betín, 1975). “Comportamiento deficiente en suelos con texturas livianas y su producción es máxima en suelos fértiles y bien drenados” (Carámbula, 2002).

“Varias de las condiciones ecológicas que presenta la región y particularmente Uruguay son limitantes para que esta especie prospere o al menos lo hagan la mayoría de los cultivares disponibles” (Carámbula, 2002). “El raigrás perenne es muy afectado por temperaturas desfavorables, heladas tardías y primaveras frías, por lo cual, pasturas con raigrás dominante pueden presentar problemas de persistencia en el segundo año de utilización” (Munro y Davies, 1973).

“Se desarrolla mejor entre los regímenes de temperatura de 16°C diurnos/10°C nocturnos y 23°C/17°C, declinando su producción y habilidad competitiva a temperaturas mayores (31°C/25°C)” (Cook et al., 1976). Según Langer (1981), la mayoría de las gramíneas de origen templado como el raigrás, parecen tener temperaturas óptimas para el crecimiento foliar que varían desde 20° a 29°C. *“Se adapta a climas templados y húmedos, particularmente aquellos frescos, nubosos y sombríos”* (Carámbula, 2002).

“El comportamiento del raigrás perenne es muy pobre durante el verano, dadas sus exigencias de humedad; la especie no tolera la sequía. En pasturas de vida larga muchas veces necesita ser resembrado” (Carámbula, 2002).

“De incluirse esta especie en el rol de gramínea de una mezcla, el forraje disponible durante el verano será completamente desbalanceado a favor de la o las leguminosas asociadas en la mezcla. Por consiguiente resulta fundamental realizar manejos que doten al raigrás perenne de sistemas radiculares vigorosos y activos” (Carámbula, 2002).

“La rapidez y eficiencia con que se realice el crecimiento de los sistemas radiculares, será tanto menor cuanto más maltratadas hayan sido las plantas por sobrepastoreos en invierno. En esas circunstancias no solamente se impedirá la acumulación de reservas en los órganos más perecederos de las plantas, sino que el sobrepastoreo altera también el microambiente debido a la acción física del pisoteo sobre la parte aérea de las mismas (magullado y enterrado) y sobre la parte subterránea (compactación, falta de aireación y menor infiltración del agua)” (Carámbula, 2002).

Si bien para algunos autores el raigrás perenne presenta una alta habilidad competitiva (Talamucci, citado por Cook et al., 1976), para otros no es muy buen competidor con malezas, especialmente cuando la población de plantas y el vigor de las mismas decrece (Carámbula, 2002). La competencia entre plantas fue mayor en los monocultivos que en las mezclas, en ensayos realizados con cultivares de raigrás perenne (Rogers et al., citados por Carámbula, 2002).

Con referencia a su producción de forraje en el año de establecimiento, el raigrás perenne puede producir de 4 a 10 toneladas por hectárea de materia

seca, por lo que su potencialidad de rendimiento en este primer año, en condiciones muy favorables es cercana a la del raigrás anual (Betín, 1975). *“La persistencia del raigrás perenne depende del cultivar, de la intensidad de utilización y de las condiciones climáticas”* (Arens y Minderhoud, 1972).

“Lolium perenne es una especie de gran difusión en países de Europa y Oceanía. En Nueva Zelanda, en mezclas con trébol blanco, constituye la base de la producción de pasturas. Este hecho, junto con la calidad forrajera de esta gramínea ha dado origen a un amplio espectro de investigaciones por parte de países que han probado introducirlo” (García et al., 2004).

Los cultivares tetraploides han presentado una serie de ventajas tales como:

Mayor consumo por parte del animal (Alder, 1964).

Mayor producción de leche asociada (Castle y Watson, 1971).

Mayor palatabilidad y consumo por parte del animal, por presentar mayor contenido de carbohidratos solubles (Langer, 1981)

Según Charles y Valentine (1978), Langer (1981), las desventajas de los mencionados cultivares serían:

Carencia de densidad y persistencia.

Mayor contenido de agua, lo que implica una menor proporción de materia seca.

2.1.2 Trifolium repens

“Es una leguminosa perenne (aunque puede comportarse como anual, bienal o de vida corta), estolonífera, de ciclo invernal, pero su mayor producción se registra en primavera. Por su alta producción de forraje de calidad excelente, su persistencia con manejos intensivos y la habilidad para competir con gramíneas perennes a la vez de cederles nitrógeno, esta especie contribuye a formar las mejores pasturas del mundo. Se adapta mejor a suelos medianos a pesados, fértiles y húmedos. No tolera suelos superficiales, siendo sensible a la sequía” (Carámbula, 2002).

Presenta bajo vigor inicial y establecimiento lento. No tolera la sombra (Langer, 1981). *“El crecimiento de T. repens puede ser afectado cuando crece en competencia con gramíneas a través de la reducción en el tamaño de la planta” (Turkington, 1983). “Igualmente, la forma en que el trébol blanco responde a la gramínea depende de cada genotipo” (Turkington, 1989).*

“La presencia del trébol blanco en las pasturas de la región es sumamente valiosa aún cuando debido a condiciones de sequía la población de estolones se vea seriamente reducida. En estos casos la densidad de esta especie debe ser alcanzada por reclutamiento de nuevas plantas, para lo que se deberá prever siempre la presencia de un banco importante de semillas en el suelo. Presenta muy buena semillazón y resiembra natural” (Carámbula, 2002).

“Entre los caracteres que hacen del trébol blanco una de las especies más importantes para utilizar en las pasturas, lo son su valor nutritivo y su habilidad para fijar cantidades muy apreciables de nitrógeno” (Langer, 1981).

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

“Si bien se adapta a pastoreos intensos, el trébol blanco, al igual que todas las plantas forrajeras, se ve afectada por manejos severos y exagerados. Lo más adecuado es aplicar manejos que permitan mantener plantas vigorosas que presenten mayor longitud de estolones por área de suelo e incrementos en el diámetro de los mismos, mayor peso individual de las hojas, así como mayor proporción de hojas cosechables. Bajo pastoreos muy intensos y frecuentes el trébol blanco pierde su habilidad competitiva” (Carámbula, 2002).

“Es importante considerar que una gran cantidad de trabajos experimentales han demostrado que los tréboles son plantas que demandan luz, y que este requerimiento es de vital importancia en la competencia entre las gramíneas y tréboles de una pastura mixta” (Langer, 1981). Reduciendo la luz del día a un 60 %, el trébol blanco asociado con gramíneas era eliminado en gran parte (Blackman, citado por Langer, 1981). “Con respecto a las respuestas de los tréboles a una intensidad de luz reducida es necesario puntualizar que, en general, las raíces sufren más que los tallos” (Langer, 1981).

El cultivar de *Trifolium repens* utilizado en el ensayo fue Zapicán. El mismo presenta una tasa de crecimiento ligeramente mayor al cv. Regal durante otoño-invierno y marcadamente menor en primavera-verano. La producción del cv. Zapicán es mayor al promedio de la de los cultivares evaluados (Díaz et al., citados por García, 1996). Al igual que otros materiales rioplatenses (Bayucuá, El Lucero, Churrinche, Bagé) florece abundantemente. La floración se caracteriza por ser temprana (García, 1996).

2.1.3 Lotus corniculatus

Es una especie perenne estival, de la que se desarrollan tallos normalmente erectos, aunque puede variar con el cultivar (Carámbula 2002, Zanoniani y Ducamp 2004).

No tiene elevadas exigencias en cuanto a requerimientos de suelo, pudiendo presentar buen desarrollo tanto en suelos arenosos como arcillosos. Presenta una mayor persistencia en suelos secos que en húmedos por ser susceptible a enfermedades causadas por hongos en el sistema radicular y la corona. Presenta un sistema radicular pivotante profundo (Carámbula 2002, Pereira 2007).

Especie de buen potencial de producción, primavero-estivo-otoñal, con posibilidades de producción a fines de invierno en cultivares tempranos. Al igual que las praderas mixtas presenta una clara tendencia hacia una estacionalidad más marcada a medida que el cultivo envejece (Carámbula, 2002).

Tiene un elevado valor nutritivo que declina poco en pleno verano con la madurez. La calidad del forraje de este lotus no declina tan rápido al avanzar el ciclo como ocurre para alfalfa (*Medicago sativa*) (Buxton et al., citados por Carámbula, 2002) y se mantiene con muy buena calidad para ser diferido (Collins, citado por Carámbula, 2002).

Es una especie muy recomendable para ser incluida en mezclas forrajeras con gramíneas, siendo normalmente utilizada en pasturas de larga vida. Sin embargo puede sembrarse en cultivos puros ya que no produce meteorismo (Carámbula 2002, Pereira 2007).

Muy sensible a las prácticas de manejo, debido a que presenta como característica fundamental, el alargamiento en altura de los entrenudos, formando lo que se conoce como tallo erecto; esto determina que la defoliación retire no solamente folíolos sino también meristemas apicales y axilares que se encuentran por encima de la altura de corte (Zanoniani y Ducamp, 2004).

“A su vez, este alargamiento determina que las hojas más nuevas se encuentren en la parte superior del canopeo y por ende, sean susceptibles a ser removidas por el diente animal, determinando en la mayoría de los casos que el área foliar remanente luego del pastoreo sea nula o de baja capacidad fotosintética, siendo el rebrote, por lo tanto, en gran parte dependiente de las reservas acumuladas previamente” (Zanoniani y Ducamp, 2004).

La mayor dependencia del área foliar fotosintética remanente para el rebrote se daría en aquellos casos en los cuales la pastura se maneja mediante defoliaciones frecuentes (aproximadamente 20 días) y con rastrojo de mayor altura (15 cm), dado fundamentalmente por la escasa posibilidad de acumular reservas bajo estas circunstancias (Nelson, citado por Morales et al., 1992).

En general se beneficia con pastoreos controlados, permitiéndole alcanzar alturas de 20-25 cm antes de ser defoliado. Cuando se pastorea en forma continua deberá mantenerse de forma aliviada y con remanentes no menores de 7,5 cm. Los cultivares erectos deben quedar con más rastrojo que los postrados. Para esta especie los pastoreos deberían ser rotativos y racionales (Formoso 1996, Zanoniani y Ducamp 2004, Pereira 2007).

“Un manejo intenso en otoño, que permita la entrada de luz a horizontes más profundos cuando mejoran las condiciones climáticas (mejor balance hídrico y menor temperatura), posibilita la reinstalación de nuevas plantas y rebrotes desde la corona” (Zanoniani y Ducamp, 2004).

El cultivar de *Lotus corniculatus* utilizado en el ensayo fue San Gabriel. *“Se caracteriza por presentar una capacidad continua de producción de forraje durante todo el año. El período invernal de menor potencial de producción de forraje probablemente se explique parcialmente por la ocurrencia de temperaturas infraóptimas para la fotosíntesis neta y no por la acción de mecanismos de latencia. Con la excepción del primer verano, siempre las tasas medias de producción de materia seca en primavera son superiores a las de verano independientemente de la edad. En otoño e invierno las tasas medias de producción son sustancialmente inferiores a las de primavera y verano, siendo invierno la estación de menor producción dentro de cada edad del cultivo”.* (Formoso, 1993).

El atraso en el mes de siembra modifica la producción de forraje de la primavera del primer año. Por cada mes de atraso en la siembra en el período comprendido entre Marzo y Junio, la producción de forraje entre la siembra y el 31 de Diciembre disminuye 938 kg MS/ ha (Formoso, 1993).

“La principal causa de la disminución productiva del cultivo es la pérdida progresiva del stand, originada por la muerte de plantas por fusariosis” (Formoso, 1993).

2.2 PRADERAS CON MEZCLA DE ESPECIES

Mientras Donald (1963), Rhodes (1970) sostienen que no existen evidencias de que las mezclas sean ventajosas para alcanzar mejores rendimientos que los mismos cultivos puros, Jones et. al. (1968), Rhodes (1969), Harris y Lazemby (1974) indican que una combinación de especies forrajeras y/o cultivares debería ser más eficiente para utilizar los recursos ambientales disponibles, que cada especie o cultivar sembrado individualmente.

“La combinación de especies invernales y estivales constituyendo mezclas forrajeras complementarias puede resultar una alternativa para incrementar la productividad de las pasturas. Dicha combinación puede resultar más productiva que mezclas simples estacionales sembradas separadamente” (Carámbula, 2002).

Lolium perenne es una de las especies de gramíneas más compatible con trébol blanco (Chestnutt y Lowe, citados por Elgerma et al., 1998a). En términos agronómicos, habría compatibilidad en una mezcla de raigrás-trébol blanco con un contenido de trébol blanco suficiente para optimizar los beneficios de la fijación de N y hacer el máximo uso del valor nutricional del mismo (Collins y Rhodes, citados por Elgersma y Nassiri, 1998b). Otra ventaja del trébol blanco es la complementación en el patrón de crecimiento estacional (Harris, citado por Elgersma et al., 1998a).

También Harris, Kershaw, citados por Chestnutt (1971), encontraron asociaciones positivas entre el raigrás perenne y el trébol blanco. Este efecto podría deberse a una buena respuesta del raigrás al nitrógeno fijado por el trébol blanco. Entre los efectos positivos de la mezcla de raigrás y trébol blanco, se presenta un aumento del 20% en el número de tallos, asociado a una disminución en el número de malezas.

“La inclusión de trébol blanco mejora la digestibilidad y la materia seca consumida de la pastura. No obstante, la mezcla de trébol blanco con raigrás perenne ha demostrado ser altamente susceptible a las condiciones de sequía o de baja disponibilidad de agua” (Carrillo y Orbea, 1968).

Brougham, citado por Langer (1981) demostró que en Nueva Zelanda las curvas de crecimiento del trébol blanco y del raigrás perenne son complementarias; mientras el trébol blanco contribuye mayormente a fines del verano y otoño, el raigrás perenne lo hace más hacia el invierno, como consecuencia de las diferentes temperaturas óptimas para el desarrollo de ambas especies (raigrás perenne 18-21 °C y trébol blanco 24 °C, en dicho trabajo). También cita contrastes en los hábitos de crecimiento (estolonífero y cespitoso para el trébol blanco y raigrás, respectivamente) y en la orientación de las hojas. Esta arquitectura aseguraría un mayor y mejor uso del espacio horizontal y vertical, además de una mayor eficiencia en la intercepción de la luz para los diferentes estados de crecimiento luego de la defoliación.

Harris y Thomas (1973) atribuyen la asociación positiva que se da entre el trébol blanco y el raigrás perenne a tres factores:

Fijación de nitrógeno por parte del trébol blanco, lo que hace que éste se independice del suelo, y que en un determinado momento este nitrógeno sea aprovechado por el raigrás perenne.

Diferencias entre crecimiento por estaciones.

Diferencias en los hábitos de crecimiento de cada especie, que hacen disminuir la competencia directa por el ambiente.

En cuanto a la dinámica de las especies en las mezclas, Carámbula (1991) menciona que la mayoría de las pasturas cultivadas presentan un desequilibrio acentuado a favor de la fracción leguminosas. Dicho comportamiento aparece desde el momento de la implantación, en que la experiencia general demuestra que es más fácil establecer leguminosas que gramíneas, a tal punto que se podría afirmar que el común denominador de las pasturas cultivadas es el exceso de leguminosas en los primeros años de su vida. Este hecho es precisamente quien determina los rendimientos más elevados de materia seca, al segundo y tercer año promoviendo las producciones animales más altas en la vida de la pastura, aunque con serios riesgos de meteorismo. Si bien esta superioridad de las leguminosas tiene su aspecto positivo, también es cierto que conduce a pasturas de baja persistencia, dado que una vez incrementado el nivel de nitrógeno del suelo, mediante el proceso de simbiosis, y teniendo en

cuenta la vida corta de las mismas, la invasión de especies mejor adaptadas pero menos productivas termina dominando las praderas.

Según Harris y Thomas (1973), 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. Estos efectos de la época de establecimiento continúan en la primavera y principios del verano del primer año. Sobre fines del verano y otoño, el trébol blanco incrementa su población total, sobre todo si se corta en forma infrecuente; un menor incremento se registra con cortes poco severos. Para el período de establecimiento los autores concluyen que el efecto de competencia fue: "competencia por el mismo espacio". En el segundo año, la contribución del trébol blanco siguió siendo menor a la de la gramínea, aunque durante la primavera y verano comenzó a ponerse de manifiesto la transferencia del nitrógeno de trébol blanco al raigrás perenne.

"En general el trébol blanco no fue eliminado de la pastura en ninguna ocasión, pero presentó mayor rendimiento en frecuencias de pastoreo bajas. Se destaca que cuando el trébol blanco alcanzó altos rendimientos, en ninguna ocasión marcó una supresión del raigrás perenne. Cuando en verano el trébol blanco fue quien proveyó mayor parte del forraje, se debió a la dominancia estacional y no a competencia interespecífica, ya que el efecto surge como consecuencia de un pobre crecimiento del raigrás perenne en dicha época" (Harris y Thomas, 1973).

En este sentido, los mismos autores separan dos efectos claramente identificables en la dinámica de la mezcla:

Cambios en el contenido del trébol blanco con las estaciones. En invierno hay una dominancia del trébol, mientras que en primavera y principios de verano predomina el raigrás, volviendo a avanzar el trébol a fines de esta última estación.

Existe una oscilación dentro de la pastura del contenido de gramínea y trébol dentro de la fase de equilibrio, que depende de la proporción de semilla de cada una de las especies que se haya usado en la siembra.

2.3 EFECTOS DEL PASTOREO

2.3.1 Introducción

Una pastura bajo pastoreo es un sistema dinámico en el cual el tejido foliar continuamente producido por macollas, es consumido por animales o se pierde por senescencia. Optimizar la cantidad de forraje recolectado por el animal requiere dos consideraciones: mantener una tasa de acumulación de forraje verde alta y maximizar la eficiencia de utilización del forraje o minimizar las pérdidas del mismo (Gastal et al. 2004, Smethan, citado por Carámbula 2004).

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

“La defoliación consiste básicamente en la remoción de parte de los órganos aéreos de las plantas, y es caracterizada primariamente por su intensidad y frecuencia (o su inverso, el intervalo entre defoliaciones). En algunas instancias, la defoliación requiere ser definida también por otras características, como la homogeneidad o heterogeneidad espacial, o el momento en relación al estado de desarrollo de las plantas, en particular con respecto a la iniciación floral” (Gastal et al., 2004).

El manejo de defoliación para producir rendimientos elevados de forraje durante la etapa vegetativa, debe considerar ambas variables (frecuencia e intensidad) en forma conjunta (Carámbula, 2004).

“La defoliación afecta los parámetros morfogenéticos que determinan el tamaño y la densidad de macollas, dependiendo de su frecuencia e intensidad, a través de procesos fisiológicos y ambientales, directos e indirectos” (Gastal et al., 2004).

2.3.2 Parámetros que definen el pastoreo

2.3.2.1 Intensidad

“Con referencia al rendimiento de cada pastoreo o corte (intensidad de cosecha), el mismo está dado por la altura del rastrojo al retirar los animales, lo que no sólo afecta el rendimiento de cada defoliación, sino que condiciona el rebrote y por lo tanto la producción total de la pastura. En este sentido la mayor intensidad tiene una influencia positiva en la cantidad de forraje cosechado pero negativa en la producción de forraje subsiguiente” (Carámbula, 2004).

“En todos los casos es muy importante que el rastrojo que se deje sea realmente eficiente. Para que esto suceda debe estar formado por hojas nuevas, con porcentajes mínimos de mortandad, lo cual compensa temporariamente eventuales índices de área foliar (IAF) bajos” (Carámbula, 2004).

“Si las pasturas son mantenidas a niveles de altura relativamente bajos, permanecen densas, verdes y hojosas, con alta digestibilidad a lo largo del año. Por el contrario, manejadas muy altas o muy bajas presentarán problemas serios de producción y supervivencia, con síntomas serios de deterioro, lo que indica que siempre se debe evitar la disponibilidad de masas extremas de forraje” (Langer, 1981).

“Para evitar inconvenientes y como recomendación general, las especies postradas pueden ser pastoreadas en promedio hasta 2,5 cm y las erectas entre 5 y 7,5 cm. De no operarse así, se puede causar daños irreparables” (Carámbula, 2004).

Con una defoliación aliviada una hoja puede demorar en desplegarse 2,6 días, mientras que bajo una defoliación severa puede tomar 3,5 días, teniendo una actividad fotosintética menor, un menor peso de los estolones y una mayor proporción de muerte de estolones que las plantas defoliadas menos severamente (Chapman y Robson, citados por Olmos, 2004).

Por lo tanto, es importante enfatizar la importancia de mantener rastrojos adecuados, con lo que se logran rebrotes más rápidos y más sanos, apoyados por áreas foliares eficientes capaces de utilizar mejor la luz incidente, y a la vez absorber más agua (Matthew, citado por Velasco et al., 2005).

2.3.2.2 Frecuencia

“En tapices pastoreados intermitentemente la frecuencia de defoliación de hojas individuales está principalmente determinada por la duración del intervalo entre dos períodos sucesivos de pastoreo, lo cual es una característica del sistema de manejo del pastoreo” (Lemaire, 1997).

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 periodo entre dos cosechas, menor será la producción de forraje (Jacques y Edmond, Chamblee et al., Peterson y Hogan, Parson y Davis, citados por Carámbula, 2004).

Otra forma de manejar la frecuencia de pastoreo es mediante la altura del forraje disponible al comenzar el pastoreo. Para Hodgson, citado por Carámbula (2004), 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.

“Esto es particularmente cierto en pasturas mantenidas bajo pastoreo continuo y estable y cuando las diferencias en características tales como área foliar, densidad de hojas y estructura del tapiz están altamente relacionados con diferencias en altura. Por el contrario, en pastoreos rotativos, dado que hay fluctuaciones mayores entre dichas variables, hay menos certeza y por lo tanto la altura puede ser usada solamente como una primera aproximación” (Carámbula, 2004).

El intervalo entre pastoreos también se puede determinar por el momento del ciclo del rebrote en que se encuentra, según el número de hojas por macolla. Fulkerson y Slack (1995) sostienen la hipótesis que el estado de 1 hoja en *Lolium perenne* es mínimo recomendado para pastorear. Esto complementa el uso del estado de 3 hojas como un indicador del intervalo máximo entre pastoreos. De esta manera, el número de hojas puede ser un criterio conveniente para determinar el momento apropiado para pastorear, ya que se basa en el desarrollo morfológico, el cual integra muchas variables ambientales y de manejo.

Si bien la frecuencia de utilización depende de cada especie en particular o de la composición de la pastura y de la época del año en que aquella se realice, el elemento que determinará la longitud del período de crecimiento será la velocidad de la pastura en alcanzar el volumen adecuado de forraje, aspecto que será demarcado en teoría por el IAF óptimo (área foliar capaz de absorber el 95% de la luz incidente) (Carámbula, 2004).

“Así, en pasturas con IAF óptimos bajos, como aquellas dominadas por tréboles, es posible realizar un aprovechamiento más intenso con defoliaciones más frecuentes (IAF 3) que en pasturas dominadas por leguminosas erectas (IAF 5) o por gramíneas erectas (IAF entre 9 y 10)” (Brougham, 1958).

“Se puede indicar, como pauta general, que en el período primavero-estivo-otoñal el volumen de forraje prepastoreo ofrecido debería alcanzar a 1,5-2,0 tt/ha de MS, con lo que se logra no sólo más forraje anual y particularmente invernal, sino además una mayor persistencia de la pastura y un control más eficiente de malezas y gramilla” (Carámbula, 2004).

A medida que se aumenta progresivamente la frecuencia de defoliación, cuantificada en términos de acumulación de forraje antes del corte, trébol blanco y lotus, presentaron decrementos de 40% y 55% en su capacidad para producir forraje, lo que demuestra que presentan diferentes grados de plasticidad morfofisiológica a las frecuencias de defoliación impuestas (Formoso, citado por Carámbula, 2004).

La frecuencia de la defoliación no sólo tiene impacto sobre el comportamiento en la misma estación que se realiza, sino además sobre la o las estaciones posteriores (Formoso, citado por Carámbula, 2004).

El corte frecuente mejora las condiciones de luz y la performance del trébol blanco (Kessler y Nosberger, citados por Elgersma et al., 1998b).

Con un incremento en la frecuencia de cortes, el número de puntos de crecimiento, la materia seca por planta, el número de hojas y el tamaño de las mismas fueron reducidos (Singh y Sale, citados por Olmos, 2004).

2.3.3 Dinámica del crecimiento de gramíneas y leguminosas

“Teniendo en cuenta que en las pasturas el verdadero rendimiento económico está constituido por macollas, tallos y hojas, es fundamental conocer los eventos que se suceden en la formación de estos componentes del rendimiento y los efectos que pueden ejercer diferentes factores sobre los mismos” (Carámbula, 2002).

La producción de tejido foliar es un proceso que se da de forma continua, regulado por variables del ambiente y características del estado de la pastura. En tapices bajo pastoreo, el tejido foliar sufre eventos de defoliación cuya frecuencia e intensidad afectan la fisiología de las plantas, por su efecto en la tasa de producción de nuevas hojas. Por consiguiente, la optimización de los sistemas de pastoreo no puede concebirse independientemente de la maximización de la producción de forraje. Es una interacción entre los tres flujos de tejido foliar que se dan en los sistemas pastoriles: crecimiento, senescencia y consumo (Parsons, citado por Azanza et al., 2004).

En las leguminosas, el desarrollo vegetativo consiste en el crecimiento alternado de hojas en el tallo inicial, y de tallos secundarios nacidos desde los meristemas ubicados en las axilas de dichas hojas (Carámbula, 2002).

En las gramíneas, durante la etapa de desarrollo vegetativo dominan fundamentalmente dos procesos: el de formación de hojas y el de formación de macollas, el primero continuo y el segundo relativamente discontinuo (Carámbula, 2002).

En ausencia de limitaciones hídricas y nutricionales, el tallo principal produce sus hojas a un ritmo determinado genéticamente, el cual depende de la acción de la temperatura ambiente sobre el meristemo apical (Watts, Peacock, citados por Azanza et al., 2004).

Cada hoja producida posee yemas axilares capaces de originar nuevos macollos con características idénticas al que le dio origen. Una única planta puede presentar varias generaciones de macollos, debido a que cada yema axilar puede potencialmente formar un macollo. Se deduce en base a lo antes mencionado que la producción de nuevos módulos y de sus hojas está altamente sincronizado con la formación de hojas en el tallo principal, lo que determina un patrón de surgimiento de nuevos módulos altamente predecible. De esta forma el potencial de macollaje de un genotipo es determinado por la velocidad de emisión de hojas, pues en cada hoja formada se genera una yema axilar. Genotipos que poseen alta velocidad de aparición de hojas poseen numerosos macollos de pequeña dimensión, o sea con hojas pequeñas (Nabinger, citado por Azanza et al., 2004).

El desarrollo individual de la macolla continúa al ir apareciendo nuevas hojas. Dicha velocidad de aparición es mayor cuando las plantas crecen en un ambiente bien iluminado, a temperaturas apropiadas, y con un nivel importante de nutrientes (Mitchell, Anslow, citados por Carámbula, 2002).

“Por lo general en este tipo de gramíneas el número máximo de hojas vivas por macollo es cercano a 3, salvo en el período reproductivo (elongación o encañazón) cuando un macollo puede sostener un mayor número de hojas” (Agnusdei et al., 1998b). Esto significa que si transcurre el tiempo y un macollo no es pastoreado, una vez alcanzado tal número máximo, las especies no acumularán en pie una mayor cantidad de hojas vivas; pues mientras aparece una nueva hoja, la más vieja se estará muriendo.

El número de hojas verdes por macollo en asociación con el tamaño final de la hoja determinan la máxima cantidad de tejido de hoja verde que puede ser acumulado, y de esta manera el tope de rendimiento del tapiz está directamente determinado por la vida media foliar y la tasa de aparición foliar (Fernández Grecco, citado por Carámbula, 2002).

“Tanto la vida media foliar (el tiempo que vive una hoja) y la capacidad de macollaje, son dos parámetros a tener en cuenta para un manejo eficiente y sostenible de las pasturas. El primer parámetro orienta respecto de la frecuencia de defoliación más apropiada para optimizar la eficiencia de cosecha del forraje crecido. Especies con una corta vida media tienen un recambio foliar más rápido y deben ser pastoreadas más frecuentemente (por ejemplo raigrás perenne), en comparación con especies de mayor vida media foliar (por ejemplo agropiro). A su vez, como la vida media foliar está afectada por la temperatura media del ambiente, el recambio foliar es mucho más rápido en primavera respecto a pleno invierno, e intermedio en otoño” (Agnusdei et al., 1998b)

La duración de vida de las hojas determina el número máximo de hojas vivas en un macollo, lo cual permite determinar dos características esenciales en la dinámica de crecimiento de una pastura luego de un corte: I) la duración de la fase corte-inicio de la senescencia foliar, II) La máxima cantidad de biomasa viva acumulada, que corresponde al “rendimiento techo” (Azanza et al., 2004).

Mientras crece, la hoja recibe metabolitos de las hojas precedentes, pero una vez desarrollada, es ella quien los aporta tanto a las hojas que le suceden, como a sus macollas hijas y raíces. Sin embargo, a medida que la hoja expandida envejece estos aportes van siendo cada vez menores y aún estando verde, mucho antes de su muerte, puede ser ineficiente (Williams, citado por Carámbula, 2002).

“Este aspecto puede ser muy importante en pasturas mal manejadas donde la falta de luz, por una densidad excesiva de la trama o canopia, puede provocar la muerte anticipada de hojas maduras, y su rápida descomposición, con la consiguiente pérdida de materia seca. Sin embargo, es importante aquí recalcar que luego de una defoliación, es muy probable que la velocidad de fotosíntesis de las hojas viejas sea incrementada como resultado de una mayor disponibilidad de luz” (Carámbula, 2002).

“El aumento del crecimiento luego de una defoliación está relacionado en forma directa con el área foliar remanente. Esta superficie es determinada por la intensidad de la defoliación y fundamentalmente, por el tipo de crecimiento de la especie” (Carámbula, 2004).

“El máximo rendimiento real alcanzado depende, principalmente, de la energía luminosa recibida por las plantas” (Langer, 1981).

Para que una pastura de gramínea/trébol crezca a su tasa máxima, tendrá que hacer un uso completo de toda la energía luminosa que caiga sobre ella. Una vez alcanzado el IAF crítico, la pastura crece a su máxima tasa de crecimiento. A medida que continúa el crecimiento, más hojas inferiores son sombreadas progresivamente (Langer, 1981).

“El mayor rendimiento relativo de las pasturas sometidas a períodos de descanso prolongados versus aquellas sometidas a períodos de descanso cortos o a un pastoreo continuo se debe a que las plantas tienen la oportunidad de reaprovisionar sus reservas en el primero de los manejos” (Langer, 1981).

Tanto el sistema de pastoreo continuo como el rotacional son esencialmente parte de la misma respuesta del crecimiento continuo al IAF promedio de la pastura. Entonces, el principal parámetro que gobierna la producción de forraje es el IAF promedio al que es mantenida la pastura (Parsons et al., citados por Gastal et al., 2004).

La relación entre la estructura de la pastura y la producción y utilización de forraje se ha explicado por el índice de área foliar. La máxima productividad neta se da en un rango de IAF de 3-5 para gramíneas. Con IAF menores, la productividad es limitada por la intercepción de luz, y con IAF mayores, es limitada tanto por el gasto en respiración como por senescencia (Davies, Parsons, Chapman y Lemaire, citados por Gastal et al., 2004).

La producción de forraje aumenta en forma asintótica con el IAF, en relación a la cantidad de radiación interceptada, mientras que la senescencia aumenta en forma lineal. Este análisis basado en la relación IAF-crecimiento deriva de

estudios de pasturas pastoreadas en forma discontinua y debería ser adaptado a condiciones de pastoreo continuo, donde las modificaciones de largo plazo de la estructura de la pastura modifican las relaciones de fotosíntesis, respiración y senescencia (Parsons, citado por Gastal et al., 2004).

Un segundo abordaje fue propuesto por Davies, Chapman y Lemaire, citados por Gastal et al. (2004), en el cual el flujo de los tejidos de la pastura es analizado a través de varios componentes del crecimiento como las tasas de aparición, de crecimiento y de muerte de hojas, el patrón de ramificación y masa específica de órganos. Por definición, este abordaje es más cercano al análisis de la estructura de la pastura que el de IAF-tasa de crecimiento, pero es razonable que ambos abordajes sean complementarios.

La defoliación parece afectar en forma negativa a la tasa de aparición foliar (Davies, Hume, Van Loo, Gastal y Lestienne, citados por Gastal et al., 2004). Sin embargo, en diversas circunstancias el efecto es limitado o no significativo (Grant et al., Gautier et al., citados por Gastal et al., 2004). La intensidad de la luz tiene un efecto positivo en algunas circunstancias (Bos y Neuteboom, Gautier et al., citados por Gastal et al., 2004) y en otras tiene un efecto limitado (Norris y Thomas, Robson et al., citados por Gastal et al., 2004).

Parecería que la tasa de aparición foliar de *Lolium perenne* y *Festuca arundinacea* no es afectada significativamente por la relación rojo/rojo lejano ni por la luz azul (Gautier et al., Gastal y Verdenal, citados por Gastal et al., 2004). *“De esta manera, el efecto positivo de la intensidad de la luz sobre la tasa de aparición foliar observada en algunas circunstancias puede ser interpretada por un aumento de la actividad fotosintética y del suministro de carbono”* (Gastal et al., 2004).

“Por lo común, las pasturas densas que presentan numerosos macollos pequeños, por ejemplo una mezcla de raigrás perenne y trébol blanco, conservan suficiente área foliar remanente luego del pastoreo, lo que permite restituir rápidamente el forraje consumido” (Agnusdei et al., 1998a). Por lo tanto, este efecto nocivo que modifica la capacidad de las plantas para atrapar la energía necesaria para sintetizar los asimilados responsables de la formación de nuevos tejidos, debe ser enfrentado por la habilidad de éstas para expandir rápidamente nuevas macollas, tallos y hojas (Carámbula, 2002). Esta característica se debería más que nada al comportamiento diferencial de

especies y cultivares frente al área foliar, que a su eficiencia para fotosintetizar, existiendo posibilidades de seleccionar en tal sentido (Patel y Cooper, citados por Carámbula, 2002).

“Si bien el efecto causado por las defoliaciones varía con la intensidad de las mismas, también es cierto que además este efecto varía entre gramíneas y leguminosas. A igual área foliar remanente, las leguminosas interceptan más luz que las gramíneas, debido a la disposición de sus hojas y en consecuencia se recuperan más fácilmente. Dentro de las gramíneas también es posible encontrar este comportamiento diferencial entre los tipos erectos y postrados. Sin embargo, a pesar de que las leguminosas y las gramíneas postradas tienen rebrotes más rápidos, alcanzan antes el IAF óptimo y, en consecuencia, sus rendimientos en forraje son por lo general menores que los de las gramíneas de tipo erecto. Como resultado, estas últimas presentan una producción mayor con manejos más aliviados” (Carámbula, 2004).

Por otra parte, las especies forrajeras menos sensibles a una defoliación son aquellas que presentan un área foliar remanente mayor luego del pastoreo, lo que les permite a las plantas restablecer más rápidamente su actividad fotosintética. Sin embargo, esto es cierto siempre que la masa foliar remanente sea realmente eficiente. De ahí entonces que no sólo es importante la cantidad remanente de hojas, sino también el tipo y estado de las mismas (Bommer, citado por Carámbula, 2004).

En pasturas aliviadas muchas veces el área foliar remanente está constituida por hojas viejas y/o parcialmente descompuestas por la humedad y los microorganismos, por lo que su valor como área fotosintetizante es muy bajo. Esto es particularmente importante en gramíneas con pocas macollas nuevas, donde la mayoría de las hojas jóvenes se encuentran en el estrato superior de la pastura. En otras especies, como el trébol blanco y el trébol subterráneo, sucede todo lo contrario y las hojas nuevas que se han formado bajo la sombra proporcionada por el exceso de follaje, al ser expuestas bruscamente a la luz solar, pueden sufrir una desecación intensa, lo que provoca una menor eficiencia de las mismas (Pearce et al., citados por Carámbula, 2004).

Las especies de gramíneas templadas almacenan carbohidratos solubles en agua principalmente en la base de las macollas (o tallos), y luego usan esas

reservas para suplir energía para el crecimiento y funcionamiento continuo cuando la producción de energía (a través de la fotosíntesis) es insuficiente para satisfacer la demanda (por ejemplo: luego de la defoliación o durante el sombreado) (White, citado por Donaghy y Fulkerson, 1998).

“El efecto fisiológico de la defoliación en el crecimiento y tasa de expansión de hojas ha sido considerado principalmente como un resultado de una disminución en la fotosíntesis de la planta, provocada por la remoción de área foliar, y consecuentemente de una mayor dependencia de reservas de carbohidratos” (Gastal et al., 2004).

En un contexto de sobrevivencia, hay prioridad en destinar las reservas a recomponer el canopeo en vez de destinarlo al crecimiento de raíces o nuevos macollos. Los macollos parentales tienen mayor prioridad que las macollas hijas en una situación de stress (Fulkerson y Slack 1995, Donaghy y Fulkerson 1998).

“Luego de la defoliación, la iniciación de las macollas fue lo más sensible al descenso en el nivel de carbohidratos solubles de reserva en el remanente, el crecimiento de las raíces moderadamente sensible y el crecimiento de las hojas moderadamente insensible. El momento de iniciación de las macollas hijas coincidió con el reestablecimiento del nivel de carbohidratos solubles en el remanente” (Donaghy y Fulkerson, 1998).

En trébol blanco los efectos de la defoliación o el corte producen un patrón similar de respuesta al sombreado en la planta. El cambio en la tasa fotosintética lleva a diferencias en el balance del carbono, y dependiendo en cuán intenso sea el efecto, el mismo podría cambiar la cantidad de carbono destinada a diferentes partes de la planta, determinando prioridades en la localización de los asimilados. La primera restricción al patrón de distribución de asimilados, ocurre con el carbono destinado a las raíces, en segundo lugar hacia los estolones, luego en ramas y en el caso más extremo dando absoluta prioridad al punto de crecimiento en el ápice del estolón (Chapman y Robson, Chapman y Hay, Kembell y Marshall, citados por Olmos, 2004).

Brougham (1956) sostiene que si bien es cierto que el rebrote de una pastura en estado vegetativo es afectado por la frecuencia y la intensidad de los

pastoreos o cortes realizados previamente, resulta difícil describir ambas variables en términos de niveles óptimos de manejo debido a las interacciones que existen entre ellas y a las condiciones ambientales reinantes.

La solución está en variar las intensidades y frecuencias de pastoreo a lo largo de las diferentes estaciones, así como de los periodos de descanso para semillazón y/o regeneración natural, todo ello relacionado con las condiciones climáticas. Como se viene documentando, el manejo apropiado depende radicalmente de la variabilidad del clima, particularmente con referencia a las lluvias. Por lo tanto, los manejos más adecuados se logran cuando se trata de conciliar cada sistema de producción específico con las condiciones ambientales en que se lleva a cabo el mismo (Carámbula y Terra, citados por Carámbula, 2004).

2.3.4 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 carbono 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).

2.3.4.1 Efectos sobre el rebrote

El rebrote después del corte depende de la interacción entre los carbohidratos de reserva en la planta y el área foliar del rastrojo residual (Blaser y Brown, citados por Langer, 1981).

Cuanto más corta sea defoliada una pastura, mayor será el período transcurrido antes de que ésta alcance el IAF crítico (Brougham 1956, Langer 1981).

La asociación entre el nivel de carbohidratos solubles y el rebrote a sido sostenida en varios estudios (Davies, Davidson y Milthorpe, citados por Fulkerson y Slack, 1995).

Luego de la defoliación, el crecimiento de las hojas es afectado por el nivel de carbohidratos no estructurales sólo por debajo de cierto nivel (Davies, citado por Gastal et al., 2004). Dicho nivel varía según las condiciones de crecimiento (Gastal et al., 2004).

“Es posible que sean necesarias cierta cantidad de defoliaciones frecuentes sucesivas para bajar el nivel de reservas de carbohidratos solubles lo suficiente como para afectar el rebrote. Además, el impacto que el nivel de carbohidratos solubles tenga sobre el rebrote depende también de la altura del remanente, habiendo una interacción entre dichos factores. La altura de defoliación afectaría no solo la cantidad absoluta de carbohidratos solubles en el remanente sino también los requerimientos de las plantas, según la capacidad fotosintética que represente” (Fulkerson y Slack, 1995).

Estudios previos con raigrás perenne han mostrado una alta correlación entre el nivel de carbohidratos solubles al momento de la defoliación y el crecimiento subsecuente (Alberda, Davies, Alberda, Fulkerson y Slack, Donaghy y Fulkerson, citados por Donaghy y Fulkerson, 1998).

El raigrás sigue un patrón de crecimiento exponencial hasta 3,5 hojas por macolla. Postergar el pastoreo hasta la etapa de 3,5 hojas por macolla también permite que la planta recupere el nivel de reservas de CHS. La cantidad de MS total de hojas verdes disminuye a partir del estado 3,5 – 4,0 hojas por macolla del ciclo de rebrote como consecuencia del inicio de la senescencia (Fulkerson y Slack, 1995).

La primera hoja en expandirse luego del pastoreo actúa de fosa de carbohidratos solubles en una primera etapa y de fuente de carbohidratos solubles luego de expandirse completamente, aportando a las otras partes de la planta (Williams, citado por Fulkerson y Slack, 1995). Se desprende de esto que el peor momento para pastorear sería antes de la expansión completa de la primera hoja (Fulkerson y Slack, 1995).

En un ensayo realizado por Fulkerson y Slack (1995), el rebrote luego del pastoreo frecuente fue solo el 65% del rebrote del menos frecuente. Esto estaba asociado al más bajo contenido de carbohidratos solubles (2,15 vs. 17,5% en el tallo remanente) y 27 veces menos cantidad de carbohidratos solubles en el remanente. Esta diferencia se debió al efecto combinado de más y más pesadas macollos y al mayor contenido de carbohidratos solubles en el remanente de plantas defoliadas con menor frecuencia. El rebrote de las plantas cuyo nivel de carbohidratos solubles había sido disminuido por la mayor frecuencia y pastoreados a 2 cm de altura fue significativamente menor que el de las plantas pastoreadas a 5 y 12 cm.

Al someter al raigrás perenne a una intensidad de corte de 5 cm cada 2 semanas, el intervalo entre defoliaciones fue tan corto que no permitió reponer las reservas de carbohidratos ubicadas en raíces y pseudotallos usadas para el rebrote, debido a que el área foliar, que es la principal fuente para el proceso de fotosíntesis, no alcanzó su óptimo (Matthew, citado por Velasco et al., 2005).

La defoliación en *Lolium perenne* a 5 cm es probablemente la altura óptima para el crecimiento subsecuente. La defoliación a 2 cm parece haber sido muy severa para el rebrote, particularmente para plantas con nivel de carbohidratos solubles inicial bajo. El esperado rápido rebrote luego de la defoliación a 12 cm no ocurrió. Esto es sorprendente, particularmente porque había una cantidad considerable de área foliar remanente. La inexistencia de efecto puede ser por sombreado del remanente de las macollas nuevas y por el hecho de que el área foliar remanente es fotosintéticamente ineficiente (Jewiss y Woledge, citados por Fulkerson y Slack, 1995).

2.3.4.2 Efectos sobre la producción de materia seca

El crecimiento de una plántula a partir de la semilla y su crecimiento posterior así como el crecimiento de una planta adulta luego de haber recibido un pastoreo o corte, sigue una curva sigmoide. Se pueden distinguir tres etapas claramente diferenciadas: una primera etapa de crecimiento lento, una etapa intermedia de crecimiento rápido y una etapa final de escaso crecimiento (Mc Meeckan, citado por Carámbula, 2004).

“Los tiempos de descanso, o sea libres de pastoreo, durante la primera etapa de crecimiento lento, resultan demasiado cortos, por lo que ofrecen una baja producción de forraje” (Carámbula, 2004).

“Por el contrario, cuando se permite crecer la pastura hasta la etapa intermedia de crecimiento, se logra una mayor productividad durante los tiempos de descanso, los cuales son también variables según la estación del año que se considere. El mayor rendimiento total de una pastura se obtiene si se aprovecha al máximo las ventajas que ofrecen las entregas de forraje en la etapa de crecimiento intermedio, para lo cual la pastura debe ser mantenida, como regla general, en el tramo de crecimiento de rebrote rápido. Realizando pastoreos en dicha etapa, se logra el mejor balance entre la presencia de muchas hojas con alta capacidad de fotosíntesis, una defoliación adecuada con un consumo apropiado por parte de los animales y un porcentaje bajo de material muerto” (Carámbula, 2004).

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

“Teóricamente al menos, la acumulación de materia seca de una planta forrajera será considerada aceptable cuando el sistema de pastoreo que se está aplicando asegure el balance óptimo entre la disminución de forraje por pastoreo o muerte y descomposición de hojas, y el aumento de forraje que se produce por un proceso de fotosíntesis activo, debido fundamentalmente a valores altos de intercepción de luz, a través de un área foliar remanente apropiada” (Carámbula, 2004).

En un sistema de pastoreo rotacional, la optimización de la producción de forraje para una sucesión de períodos de rebrote implica que se pastoree cuando se alcanza la tasa de crecimiento promedio máxima (Chapman y Lemaire, citados por Gastal et al., 2004).

“Para obtener el rendimiento máximo es más importante someter a la pastura a un pastoreo intenso y bajo dejando un mínimo de rastrojo, y preservando al mismo tiempo un intervalo prolongado entre períodos de pastoreo, que tratar de dejar una cantidad importante de hojas residuales después de cada período de pastoreo. Esto se debe a varios factores, como ser: el rastrojo consiste en material vegetal más viejo, de menor eficiencia fotosintética, y parte del material senesce antes del siguiente corte; el material vegetal muerto o senescente del rastrojo intercepta inútilmente energía luminosa y sombrea las hojas verdes, de manera que se reduce la tasa de rebrote; la iniciación de macollos también se enlentece mediante este sombreado” (Langer, 1981).

Bryant et al. (1970) reportan que la producción de plantas de porte erecto, como el *Lolium perenne* y *Lotus corniculatus*, así como su persistencia, aumentan proporcionalmente con el largo de los períodos de descanso, generando mayores producciones de forraje por hectárea en pastoreos rotativos, al ser comparados con continuos.

Ayala Torales et al. (1995) lograron mayores volúmenes de biomasa cosechada de *Lotus Corniculatus* con defoliaciones poco frecuentes y encontraron una fuerte relación negativa entre la producción de biomasa de Lotus y la producción de biomasa de gramíneas de ciclo primavera-estival.

Brink, citado por Olmos (2004) reportó en *Trifolium repens*, una reducción en la cantidad de materia seca por hectárea de estolones usando diferentes variedades, al comparar una altura de corte de 2,5 cm con 10 cm.

En una pradera de raigrás anual y leguminosas en Sao Gabriel, RS, se observó un aumento significativo en la producción de materia seca, siendo 2,74; 3,79 y 4,19 tt/ha con intervalo entre cortes de 2, 4 y 6 semanas, respectivamente (Ribeiro y Barreto, 1972).

2.3.4.3 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 Garcia, 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).

“En un sistema de pastoreo rotacional, el intervalo entre defoliaciones está determinado por el período de descanso (entre dos defoliaciones sucesivas). Si el período de descanso es más corto que el tiempo de vida promedio de las hojas de las especies consideradas, la eficiencia de utilización del forraje será optimizada, pero si es más largo, una proporción de tejido foliar llegará a la etapa de senescencia antes de la siguiente defoliación, y la eficiencia de utilización disminuirá” (Gastal et al., 2004).

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).

2.3.4.4 Efectos sobre la estructura y morfología

Sin lugar a dudas, el pastoreo incide directamente sobre la morfogénesis de las especies que integran las comunidades vegetales. Esta incidencia depende básicamente de la especie animal y de la carga que soporte la pastura. La defoliación provoca una disminución en el largo de las hojas en el caso de que el corte ocurra en la vaina, pero no tiene un efecto significativo cuando ocurre en la lámina (Grant et al., van Loo, citados por Gastal et al., 2004).

La morfología y la estructura de una pastura pueden cambiar rápidamente en respuesta a cambios en el manejo. Así es que existe normalmente una estrecha relación funcional entre la densidad de macollos y el tamaño individual o lo que es lo mismo el peso de estos en la pastura, decreciendo este al aumentar la densidad de los macollos y viceversa (Hodgson, 1990).

“Se ha mostrado la ocurrencia de compensaciones tamaño-densidad de macollas, permitiendo un crecimiento de forraje más o menos constante dentro de ciertos límites” (Gastal et al., 2004).

El pastoreo afecta la población de macollas presentes por metro cuadrado en una pastura. Al respecto, Hodgson (1990) sostiene que las macollas pueden variar entre 10.000 bajo pastoreo aliviado y 60.000 bajo pastoreo frecuente. *“Desde tiempo atrás se ha sostenido que el proceso de macollaje disminuye con la intensidad de pastoreo; no obstante cuando las condiciones ambientales son favorables, éste en general afecta poco dicho proceso” (Carámbula, 2004).* La tasa de macollaje aumenta con la intensidad de defoliación de la pastura (Brougham 1959, Langer 1963, Grant 1981).

El aumento en la tasa de macollaje debido al uso más intenso y frecuente de la pastura es consecuencia de un cambio en el ambiente que rodea a la planta, provocado principalmente por el corte de plantas vecinas. El corte de la pastura permite un ambiente lumínico en la base de la misma más favorable para la aparición de macollos (Voisin 1959, Youngner 1972). Cuando los rayos solares son interceptados por las hojas, disminuye la relación entre los colores rojo y rojo lejano (Casal et al., 1984); a medida que se corta material verde la relación antes mencionada aumenta.

En la pastura durante el rebrote, después del pastoreo se ve un incremento inicial del número de macollos enseguida del pastoreo, para después disminuir aumentando el tamaño de éstos. Pastoreos intensos reducen el tamaño de los macollos y a la vez estimulan el proceso de macollaje más que los pastoreos leves (Hodgson, 1990).

En pasturas densas la tasa potencial de aparición de macollos solo es alcanzada cuando el IAF de la pastura es bajo, debido a que la tasa de aparición de macollos disminuye a medida que el IAF aumenta y se detiene para valores de IAF mayores a 3-4 en *Lolium perenne* (Lemaire y Simon, citados por Azanza et al., 2004).

El pastoreo frecuente bajó sustancialmente el peso medio de macollas y el crecimiento radicular. Se ha citado que el macollaje es más rápido una vez alcanzado un techo de 3,5 hojas por macolla, tanto bajo corte (Fulkerson et al.,

citados por Fulkerson y Slack, 1995) como bajo pastoreo (Meads, citado por Fulkerson y Slack, 1995). El alto nivel de carbohidratos solubles en este estado de crecimiento evidentemente promueve la iniciación de nuevas macollas. Esta hipótesis concuerda con observaciones de una relación positiva entre el nivel de carbohidratos solubles en las vainas de festuca, el macollaje (Booyesen y Nelson, citados por Fulkerson y Slack, 1995) y peso de macollas (Davies, Fulkerson y Slack, citados por Fulkerson y Slack, 1995). Finalmente, una defoliación más frecuente puede haber reducido el crecimiento de la hojas al retrasar el crecimiento radicular (Powell y Ryle, citados por Fulkerson y Slack, 1995).

“Defoliaciones frecuentes y severas llevan a las plantas a desarrollar hojas con vainas más cortas, cuyas lígulas están posicionadas justo debajo del nivel del corte y cuya lámina se vuelve más horizontal, llevando al tapiz a mantener material de hoja verde por debajo del horizonte de pastoreo. Esta respuesta de la planta es totalmente reversible, cuando cesa la defoliación o cuando se vuelve menos frecuente. El largo de las vainas de las hojas sucesivas aumenta gradualmente y alcanza su valor inicial, acompañado por láminas más largas y más erectas” (Lemaire, 1997).

Bajo regimenes severos de defoliación, la tasa de aparición de nudos y el crecimiento de las yemas axilares, se reduce drásticamente y aumenta la mortalidad de plantas. Un incremento en la frecuencia de cortes en combinación con plantas estresadas por deficiencia de fósforo, puede afectar negativamente la sobrevivencia de plantas, así como defoliaciones severas afectan en mayor medida el desarrollo de las yemas reproductivas, respecto a las yemas vegetativas (Hay y Newton, citados por Olmos, 2004).

Los cambios provocados en la pastura no ocurren solamente por efectos de la defoliación, sino también por efectos del pisoteo y del bosteo. Curll y Wilkins (1982) observaron que las diferencias en la performance de la pastura según la carga se deben más a efectos de la intensidad de defoliación que a efectos de bosteo y pisoteo.

“En condiciones de pastoreo en áreas rechazadas por el ganado, el ambiente lumínico cambia a medida que la pastura crece, afectando negativamente el crecimiento del trébol blanco. Este cambio podría ser consecuencia de una reducción en la radiación fotosintéticamente activa y la

calidad de la luz o de la relación rojo/rojo lejano. Luego de una defoliación en las áreas rechazadas, se registró un incremento en la ramificación, en el crecimiento de las yemas axilares y en el número de hojas por rama” (Teuber y Laidlaw, 1996).

Un tamaño reducido de planta puede no solo afectar negativamente la productividad de la misma, sino también su sobrevivencia. Sin embargo, la variedad y el régimen de manejo que debería ser utilizado y aplicado depende de muchas circunstancias. Bajo regímenes severos de defoliación, el tamaño de la hoja es reducido y esto puede llevar a una menor eficiencia de la hoja (Brougham, 1956), terminando en un tamaño de planta reducido el cual puede ser extremadamente afectado por la competencia de gramíneas en los períodos secos.

Se debe tener en cuenta que la base de la pastura reciba luz mediante pastoreos severos, para estimular la actividad de las yemas axilares y aumentar la densidad de las pasturas. Dichos cortes deberían hacerse en épocas de rápido crecimiento vegetativo siempre que las condiciones ambientales sean favorables. La mayor densidad de plantas de *Lolium perenne* se alcanzó a intervalos de defoliación de 29 días. La reducción en la densidad de plantas de raigrás, se hizo mayor a medida que se hacían más largos de 29 días los descansos, lo que podría reflejar la inhibición del macollaje debido a los niveles de luz debajo del denso canopy, en éstas parcelas. Una reducción en la densidad, en los tratamientos con descansos menores a 29 días, se cree que es producto de la incapacidad de las plantas desfoliadas frecuentemente de mantener una adecuada área foliar para acumular los carbohidratos de reserva necesarios y sustentar un fuerte sistema radicular. La altura remanente, aparentemente no tuvo efecto en la sobrevivencia de las plantas, por lo tanto no se detectó una interacción “días de descanso por altura del remanente” (García et al., 2004).

Por su parte Filman y Acuña, citados por Olmos (2004) registraron un área foliar reducida, un menor largo de pecíolo y un menor largo de entrenudo cuando se disminuyó la altura de corte.

En trébol blanco a medida que el intervalo de cortes se incrementa, se registra una tendencia a destinar una mayor cantidad de recursos a los estolones que a las hojas (Fisher y Filman, citados por Olmos, 2004).

Los parámetros morfogenéticos: tasa de expansión foliar, vida media foliar y tasa de aparición foliar determinan otros componentes de la estructura de la pastura como es el caso de el tamaño foliar maduro, el número máximo de hojas verdes por macollo individual y el número potencial de macollos (Chapman y Lemaire, citados por Azanza et al., 2004).

Al variar la composición botánica también se modifica la estructura de la pastura. Cargas bajas acompañadas de largos períodos de descanso reducen la densidad del tapiz, al aumentar la altura de las plantas por consecuencia de un alargamiento de los entrenudos. A la inversa, cargas altas y períodos de descanso cortos aumentan la densidad de hojas, principalmente en los estratos inferiores (0-15 cm), así como aumenta la cantidad de material muerto (Stobbs 1973, Milne et al. 1982).

Avendaño et al. (1986) trabajando sobre una pradera naturalizada, encuentra que las gramíneas de porte alto fueron preferidas y defoliadas en mayor grado durante el pastoreo, lo que estaría dado por su mayor aporte en los estratos superiores. Asimismo no observaron diferencias en la presencia de especies de porte bajo a diferentes presiones de pastoreo, siendo esto un indicativo de su gran adaptación a diferentes tipos de manejo. Estos tratamientos provocaron en consecuencia que la concentración de materia seca en el estrato inferior del tapiz (0-5 cm.) representara un 87% para los manejos de mayor intensidad de pastoreo y un 67% para los de menor intensidad.

2.3.4.5 Efectos sobre la composición botánica

Existe un efecto directo de la frecuencia e intensidad de pastoreo sobre la composición botánica de la pastura, al tener efectos, por ejemplo, sobre la morfología de las especies (Bryant et al. 1970, Heitschmidt 1984).

El sometimiento de una pastura a un pastoreo intenso en el momento de máximo crecimiento de cualquier especie en la primavera, deprime a esta especie en comparación con el resto de la pastura. Esto está supeditado a su vez, a la tolerancia de las especies al pastoreo y pisoteo (Langer, 1981).

Cambios detectables en la composición botánica debido a cambios en el manejo son lentos en ocurrir, mientras cambios en la estructura vertical de la pastura son evidentes en menor tiempo (Mitchley y Willems 1995, Barthram et al. 1999).

Un manejo eficiente de la luz a través de la defoliación, puede hacer variar las proporciones de las diferentes especies que constituyen la pastura. Así, si bien 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, 2004).

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

En algunos casos, el manejo laxo o aliviado del pastoreo mostró resultados diferentes. Johns (1974) reportó que un incremento en la altura de corte (5 a 9 cm) reducía el contenido de trébol blanco en la pastura a causa de un incremento en el tamaño del área rechazada por los animales, incrementando el sombreado y reduciendo la ramificación. Un efecto similar fue observado con el aumento de la frecuencia de intervalos y aplicaciones de nitrógeno en pasturas mezcla, reduciendo el contenido de trébol blanco en la pastura, concluyendo a su vez, que 5 cm era la altura correcta para tener suficiente trébol. Cuando el régimen de defoliación es más frecuente se obtiene un mejor rendimiento por parte del trébol blanco (Gardner et. al, citados por Olmos, 2004).

La frecuencia de corte tuvo efectos sobre la relación trébol blanco/raigrás perenne durante el rebrote. El mismo fue significativamente mayor con cortes más frecuentes (Elgersma y Nassiri, 1998b). *“Los períodos de descanso prolongados y un crecimiento vigoroso de la gramínea producen mayores rendimientos de materia seca pero deprimen a los tréboles más que los períodos de descanso más cortos”* (Langer, 1981).

Comparando frecuencias de corte en un rango entre 1 y 6 semanas, se mostró que mayores intervalos entre cortes resultaron en mayores rendimientos de forraje sin una reducción en el contenido de trébol blanco (Fisher y Wilman, citados por Elgersma et al., 1998a).

Las especies que crecen rápido para ubicar la hojas en los estratos superiores del canopy de la pastura pueden fotosintetizar más eficientemente y sombrear a las plantas vecinas (Hutchings y de Kroon, 1994). Cualquier diferencia entre especies en la respuesta de la expansión foliar al bajo suministro de nitrógeno y a cambios en el patrón de defoliación puede ser importante en determinar la capacidad competitiva de las plantas y de esta manera la composición botánica de praderas manejadas en forma extensiva. Otra consideración para la producción de hojas es la pérdida de tejido tanto por pastoreo como por senescencia. El rebrote rápido de las hojas y su posicionamiento en las partes más altas del canopy aumentan el riesgo de ser removidas por el pastoreo (Briske, 1996), y de esta manera aumentar la pérdida de nutrientes de las plantas. La senescencia, por otro lado, puede ser considerada como un mecanismo de conservación de nutrientes, ya que los nutrientes pueden ser removidos del material senescente hacia otras partes de la planta (Chapin 1980, Barthram et al. 1999).

La utilización frecuente de la pastura resultó en rendimientos menores de materia seca, invasión mayor de malezas y más espacios vacíos (Harris y Thomas 1973, Caputa 1974, Faulkner y Wright 1977).

Bryant y L'Huillier, citados por Thom y Bryant (1991) reportaron que existía el doble de contenido de trébol blanco en pasturas pastoreadas en rotaciones rápidas comparadas con rotaciones lentas, para mediciones en Noviembre y Diciembre. Las variaciones estacionales observadas en este trabajo sugieren cambios en el contenido de trébol blanco y otras especies en la pastura, en respuesta a rotaciones rápidas, son transitorios y no se mantienen en el verano.

2.3.4.6 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).

“Si se realizan cortes o pastoreos durante la época de floración, se estará controlando severamente el desarrollo de las inflorescencias y los efectos nocivos que acompañan a este proceso desaparecen, por lo que la pastura se recuperara fácilmente debido a un macollaje continuo. Esto permite el crecimiento vigoroso de las macollas vegetativas existentes y la aparición de nuevas macollas, lo que podrá asegurar la supervivencia de un número suficiente de ellas a través de sistemas radicales amplios, tan necesarios para garantizar un buen rebrote y por consiguiente un buen potencial para los meses siguientes” (Carámbula, 2002).

Quando la movilización desde órganos aéreos es insuficiente, puede ocurrir movilización de asimilados desde la raíz, principalmente de compuestos nitrogenados (Gastal et al., 2004). Dicha movilización puede provocar una disminución o hasta el cese del crecimiento de la raíz, y puede en algunos casos provocar senescencia en la raíz (Richards, citado por Gastal et al., 2004).

“Es posible afirmar que con pastoreos aliviados se obtienen ventajas por el efecto “mulch” de la vegetación , tales como posibilidades para disponer de más agua en el suelo. Estos a su vez promueven desventajas por un incremento en el proceso de transpiración. Con los pastoreos intensos se obtienen ventajas por decrementos en el proceso de transpiración pero desventajas por incrementos en la evaporación y el escurrimiento” (Carámbula, 2004).

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 perecederos 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).

“El momento y frecuencia de defoliación también afectan la habilidad competitiva del raigrás, por lo tanto, afectan su persistencia” (Camlin, 1982). La perennidad del raigrás perenne depende de su capacidad para reemplazar macollas muertas y en menor medida de la propagación por semilla (Colvill y Marshall, Marshall, citados por Donaghy y Fulkerson, 1998). La regeneración de macollas es particularmente importante en los subtrópicos, en donde la reproducción por semilla de los cultivares es mínima. De esta manera, la defoliación frecuente e intensa de raigrases perennes perjudica la sobrevivencia de las plantas ya que al disminuir las reservas de carbohidratos solubles en agua, se retarda el proceso de iniciación de nuevas macollas y aumenta la muerte de las macollas más jóvenes (Donaghy y Fulkerson, 1998).

El menor sistema radicular que resulta de pastoreos frecuentes presumiblemente pondría a las plantas en riesgo de ser arrancadas por los animales durante el pastoreo (Thom et al., citados por Donaghy y Fulkerson, 1998). En este ensayo, al pasar de intervalos de 28 a 14 días desde fines de invierno a otoño, las pérdidas de plantas arrancadas fue 7 y 17 % del total de plantas perdidas, respectivamente (Donaghy y Fulkerson, 1998).

El sistema radicular pobre provocado por pastoreos frecuentes es un factor implicado en la falta de persistencia del raigrás perenne en algunas zonas (Evans, Fulkerson et al., citados por Donaghy y Fulkerson, 1998). Cualquier factor que retarde el crecimiento radicular arrastra el efecto al crecimiento del resto de la planta, debido a la restricción que provoca en la absorción de agua y

nutrientes y podría impactar en la sobrevivencia de las plantas (Davidson y Milthorpe, Clement et al., Langer, citados por Donaghy y Fulkerson, 1998).

Desde una perspectiva del manejo del pastoreo, este estudio confirma que al defoliar en el estado de 3 hojas por macolla y dejando un remanente de alrededor de 50 mm de altura, se optimiza la persistencia y la productividad del raigrás perenne. Al pastorear de esta manera en vez de en forma más frecuente e intensa, ocurre una más rápida recuperación del nivel de carbohidratos solubles, una mayor proporción de los mismos es destinada a mantener un sistema radicular activo y se favorece el macollaje (Donaghy y Fulkerson, 1998).

2.3.4.7 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. Este estado de hojosisidad permitirá alcanzar porcentajes de digestibilidad comprendidos en un rango de 65 a 75%, dado que el alto contenido de hojas esta relacionado básicamente con la presencia de poca pared celular (hemicelulosa, celulosa, y lignina) y alto contenido celular (azúcares, proteínas, lípidos y minerales) (Carámbula, 2004). "Por otra parte, se debe tener en cuenta también que de acuerdo con ciertos autores, por cada unidad de incremento del porcentaje de restos secos el porcentaje de digestibilidad de la pastura disminuye un 0,5%" (Carámbula, 2004).

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, Carámbula 2004).

Cualquier intento por aumentar la calidad del forraje en la etapa reproductiva es acompañado siempre por una disminución en la cantidad de forraje producido (Langer 1981, Carámbula 2004).

El raigrás acompaña su evolución con cambios estacionales de digestibilidad. La apetecibilidad es máxima a principios de primavera, decayendo gradualmente hasta alcanzar su nivel más bajo en algún momento del verano, coincidiendo con el máximo desarrollo de fibra (Alrich y Dent, citados por Langer, 1981)

El valor alimenticio del raigrás perenne ofrece un alto nivel a través de toda la vida de la planta. La apetecibilidad y digestibilidad son muy buenas desde el estado joven hasta el de espigazón; en ésta última, los tallos no disminuyen su calidad tan rápidamente como en otras especies, manteniendo el valor alimenticio de la pastura (Betín, 1975).

La alta palatabilidad y la presencia de carbohidratos solubles están relacionados con el número de cromosomas que posee cada cultivar. En los cultivares tetraploides este contenido de carbohidratos solubles es mayor, habiendo entonces mayor palatabilidad y aceptación por parte del animal (Barclay y Vartha, citados por Langer, 1981).

2.3.5 Efecto del pastoreo sobre la performance 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).

“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).

Según Greenhalgh et al., citados por Leborgne (s.f), las vacas no aumentan significativamente su producción individual si la presión de pastoreo desciende mas allá de la que permite una utilización por pastoreo del 67%.

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 Gonzalez-Rodriguez, 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, aún cuando la disponibilidad del tapiz sea baja (Hudson et al., 1977).

“Los sistemas intensivos de pastoreo fuerzan la ingestión de fracciones con baja digestibilidad, lo que repercute en la producción animal” (Minson, 1983).

Guerrero et al. (1984) encontraron que con asignaciones similares, las pasturas con mayor digestibilidad permiten obtener ganancias diarias más altas. Las características de la pastura (composición botánica, cantidad, estructura, relación hoja/tallo, estado fenológico, composición química, digestibilidad) afectarán las ganancias de peso a través del efecto que tienen sobre la ingestión total de nutrientes y del gasto de energía del animal para lograr ese consumo.

“Muchas son las experiencias que concluyen la preferencia vacuna por las leguminosas, aún a similares valores de digestibilidad” (Van Soest, 1965). Algunos autores sostienen que esta preferencia estaría dada por el mayor contenido de proteína cruda y minerales totales de las leguminosas cuando se encuentran en similar estado de madurez que las gramíneas. Asimismo los valores de proteína cruda pueden incrementarse considerablemente mediante fertilización nitrogenada (Marten, 1985).

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 (Minson 1983, 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).

Risso y Zarza (1981) encuentran que la ganancia diaria media aumenta a medida que se incrementa la disponibilidad del rechazo, hasta un punto por encima del cual los sucesivos aumentos no generan variaciones en la ganancia de peso.

Damonte et al. (2004) logran, en otoño-invierno, a través de la asignación de forraje, incidir en el consumo de novillos Hereford aumentando significativamente la ganancia animal.

Según Kenneth et al. (1989), la calidad del forraje consumido (proteína cruda, digestibilidad de la materia orgánica) disminuye a medida que avanzan los días de pastoreo o frente a presiones de pastoreo que ofrezcan bajas asignaciones de forraje, debido a que la oportunidad de seleccionar es menor.

En estos casos el animal consume: plantas enteras, las cuales contienen menores digestibilidades que las fracciones superiores de las mismas, mayores proporciones de material duro con menor digestibilidad que el material joven. Presiones de pastoreo que ofrezcan grandes oportunidades de seleccionar bajo pastoreo continuo o rotativo generarán mayores producciones animales que presiones de pastoreo que ofrezcan bajas posibilidades de seleccionar (Bryant et al., 1970).

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).

Cuando la disponibilidad de forraje se vuelve limitante en un sistema de pastoreo en franjas o rotacional, el tiempo de pastoreo puede disminuir (Jamieson y Hodgson, Le Du et. al., Baker et. al, Walker y Heitschmidt, citados por Krysl y Hess, 1993). Jamieson y Hodgson, citados por Krysl y Hess (1993) sugirieron que la disminución del pastoreo asociada a una disponibilidad de forraje limitante puede ser un comportamiento condicional, por el cual los animales balancean la dificultad de prensión del forraje con la anticipación de ser movidos a una nueva pastura. Walker y Heitschmidt, citados por Krysl y Hess (1993) propusieron que una respuesta de comportamiento sería responsable de la disminución del tiempo de pastoreo en sistemas de pastoreo rotacional. El tiempo de pastoreo puede en realidad aumentar durante el primer día en la franja debido a la actividad exploratoria, que puede durar entre 24 y 72 hs (Arnold y Dudzinski, Gluesing y Balph, Anderson y Urquhart, Senft, citados por Krysl y Hess, 1993). La exploración de la parcela nueva puede estar asociada al pastoreo de búsqueda, resultando en mayor tiempo de pastoreo en los primeros días en la parcela (Krysl y Hess, 1993).

2.6 EFECTOS DE LA SUPLEMENTACIÓN

2.6.1 Efectos sobre la pastura

Krysl y Hess (1993) sostienen que el régimen de pastoreo es sensible a variables ambientales y características de la pastura. Sin embargo, hay mínima información disponible acerca de la influencia de la suplementación en el régimen de pastoreo.

En un ensayo realizado por Barton et. al., Hess et. al., citados por Krysl y Hess (1993) la suplementación proteica afectó ($P < 0,05$) el tiempo de pastoreo, siendo 1,5 horas mayor cuando no se suplementa. De forma similar, Sarker y Holmes, citados por Krysl y Hess (1993) observaron que cuando el suplemento energético suministrado a vacas pastoreando *L. perenne* pasó de 2 a 8 kg/d, el tiempo de pastoreo disminuyó aproximadamente 1,5 h/d. El tipo de proteína y el momento del día en que se suministró no afectaron la respuesta ($P < 0,10$). Por otro lado, esta suplementación proteica aumentó la eficiencia de cosecha, mientras que, suplementos con alto contenido de almidón no la afectaron ($P < 0,10$) o la disminuyeron ($P < 0,05$) (Krysl y Hess, 1993).

Diferentes tipos y momentos de suministro de suplementos energéticos almidonosos produjeron resultados variables. Sin embargo, el incremento del nivel de suplementación disminuyó ($P < 0,05$) el tiempo de pastoreo (Krysl y Hess, 1993).

2.6.2 Efectos sobre el comportamiento y la performance animal

El uso exclusivo de pasturas difícilmente consigue optimizar una alta producción por animal y alta producción por hectárea. El uso de suplemento tiene como objetivo optimizar la utilización de forraje disponible obteniendo mayor ganancia individual, mayor carga animal y consecuentemente mayor ganancia por área, aumentando así la eficiencia del sistema de producción (Krysl y Hess, 1993).

Entender como el ganado se ajusta al comportamiento en pastoreo para adaptarse a las variables ambientales y dinámicas del forraje es fundamental para desarrollar estrategias de manejo para optimizar la producción ganadera (Demment et. al., citados por Krysl y Hess, 1993). Variaciones en las características vegetativas de la pastura pueden tener un efecto marcado en el comportamiento en pastoreo tanto en ganado ovino (Allden y Whittaker, Ruyle y Dwyer, citados por Krysl y Hess, 1993) y ganado bovino (Stobbs, Chacon y Stobbs, Jamieson y Hodgson, citados por Krysl y Hess, 1993) y deberían ser tenidos en cuenta al evaluar programas de suplementación (Krysl y Hess, 1993).

“Varios estudios han mostrado que suplementaciones proteicas y/o energéticas en condiciones de consumo de forrajes de calidad baja o moderada pueden aumentar la ganancia de peso, el consumo de materia orgánica y la digestibilidad del forraje. Sin embargo, la información acerca del efecto de distintos regimenes de suplementación sobre comportamiento en pastoreo es limitada” (Krysl y Hess, 1993).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 CONDICIONES EXPERIMENTALES GENERALES

3.1.1 Lugar y período experimental

El presente trabajo se realizó en la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” (Facultad de Agronomía, Universidad de la República; Paysandú, Uruguay), durante el período comprendido entre el 26/7/2006 y el 1/12/2006.

3.1.2 Descripción del sitio experimental

El experimento se localizó en el potrero número 6 de la Unidad de Producción Intensiva de Carne (UPIC). Este se encuentra sobre suelos Brunosoles Eutricos Típicos con Solonetz asociados, de la Unidad de suelos San Manuel, correspondiente a la formación geológica Fray Bentos.

3.1.3 Información meteorológica

La región climatológica en la que se encuentra Uruguay presenta un clima templado a subtropical, con promedios de precipitación anual de 1170 mm, siendo su distribución 30% en verano, 20% en otoño, 18% en invierno y 24% en primavera.

Las temperaturas medias anuales varían entre 16 °C en el sureste a 19 °C en el norte. Durante enero, el mes más cálido, las temperaturas varían entre 22 °C y 27 °C, mientras que en el mes más frío, julio, la variación es de 11 °C a 14 °C, respectivamente en cada región (Berreta, 2001).

Los datos meteorológicos correspondientes al período, registrados en la Dirección Nacional de Meteorología, se presentan en el capítulo 4 (Resultados y Discusión).

3.1.4 Tratamientos

En un área ocupada anteriormente por una pradera vieja, se sembró sobre el barbecho de 60 días, el 30 de abril de 2006 una pradera compuesta por *Lolium perenne* c.v. Horizon, *Lotus corniculatus* c.v. San Gabriel y *Trifolium repens* c.v. Zapicán. La densidad de siembra fue de 15, 8 y 2 kg de semilla por hectárea, respectivamente, y se fertilizó a la siembra con 100 kg/ha de 18-46 (Fosfato de Amonio).

La emergencia de la pradera ocurrió el 9 de mayo de 2006, y se refertilizó el 30 de mayo con 50 kg/ha de urea. El 3 de junio se aplicó sobre la misma 350 cc/ha de Preside.

Los tratamientos fueron un arreglo factorial 4*2. Consistieron en la combinación de cuatro asignaciones de forraje: 2; 4,5; 7 y 9,5 kg de materia seca ofrecida cada 100 kg de peso vivo por día (kg MS/100 kg PV/día) y de dos niveles de suplementación con grano de sorgo: sin suplementación y 1% del peso vivo.

Se utilizaron 72 novillos en crecimiento, de raza Holando, con un peso promedio inicial de 234 kg (con un rango de 95 a 380 kg). Se asignaron al azar seis animales por tratamiento, ajustándose la asignación de forraje mediante la técnica de “put and take” (Mott y Lucas, 1952), utilizando animales como “volantes”.

El sistema de pastoreo fue rotativo, realizando franjas diarias. Se realizaron 4 pastoreos por bloque. En el Cuadro No. 1 se presenta la fecha de cada pastoreo.

Cuadro No. 1: Fecha de inicio de cada pastoreo.

No. de pastoreos	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3
1°	30-juli	16-agos	31-agos
2°	9-sept	27-sept	13-octu
3°	20-octu	26-octu	4-novi
4°	10-novi	15-novi	22-novi

3.1.5 Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue el de bloques completos al azar. De esta forma, el área experimental, que abarca 12 hectáreas, se dividió en tres bloques de 4 hectáreas cada uno, los cuales fueron subdivididos a su vez en 8 parcelas, las que se definen como la unidad experimental.

La ubicación de los tratamientos en cada bloque se determinó al azar.

3.2 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

La metodología se basa en el análisis de la respuesta de la pastura a la intensidad del pastoreo, definida por las distintas asignaciones de forraje y la suplementación energética. Las variables evaluadas fueron producción de forraje, utilización del mismo y composición botánica. Además, se midió la respuesta en ganancia de peso vivo individual y por unidad de superficie.

3.2.1 Mediciones generales en la pastura

A los cuarenta días de la siembra se midió la implantación de las especies de la mezcla, obteniendo el número de plantas de cada especie por hectárea. Se realizó un muestreo con 10 repeticiones por parcela, contando el número de plantas por metro lineal, en tramos de 5 metros de largo de líneas de siembra.

Se midió la disponibilidad de forraje de cada parcela antes del ingreso de los animales a pastorear cada bloque, con el fin de calcular el tamaño de la franja diaria de cada tratamiento para ajustar la asignación de forraje establecida.

El método utilizado para medir la disponibilidad de forraje fue el doble muestro (Cayley y Bird, 1991). Se determinó una escala de 5 puntos, por apreciación visual, tomando 3 repeticiones de cada punto, y se midió la disponibilidad de forraje de cada escala mediante corte al ras del suelo

utilizando cuadros de 30 por 30 cm. La altura del forraje en centímetros fue medida con regla en 5 puntos dentro de cada cuadro a cortar para medir la disponibilidad de forraje de cada escala.

Se realizó un muestreo de cada parcela, con un número de mediciones variables, siendo 30, 40, 40 y 60 para los tratamientos de 2; 4,5; 7 y 9,5% del peso vivo, respectivamente. A su vez, se midió la altura de cada medición del muestreo.

Se midió la disponibilidad antes del pastoreo y el rechazo luego del mismo en la primera y la última franja de cada bloque, con el objetivo de determinar la utilización de la pastura y el crecimiento entre dos pastoreos sucesivos. El método de muestreo fue el mismo, pero el número de mediciones en cada franja fue de 20, 30, 30 y 40 para los tratamientos de 2,0; 4,5; 7,0 y 9,5% del peso vivo, respectivamente.

Se evaluó también la composición botánica en cada franja antes de cada pastoreo. Para ello se realizó un muestreo de cuatro muestras por franja con un cuadro de 30 cm x 30 cm y se sacó una submuestra de la mezcla de las cuatro muestras de cada franja. A partir de la submuestra se separaron las cuatro fracciones estudiadas: gramíneas, leguminosas, restos secos y malezas, y se calculó, a partir del peso de las fracciones, la proporción que cada fracción ocupaba en la pastura.

Las muestras de forraje recogidas en todos los muestreos se pesaron para obtener el peso fresco y luego se secaron en estufa durante 48 hs a 60 °C para determinar el peso seco de las mismas.

3.2.2 Mediciones generales en los animales

Se determinó el peso vivo de los animales cada 14 días, pesando los mismos a las 8 de la mañana, con ayuno previo de 12 horas aproximadamente.

3.2.3 Variables determinadas

3.2.3.1 Materia seca del forraje

Es la cantidad de materia seca (kg/ha) presente en la franja antes de comenzar el pastoreo.

3.2.3.2 Altura del forraje

Es la altura promedio en un forraje disponible en la franja antes de comenzar el pastoreo, determinada con una regla y midiendo la altura del estrato más alto con láminas verdes.

3.2.3.3 Materia seca del remanente

Es la cantidad de materia seca (kg/ha) que queda en la franja como rechazo luego de terminado el pastoreo.

3.2.3.4 Altura del remanente

Es la altura promedio en un forraje que queda en la franja luego del pastoreo, determinada con una regla y midiendo la altura del estrato más alto.

3.2.3.5 Materia seca desaparecida

Es la cantidad de materia seca (kg/ha) desaparecida durante el pastoreo. Se calcula como la diferencia entre el forraje disponible y el remanente.

3.2.3.6 Utilización de forraje

Es la cantidad de forraje utilizado por los animales en relación al que había disponible. Se calcula como la relación entre el forraje desaparecido y el disponible antes del pastoreo.

3.2.3.7 Producción de forraje

La producción de forraje (kg MS/ha) se calculó como la diferencia entre el forraje disponible al iniciar un pastoreo y el remanente luego del pastoreo anterior.

3.2.3.8 Composición botánica

Es la participación gravimétrica de cada fracción (gramíneas, leguminosas, restos secos y malezas) en el forraje disponible, en base a su contribución en peso de materia seca.

3.2.3.9 Ganancia de peso diaria

Es la ganancia diaria por animal (kg/animal/día) promedio para todo el período de pastoreo.

3.2.3.10 Ganancia de peso por hectárea

La ganancia de peso por hectárea (kg/ha) que se determinó como el producto de la carga y la ganancia por animal en el período analizado.

3.2.4 Análisis estadístico

La información se procesó mediante un programa desarrollado en el paquete estadístico SAS.

Este programa facilita el cálculo de las distintas variables, a partir de la información generada en las mediciones realizadas durante el trabajo de campo.

Modelo estadístico

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + S_j + (AS)_{ij} + \beta_k + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

- Y corresponde a la variable de interés
- μ corresponde a la media poblacional
- A_i es el efecto de la i-esima asignación de forraje
- S_j es el efecto de la suplementación
- $(AS)_{ij}$ es el efecto de la interacción entre la i-esima asignación de forraje y la suplementación
- β_k es el efecto del k-esimo bloque

- ε_{ijk} es el error experimental

Hipótesis biológica

- Ho: No existen diferencias en la producción de forraje entre las distintas asignaciones de forraje.
- Ho: No existen diferencias en la producción de forraje al suplementar o no.
- Ho: No existen diferencias en la utilización del forraje entre las distintas asignaciones de forraje.
- Ho: No existen diferencias en la utilización del forraje al suplementar o no.
- Ho: No existen diferencias en la composición botánica de la pastura entre las diferentes asignaciones de forraje.
- Ho: No existen diferencias en la composición botánica de la pastura al suplementar o no.
- Ho: No existen diferencias en la producción animal entre las distintas asignaciones de forraje.
- Ho: No existen diferencias en la producción animal al suplementar o no.
- Ho: No existe interacción entre asignación de forraje y suplementación.

- Ha: Existe al menos una diferencia entre tratamientos.
- Ha: Existe interacción entre asignación de forraje y suplementación.

Hipótesis estadística

- Ho: $\tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \tau_4$
- Ho: $\tau_1 = \tau_2$
- Ho: $\tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \dots = \tau_8$
- Ha: Existe al menos un efecto diferente

Se utilizó un modelo factorial 4*2 con asignaciones de forraje 2,0; 4,5; 7,0; 9,5 %P.V. y dos niveles de suplementación (con y sin suplementación).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis estadístico de los resultados indica que no hubo diferencias significativas en las variables debido al efecto del nivel de suplementación. Tampoco hubo interacción entre asignación de forraje y nivel de suplementación. Por lo tanto, la discusión tendrá en cuenta únicamente los efectos de la asignación de forraje.

4.1 INFORMACIÓN METEOROLÓGICA

En la figuras No. 1 y No. 2 se presentan los registros de precipitaciones y temperaturas medias correspondientes a los meses durante los que se realizó el ensayo, y los valores promedio que alcanzan dichos parámetros para la serie histórica 1971-1995.

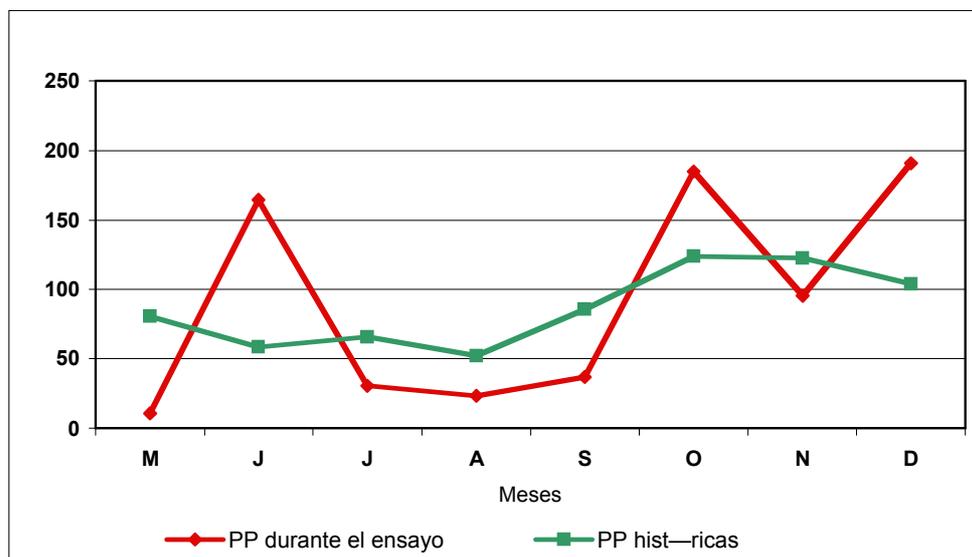


Figura No. 1: Registro de precipitaciones durante el ensayo comparadas con la media histórica.

En los dos meses previos al experimento, las precipitaciones fueron inferiores al promedio histórico en el mes de mayo (70 mm por debajo) y ampliamente superiores en junio (106 mm por encima del mencionado promedio).

Durante el experimento las precipitaciones fueron menores al promedio histórico, exceptuando los meses de octubre y diciembre. La diferencia mensual en precipitaciones fue promedialmente 35 mm a favor de la serie histórica. En octubre las precipitaciones durante el ensayo superaron la media histórica en 61 mm y en diciembre en 87 mm.

Si tenemos en cuenta que el raigrás perenne es una especie que no tolera déficit hídricos pronunciados, presentando un comportamiento muy pobre durante épocas con falta de agua (Carámbula, 2002), se puede concluir que durante el ensayo no existieron problemas de forma de perjudicar a la especie mencionada (Figura No. 1).

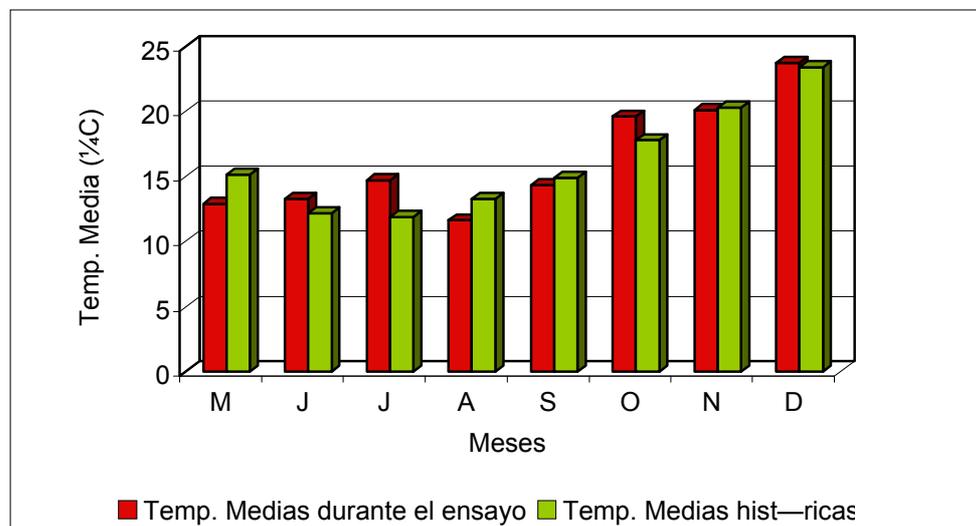


Figura No. 2: Registro de temperaturas medias durante el ensayo comparadas con la media histórica.

La temperatura en los meses previos al experimento (mayo y junio) fue menor al promedio histórico para el caso del mes de mayo y levemente superior en el mes de junio.

La temperatura promedio durante el experimento fue levemente inferior al promedio histórico en los meses de agosto, setiembre y noviembre (11,6 vs. 13,3 °C; 14,3 vs. 14,9 °C y 20,1 vs. 20,3 °C, respectivamente), aunque, como se puede apreciar en la Figura No. 2, dichas diferencias son prácticamente nulas. En julio y octubre la temperatura promedio durante el experimento superó notoriamente la media histórica y en diciembre la diferencia fue mínima (14,7 vs. 11,9 °C para julio; 19,6 vs. 17,8 °C para octubre y 23,8 vs. 23,4 °C para diciembre).

En cuanto a las especies que componen la mezcla y las temperaturas a las cuales presentan un óptimo desarrollo, podemos decir que el raigrás perenne se desarrolla mejor entre los regímenes de temperatura de 16 °C diurnos/10 °C nocturnos y 23 °C/17 °C (Cook et al., 1976). Por lo tanto, con las temperaturas que se registraron en la región durante el período en que se desarrolló el experimento, dicha especie fue favorecida, ya que el rango de temperatura estuvo entre 14 °C y 23,8 °C, lo cual coincide perfectamente con su rango de óptimo desarrollo.

Teniendo en cuenta ambos parámetros climáticos se puede concluir que no existieron impedimentos climáticos durante el experimento para el crecimiento de las especies sembradas.

4.2 CANTIDAD DE FORRAJE Y ALTURA DEL DISPONIBLE

La disponibilidad de forraje presentó diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro No. 2). La evolución general fue que a menor asignación de forraje, el disponible de ingreso fue menor.

Cuadro No. 2: Efecto de la asignación de forraje sobre la cantidad de forraje disponible.

Asignación de forraje (% PV)	Disponible (kg MS/ha)
9,5	4142 a
7,0	4074 ab
4,5	3302 b
2,0	1879 c

Letras diferentes presentan diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,0001$)

Este comportamiento se relaciona a que con asignaciones bajas el remanente luego del pastoreo presenta una capacidad limitada de producir fotoasimilados, tanto por tener escasa área foliar como por presentar ésta una baja eficiencia fotosintética, debido a que se compone principalmente de vainas, y no de láminas. De esta manera la planta depende en mayor medida de las reservas de carbohidratos para el rebrote, los que a su vez se encuentran en limitada cantidad, dado que la especie en mayor proporción (Raigrás perenne) no posee órganos especializados para las mismas y acumula reservas en el tercio inferior de las vainas. Como consecuencia, no se logra un rebrote que permita compensar la mayor acumulación de materia seca que alcanzan los tratamientos de mayor asignación de forraje antes del siguiente pastoreo, dado que estos dejan más área foliar remanente luego del mismo. Esto concuerda con lo mencionado por Brougham (1956), Langer (1981), Santiañaque y Morales (1992), Fulkerson y Slack (1995), Donaghy y Fulkerson (1998), Gastal et al. (2004).

La cantidad de forraje disponible es marcadamente menor en el tratamiento de 2,0% de asignación de forraje. Esto se debe a que el tiempo que transcurre entre dos pastoreos sucesivos no es suficiente para que las plantas alcancen un estado de crecimiento adecuado como para acumular reservas de carbohidratos, indispensable bajo pastoreos muy intensos que dejan escasa área foliar remanente. Bajo esta asignación la fase inicial de rebrote está marcada por un lento crecimiento, dado que las hojas parcialmente defoliadas y las que están en las primeras etapas de su desarrollo actúan en un principio como fosas de asimilados, hasta que se expanden completamente y comienzan a ser fuente. Si no hay tiempo suficiente entre pastoreos, como en el caso de la asignación de 2%, la tasa de crecimiento se ve perjudicada, por lo que se reduce el forraje acumulado hasta el siguiente pastoreo, lo que concuerda con resultados de Fulkerson y Slack (1995).

Los tratamientos de mayores asignaciones de forraje (7,0 y 9,5%) no presentaron diferencias entre sí, lo cual se explica por las similares condiciones para el rebrote que presentó la pastura luego de los pastoreos en ambos tratamientos. La cantidad de forraje remanente y la altura del mismo, como se verá más adelante, no presentó diferencias significativas entre dichos tratamientos, por lo que se puede suponer que las reservas de carbohidratos no fueron limitantes para el crecimiento. Esta situación complementada con la mayor cantidad de biomasa luego de cada pastoreo le permitió a ambos tratamientos obtener valores altos de forraje disponible, concordando dicho comportamiento con lo expresado por Langer (1981), Carámbula (2004).

Si se analiza el efecto que las bajas asignaciones de forraje (2,0 %), tienen sobre las distintas especies de la mezcla, se puede concluir que todas las especies se vieron perjudicadas.

Las especies erectas (*Lotus corniculatus* y *Lolium perenne*) vieron limitado su crecimiento ya que el pastoreo es intenso. Consecuentemente, el rebrote es lento debido a que el área foliar remanente para el mismo es escasa, con predominancia de vainas, de baja capacidad fotosintética, y no hay un tiempo de descanso apropiado que permita a las plantas crecer a tasas altas por un tiempo suficiente, como expresan Bryant et al. (1970). El *Lotus corniculatus* se vio afectado debido a que presenta un tallo erecto, lo que implica que en los tratamientos con defoliaciones más severas se retiren además de área foliar, meristemas apicales y axilares, como mencionan Zanoniani y Ducamp (2004), situación que puede ser aún más crítica en los momentos de implantación de esta especie.

Para el caso de *Trifolium repens*, de porte rastrero, si bien se adapta a pastoreos intensos, su crecimiento se vio perjudicado con pastoreos muy severos (2,0% P.V. de asignación) determinando una producción de forraje menor al óptimo, como indica Formoso (1996), Carámbula (2002). Si bien *Trifolium repens* puede beneficiarse por mayor entrada de luz al estrato inferior como consecuencia de pastoreos muy severos, también puede verse perjudicado por la remoción frecuente de zonas meristemáticas, lo cual es mencionado por Gastal et al. (2004).

La altura previa al pastoreo presentó similares tendencias a las mostradas con el forraje disponible; menores en la asignación más baja e incrementándose con ella.

Cuadro No. 3: Efecto de la asignación de forraje sobre la altura del forraje disponible.

Asignación de forraje (% PV)	Altura (cm)
9,5	22,2 a
7,0	21,4 a
4,5	19,0 ab
2,0	15,6 b

Letras diferentes presentan diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,0009$)

Los tratamientos que presentaron un mayor remanente luego del pastoreo son los que alcanzan una mayor altura del disponible al inicio del pastoreo siguiente, resultados que fueron coincidentes con los obtenidos por Olmos (2004), Velasco et al. (2005).

Según Hodgson (1986), la altura de forraje esta relacionada con la cantidad de materia seca disponible. Los factores que explican los efectos que tiene la asignación de forraje sobre la disponibilidad también explican los efectos que tiene sobre la altura.

A continuación se presenta la evolución del forraje disponible previo a la entrada de cada uno de los pastoreos realizados en el experimento (Figura No. 3).

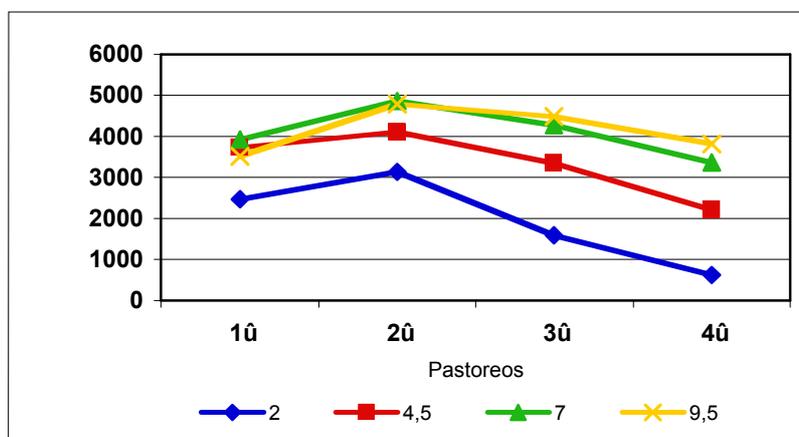


Figura No. 3: Evolución del forraje disponible (Kg MS/ha) al inicio de cada pastoreo.

Es de destacar el elevado disponible que presentaron los distintos tratamientos durante los dos primeros pastoreos, lo que fue consecuencia de un mayor período de crecimiento para el primer pastoreo y excelentes condiciones climáticas para éste y el segundo pastoreo.

A través de la figura presentada, se aprecia que a medida que transcurrieron los pastoreos durante el experimento, el valor de la cantidad de materia seca disponible al momento de ingreso de los animales fue disminuyendo. Dicha disminución es más acentuada en los tratamientos de 2,0% y 4,5% P.V. de asignación de forraje, que poseen una menor pendiente de ascenso entre el primer y segundo pastoreo y una mayor caída (fundamentalmente 2,0 % P.V.) en el tercer pastoreo. Esto concuerda con la fundamentación antes presentada de que mayores intensidades de pastoreo generaron rebrotes lentos, limitando así la capacidad de producir materia seca, lo que se confirma en el análisis de producción de forraje de las distintas asignaciones.

Las bajas cantidades de forraje disponible en el último pastoreo (segunda quincena de noviembre), obtenidas con la asignación de 2%, limitaría la posibilidad de las especies de acumular reservas de carbohidratos y lograr un adecuado desarrollo del sistema radicular para sobrevivir durante el verano y lograr un buen rebrote al inicio del otoño. De esta manera se pondría en riesgo

la persistencia de la pradera. Esto es de particular importancia para el raigrás perenne, especie que domina la pastura como se verá más adelante, ya que presenta un muy pobre crecimiento estival, según Carámbula (2002), y depende en gran medida de las reservas acumuladas durante la primavera para su rebrote otoñal.

4.3 CANTIDAD DE FORRAJE Y ALTURA DEL REMANENTE

Existieron diferencias significativas en la cantidad de forraje remanente entre los distintos tratamientos, observándose mayores remanentes al aumentar la asignación de forraje hasta 7,0%, no habiendo diferencias significativas entre este y la asignación a 9,5%.

Cuadro No. 4: Efecto de la asignación de forraje sobre la cantidad de forraje remanente.

Asignación de forraje (% PV)	Remanente (kg MS/ha)
9,5	2806 a
7,0	2406 a
4,5	1668 b
2,0	635 c

Letras diferentes presentan diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,0001$)

Mayores asignaciones de forraje presentaron mayores remanentes debido a que en éstos la disponibilidad de forraje ofrecida supera la demanda de los animales, de manera que estos consumen a voluntad y parte del forraje queda como excedente. En tratamientos de menor asignación el forraje disponible no alcanza a satisfacer el consumo voluntario de los animales, quedando como remanente únicamente lo que escapa al diente del animal. Estos resultados concuerdan con lo expresado por Cubillos y Mott (1969), Risso y Zarza (1981).

Defoliaciones severas generan plantas con vainas más cortas por lo que la composición del forraje presenta mayor proporción de láminas, una mayor digestibilidad en la dieta y un mayor consumo del forraje, generando de esta

manera un menor remanente, como indican Bryant et al. (1970), Kenneth et al. (1989).

La altura del remanente presentó una tendencia similar que la presentada por la cantidad de forraje remanente, aumentando a medida que aumenta la asignación de forraje, determinando que a mayores asignaciones de forraje queden remanentes de mayor altura.

Cuadro No. 5: Efecto de la asignación de forraje sobre la altura del forraje remanente.

Asignación de forraje (% PV)	Altura (cm)
9,5	13,2 a
7,0	10,6 ab
4,5	8,1 b
2,0	3,7 c

Letras diferentes presentan diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,0001$)

El tratamiento de 2,0% presentó un promedio de altura marcadamente inferior al resto, reafirmando lo dicho anteriormente en referencia a que los animales pastorean hasta donde pueden aprehender el pasto, lo que concuerda con los resultados de ensayos realizados por Jamieson y Hodgson (1979). Además este manejo limita la capacidad de crecimiento de la pastura, ya que como expresa Carámbula (2004), manejos de la pastura que dejen remanentes por debajo de 5 cm de altura, repercuten en la persistencia y productividad de la planta, porque afectan la recuperación de carbohidratos solubles, los que permiten un buen desarrollo del sistema radicular y macollaje.

A continuación se presenta la evolución del forraje remanente luego de cada pastoreo realizado durante el ensayo.

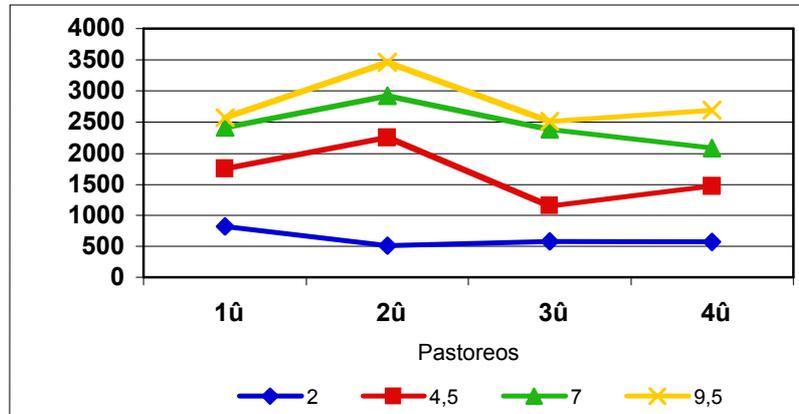


Figura No. 4: Evolución del forraje remanente (Kg MS/ha) luego de cada pastoreo.

Al analizar la evolución de los remanentes luego de los pastoreos que se realizaron durante el ensayo, se observa que el tratamiento de 2,0% de asignación de forraje se mantuvo estable, dejando un valor de materia seca residual bajo y similar en el correr de los pastoreos, lo que estaría indicando que el animal consume hasta su capacidad de aprehender el forraje, consumiendo por lo tanto la máxima cantidad de forraje posible. Los restantes tratamientos presentaron un comportamiento más variable durante los sucesivos pastoreos: aumentan entre el primer y segundo pastoreo lo que evidencia una mayor tasa de crecimiento frente a la de consumo, cayendo entre el segundo y tercero lo que indicaría lo contrario para aumentar finalmente entre el tercero y cuarto pastoreo (a excepción del 7,0% P.V.).

4.4 FORRAJE DESAPARECIDO

La cantidad de forraje desaparecido presentó un comportamiento cuadrático al aumentar la asignación de forraje. Como muestra la figura No. 5, el forraje desaparecido aumentó a tasas decrecientes hasta una asignación de 5,7%, a partir de la cual comenzó a disminuir. Este comportamiento se explica por la relación entre el forraje producido y la capacidad de consumo de los animales en cada asignación de forraje.

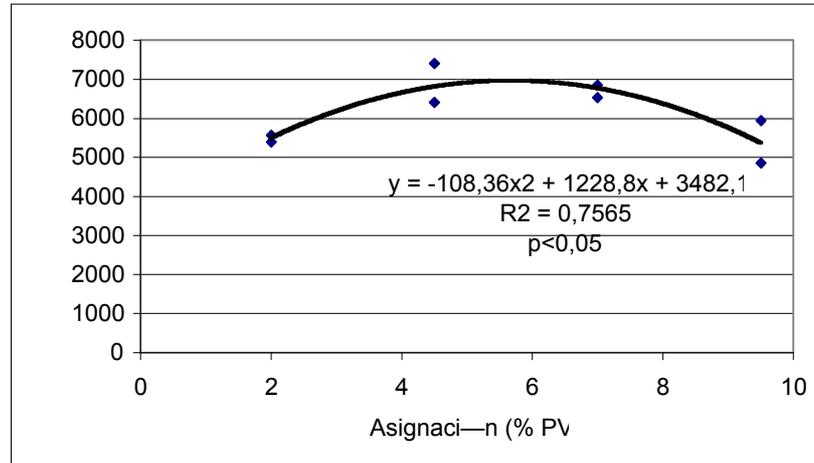


Figura No. 5: Forraje desaparecido según asignación de forraje .

Los tratamientos 2,0% P.V. y 9,5% P.V. de asignación, extremos en asignación de forraje, determinaron una menor cantidad de forraje desaparecido, sin diferencias entre sí, pero en cada caso el consumo estuvo limitado por diferentes causas. Al pastorear al 2,0% de P. V., si bien el porcentaje de utilización de forraje fue alto, el forraje disponible del cual se parte es menor que en los demás tratamientos debido a su menor crecimiento entre pastoreos, limitando el consumo por animal y por hectárea. Al pastorear al 9,5% de P.V., el forraje disponible es mayor, los animales consumen *ad libitum* pero el consumo por hectárea es limitado por la baja carga, lo que coincide con lo dicho por Cubillos y Mott (1969).

Analizando la gráfica se observa que la mayor pendiente se registró al pasar de 2,0 a 4,5% P.V. de asignación de forraje, aumentando 1311 kg/ha el forraje desaparecido. Al aumentar la asignación de 4,5 a 7,0% el desaparecido prácticamente no varía (disminuye tan sólo 43 kg/ha MS). Al pasar de 7,0 a 9,5% la pendiente fue negativa, disminuyendo el desaparecido en 1398 kg/ha de MS. De esta manera, al pastorear con asignaciones entre 4,5 y 7% se registró la mayor cantidad de forraje consumido, sin presentar diferencias entre dichas asignaciones.

4.5 PORCENTAJE DE UTILIZACIÓN

Se observó una disminución en la utilización de forraje a medida que aumenta la asignación. La eficiencia de utilización, al igual que el forraje desaparecido, está determinada por la relación entre la cantidad de forraje ofrecido a los animales y la capacidad de consumo de los mismos. También por características de la pastura como la composición botánica, las cuales a su vez son influenciadas por el régimen de pastoreo, como mencionan Bryant et al. (1970), Heitschmidt (1984).

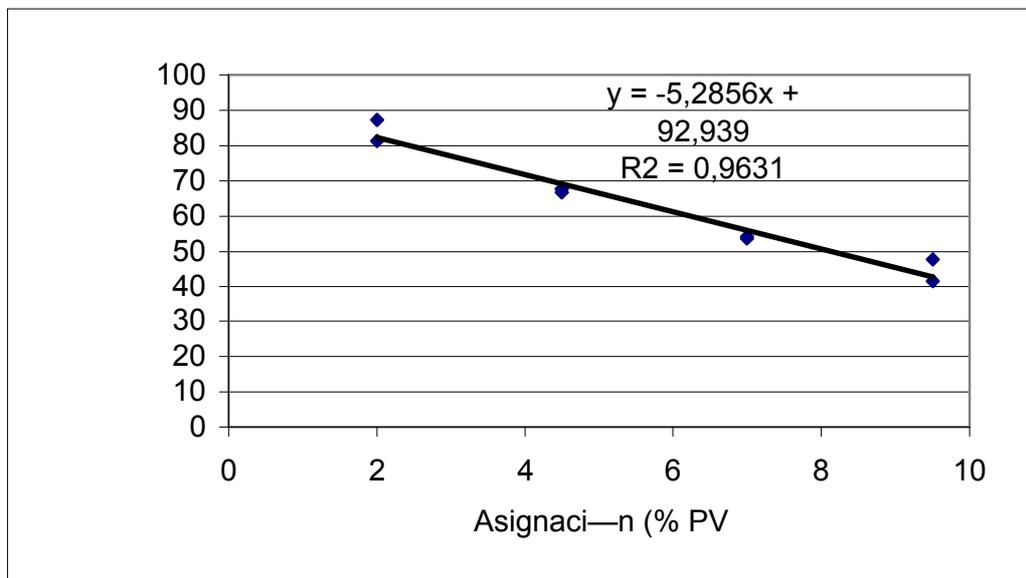


Figura No. 6: Utilización del disponible (kg MS/ha) según asignación de forraje.

El escaso forraje disponible y la alta carga animal determinan una alta utilización, como ocurre con la asignación de 2,0% de P.V. A medida que aumentó la misma, los animales tuvieron mayores oportunidades de selección, por lo que la utilización disminuyó, coincidiendo con lo mencionado por Cubillos y Mott (1969), Gastal et al (2004).

Al aumentar la asignación de forraje y en consecuencia el remanente, aumentó la proporción de tejido senescente, ya que muchas hojas cumplen su vida media antes del siguiente pastoreo, provocando un aumento de la selección de material verde por los animales y disminuyendo la utilización, concordando con lo expresado por Hudson et al. (1977), Langer (1981), Gastal et al. (2004).

4.6 PRODUCCIÓN DE FORRAJE

La acumulación de forraje en sistemas pastoriles es una interacción entre crecimiento, senescencia y consumo. Este enfoque de análisis fue propuesto por Parsons, citado por Gastal et al. (2004).

En la siguiente figura se presenta la producción de materia seca y las tasas de crecimiento promedio e instantánea conforme aumenta la asignación de forraje.

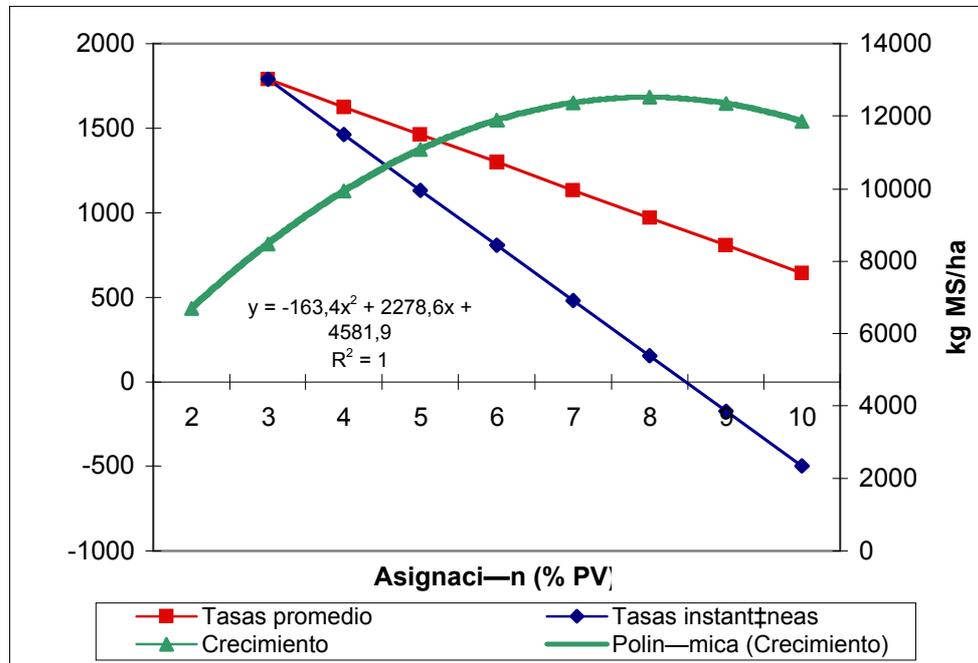


Figura No. 7: Producción de materia seca, tasa de crecimiento promedio e instantánea, según asignación de forraje.

La producción de materia seca aumenta conforme aumenta la asignación de forraje hasta un máximo de 12.524 kg/ha cuando la asignación es de 8,0% P.V., luego de la cual decrece. Al aumentar la asignación de forraje hasta 8,0%, el crecimiento aumenta con incrementos decrecientes. Los mayores incrementos se dan en el tramo comprendido entre 2,0% y 4,5% de P.V.. Desde 4,5% de P.V. hasta el punto de máxima producción los incrementos son marcadamente menores. Con asignaciones mayores al punto máximo hay una disminución creciente en el crecimiento.

La tasa de crecimiento promedio, calculada como el cociente entre el incremento en cantidad de forraje entre una asignación cualquiera menos el punto de partida dividido la diferencia entre ambas asignaciones, disminuye en forma lineal, al aumentar la asignación de forraje. La disminución es de 163 kg/ha por cada aumento porcentual de la asignación.

La tasa de crecimiento instantánea, calculada como el cociente entre la cantidad de forraje entre dos asignaciones sucesivas dividida por la diferencia en valor entre las mismas, también disminuye en forma lineal, con un valor de 327 kg/ha por cada aumento porcentual de asignación. A partir de una asignación de 8,0% de P.V., la tasa es negativa, lo que explica que la máxima producción se genere con dicha asignación.

La producción de biomasa verde siguió una tendencia similar a la de materia seca total, al aumentar la asignación de forraje. Se produjo la máxima cantidad de biomasa verde con 7,9% (Figura No. 8).

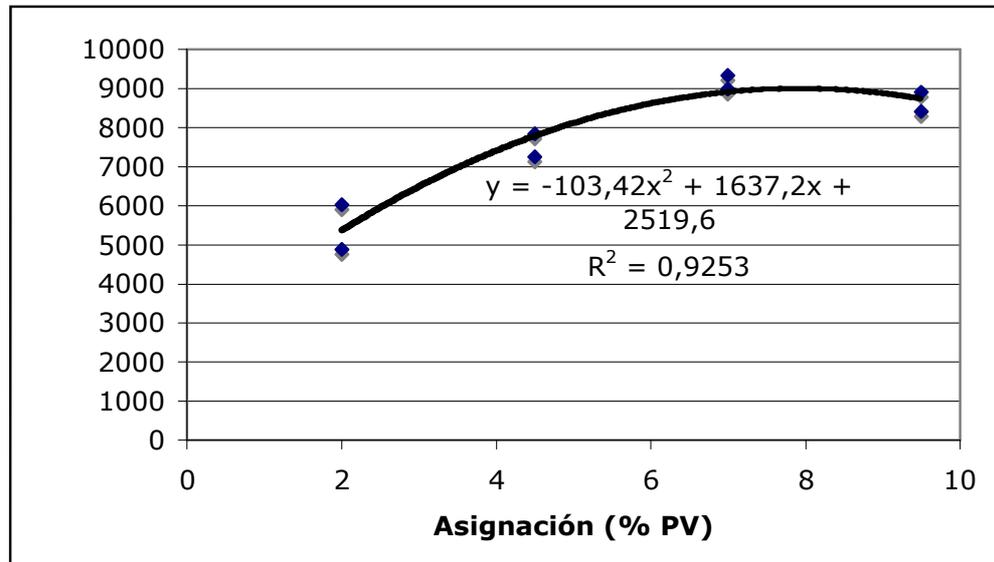


Figura No. 8: Producción de biomasa verde (Kg MS/ha) según asignación de forraje.

El principal parámetro que gobierna la producción de forraje es el IAF promedio al que es mantenida la pastura, como mencionan Gastal et al. (2004). Si se tiene en cuenta lo sucedido en el tratamiento de 2,0% P.V. de asignación, la intensidad con la cual se realizó el pastoreo y la frecuencia entre los mismos, no permitió a la pastura llegar al IAF crítico, por lo cual el promedio de IAF en el mismo es menor, perdiendo capacidad de producción, ya que según Langer (1981), para que una pastura crezca a su tasa máxima tendrá que interceptar toda la energía luminosa que caiga sobre ella. Lo mismo pero en menor medida

sucedería para el tratamiento de 4,5%. Cuando se pasa al valor de 6,0% de P.V. de asignación las tasas de incrementos son menores, por lo cual se estaría llegando al IAF óptimo. Si bien la producción de materia seca acumulada aumentó hasta asignaciones cercanas a 8,0% de P.V., la misma incluye una proporción de tejido senescente, lo que indica que se manejó por encima del IAF óptimo.

Además, el rebrote depende no solo de la capacidad fotosintética del remanente, sino también de las reservas de carbohidratos que posean las plantas, existiendo una interacción entre ambos factores (Langer, 1981). En casos donde el remanente luego del corte es bajo (bajas asignaciones), el rebrote depende principalmente de las reservas de carbohidratos, de manera que la producción de materia seca se ve limitada.

Si la intensidad de pastoreo es tal que provoque la disminución de la producción de fotoasimilados, no se destina lo suficiente para mantener el sistema radicular activo, retardando el crecimiento del mismo, con lo cual se perjudica el crecimiento de toda la planta. Esto último afecta negativamente la producción ya que muchas plantas, al ser más débiles, mueren ante situaciones adversas o son arrancadas por los animales durante el pastoreo, lo cual es coincidente con Donaghy y Fulkerson (1998).

Ambas situaciones mencionadas anteriormente ocurrieron en el tratamiento de menor asignación de forraje, el cual registró la menor producción. Presentó menor número de plantas por la debilidad de sus macollos y los efectos del pisoteo por la elevada carga, aspecto acentuado en los pastoreos ocurridos en condiciones de precipitaciones, coincidiendo con lo expresado por Carámbula (2004).

Además, el bajo crecimiento de este tratamiento pudo deberse también a que defoliaciones intensas afectaron de forma negativa la tasa de aparición foliar, como lo expresa Gastal et al. (2004).

Con asignaciones cercanas al 8,0% la producción de forraje acumulada total fue máxima, pero con mayores asignaciones la producción no continúa aumentando sino que decrece, ya que la tasa de senescencia aumenta en gran medida y la tasa de crecimiento disminuye. Esto se debe a que las hojas

remanentes luego del pastoreo presentan un promedio de edad alto y muchas senescen antes de la siguiente defoliación. Se debe tener en cuenta que el raigrás perenne mantiene únicamente tres hojas vivas por macolla, y si continúa creciendo una vez que alcanza dicho número de hojas, como ocurre con asignaciones altas, una hoja senesce por cada hoja nueva que comienza a crecer, acumulándose restos secos. Esto es sostenido por Agnusdei et al. (1998a). Durante la primavera, este efecto fue más acentuado, ya que, según afirman Agnusdei et al. (1998a), la vida media foliar es afectada por la temperatura ambiental; a medida que aumenta la misma, la vida media es menor.

Además, debido al sombreado que provocó el estrato superior del forraje con disponibilidades altas, el área foliar remanente luego del pastoreo está constituida por hojas viejas y parcialmente descompuestas, por lo que su valor como área fotosintética es bajo. La mayor cantidad de material senescente también afectó la producción debido a que las hojas maduras, a medida que envejecen, pierden eficiencia en transportar fotoasimilados hacia las hojas nuevas, concordando con lo establecido por Carámbula (2002). De esta manera, la eficiencia fotosintética del forraje disminuye, impidiendo que se siga acumulando forraje verde.

4.7 COMPOSICIÓN BOTÁNICA

Los principales componentes de la pastura y su presencia y contribución a la disponibilidad de forraje al inicio del experimento se presentan en la Figura No. 9.

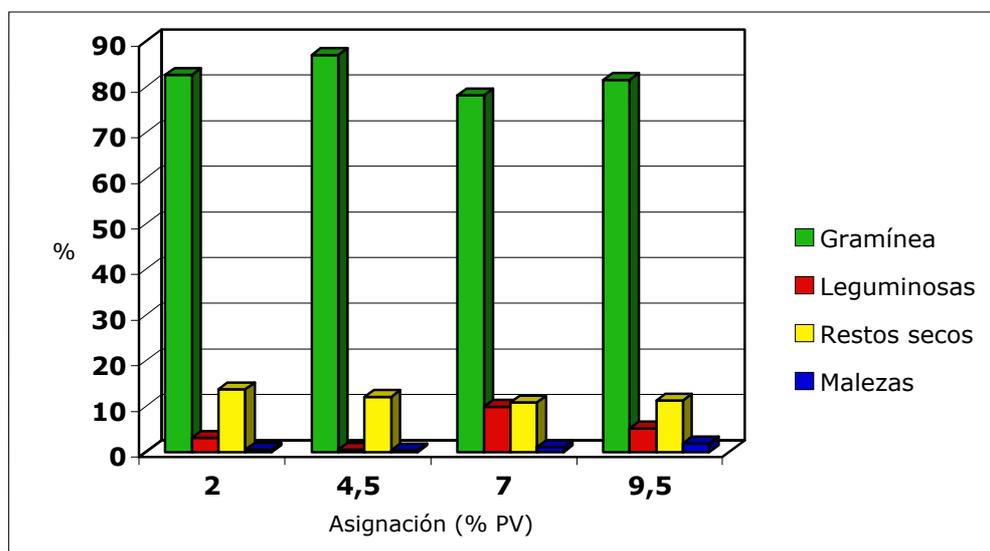


Figura No. 9: Proporción de los distintos componentes de la pastura al inicio del experimento (como % del total de MS disponible).

La composición botánica de los distintos tratamientos, al inicio del ensayo, fue similar. El componente gramínea presentó los valores porcentuales más elevados, notoriamente superiores a los de los restantes componentes y siendo por consiguiente, el principal contribuyente de forraje para el pastoreo animal. Las leguminosas, fundamentalmente T. blanco, en cambio, contribuyeron mínimamente al forraje disponible para el animal, no superando el 10% del total de materia seca en ningún tratamiento. Los restos secos presentaron valores porcentuales mayores a los de las leguminosas, representando para todos los tratamientos aproximadamente el 10 % del total de materia seca. Las malezas constituyeron un porcentaje despreciable de la materia seca total, no alcanzado el 1% en promedio.

Los resultados coinciden con Harris y Thomas (1973), quienes afirman que durante el periodo de establecimiento de la pastura, existe un efecto de dominancia del raigrás perenne sobre el trébol blanco. Esto fue debido a que es una especie de fácil establecimiento, precoz, de rápida germinación y acelerada brotación, concordando con lo expresado por Betín (1975), Talamucci (1975), Langer (1981), Carámbula (2002). A su vez, el trébol blanco presenta bajo vigor inicial y establecimiento lento, siendo además, una especie que no tolera la sombra, por lo que pudo ser afectado al crecer en competencia con el raigrás

perenne. Esto concuerda con lo enunciado por Langer (1981), Turkington (1983). Gran cantidad de trabajos experimentales aseveran que el trébol es una planta que demanda luz y esto es vital para ser competitiva frente a las otras especies que componen la pastura. Estas características pueden haber contribuido a generar el desbalance encontrado en la mezcla.

Contrariamente, Carámbula (1991) sostiene que la mayoría de las pasturas cultivadas presentan desde la implantación un desequilibrio acentuado a favor de las leguminosas. Los resultados del experimento muestran un claro dominio de la fracción gramínea a causa de una falla en la implantación de la fracción leguminosa (Cuadro No. 6).

Cuadro No. 6: No. de plantas a los 40 días de la siembra.

Especie	Plantas/m²
Raigrás	178
T.Blanco	88
Lotus	32

Además, el inicio tardío del pastoreo, sumado a las altas temperaturas con respecto a la media histórica del mes de Julio, provocaron un rápido crecimiento y sombreado del raigrás perenne, perjudicando a la fracción leguminosa. Esto concuerda con lo mencionado por Johns (1964), Langer (1981). Según Hutchings y de Kroon (1994), las especies de rápido crecimiento y que ubican sus hojas en el estrato superior de la pastura (como el raigrás perenne), pueden fotosintetizar más rápidamente y perjudicar a las demás especies de la pastura por sombreado.

En el Cuadro No. 7 se presenta la composición botánica promedio del período que duró el ensayo.

Cuadro No. 7: Proporción de los distintos componentes de la pastura según asignación de forraje.

Asignación (% PV)	Gramíneas (%)	Leguminosas (%)	Restos secos (%)	Malezas (%)
2,0	69,5	9,9	20,0 b	0,6
4,5	62,8	6,2	30,9 a	0,1
7,0	62,3	9,9	26,9 ab	0,8
9,5	59,3	8,7	30,7 a	1,3

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

La composición botánica promedio del período de pastoreo, en relación a la composición botánica inicial, registró un aumento de la fracción restos secos y una disminución de la fracción gramínea. La fracción leguminosas y la fracción malezas no muestran cambios en su proporción en la mezcla. Harris y Tomas (1973) sustentan este comportamiento, ya que mencionan que los efectos de competencia en la época de establecimiento continúan en la primavera y principio del verano del primer año de la pradera.

Por otra parte, no existieron diferencias significativas en la composición botánica promedio, salvo en la fracción restos secos, entre las diferentes asignaciones de forraje. La menor presencia de restos en el tratamiento de 2,0 % P.V de asignación de forraje se debió a un mayor consumo por parte del animal ya que no disponía de gran posibilidad de selección. Es de destacar que el valor cercano al 20 % de este tratamiento se puede considerar como alto y fue debido a la mayor presencia de restos de plantas muertas como producto de la alta intensidad de defoliación. En los tratamientos de mayor asignación la fracción restos secos estaba compuesta fundamentalmente por restos de hojas, lo cual es consecuencia de la mayor acumulación de biomasa entre pastoreos.

Ciertos autores, como Johns (1974), Langer (1981), Turkington (1983), afirman que pastoreos aliviados reducen el contenido de trébol blanco debido a la presencia de un mayor remanente, el cual provoca sombreado. Sin embargo la falta de diferencias encontradas entre tratamientos, al igual que los bajos porcentajes, indican la conjunción de más factores actuando sobre el componente leguminosa, como problemas de implantación, de desarrollo y crecimiento durante el establecimiento.

Las siguientes figuras (Figura No. 10, 11, 12 y 13) se aprecia la evolución de las distintas fracciones que componen la mezcla a lo largo de los sucesivos pastoreos, para cada una de las asignaciones de forraje.

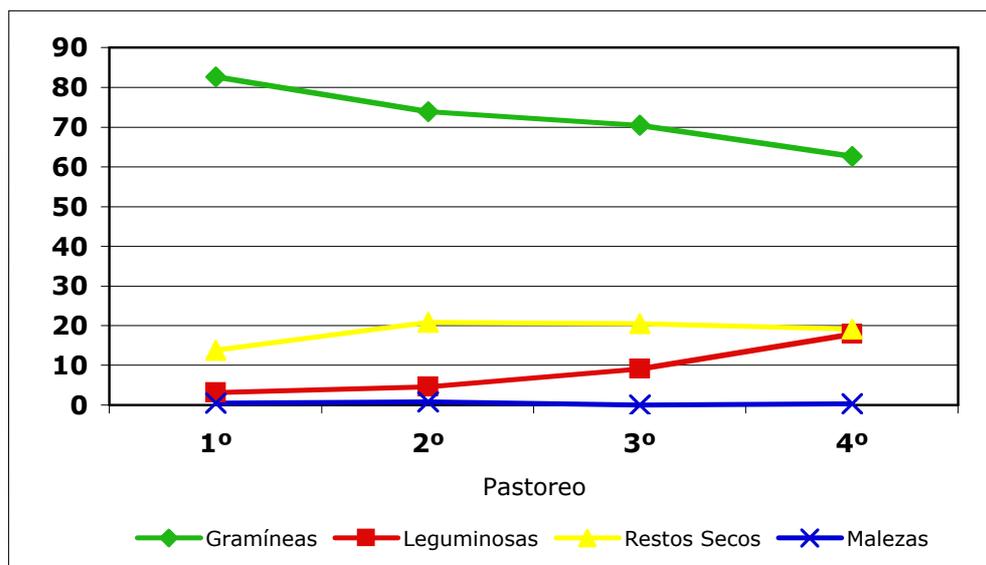


Figura No. 10: Evolución de la composición botánica en el tratamiento de asignación de forraje de 2,0%.

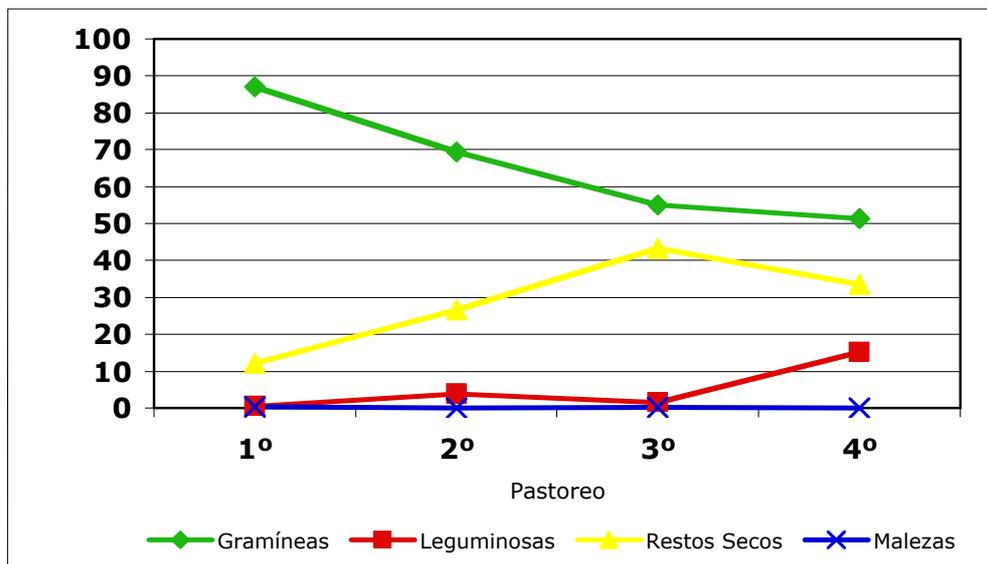


Figura No. 11: Evolución de la composición botánica en el tratamiento de asignación de forraje de 4,5%.

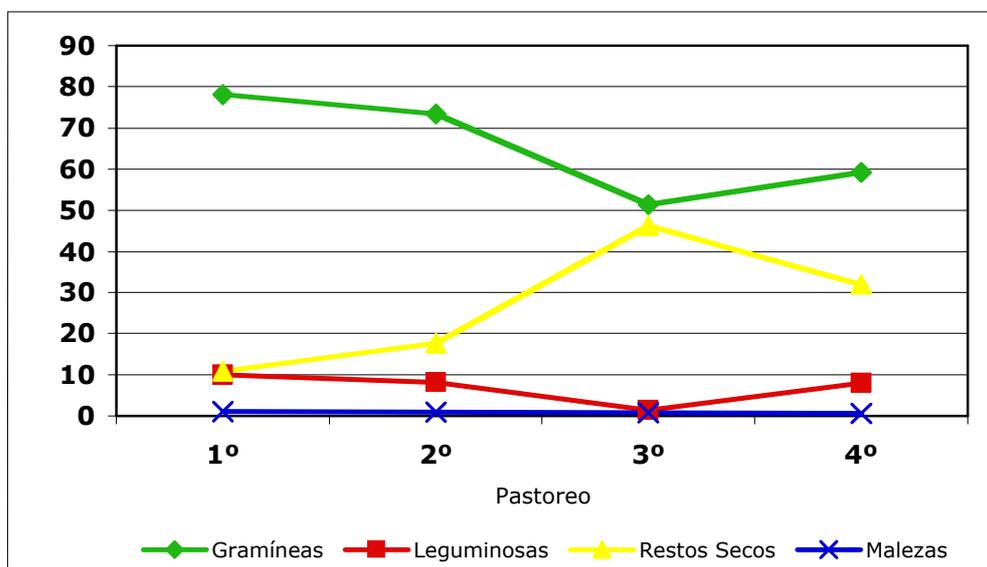


Figura No. 12: Evolución de la composición botánica en el tratamiento de asignación de forraje de 7,0%.

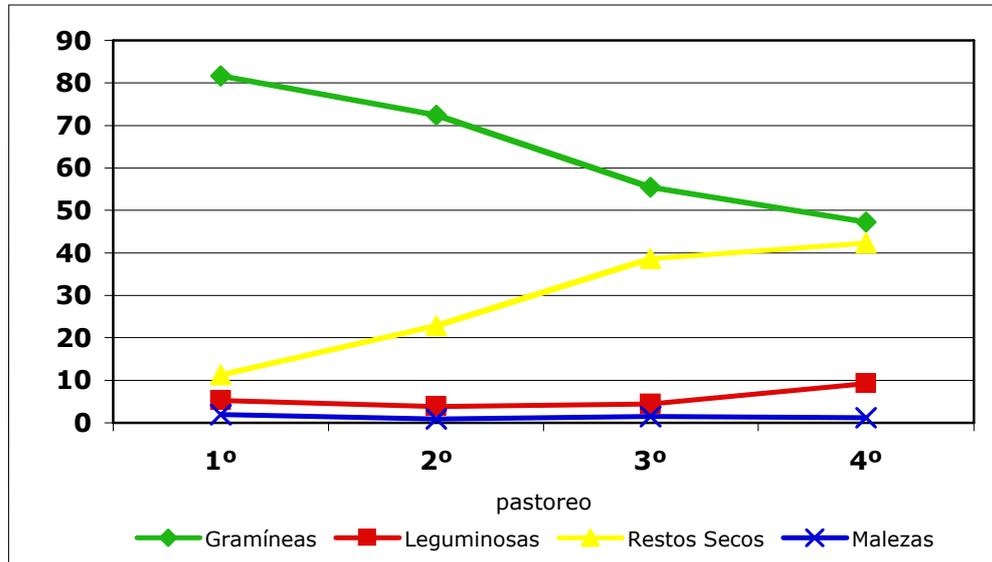


Figura No. 13: Evolución de la composición botánica en el tratamiento de asignación de forraje de 9,5%.

La fracción gramínea disminuyó en todos los tratamientos con el transcurso de los pastoreos. La disminución fue leve en el tratamiento de 2,0% y más acentuada en los tratamientos de mayor asignación de forraje.

El componente restos secos tuvo un comportamiento inverso a las gramíneas. Aumentó a lo largo del período evaluado, en forma más marcada al aumentar la asignación de forraje. En el tratamiento de 2,0% de asignación se registró el menor incremento (10%).

El aumento de los restos secos se explica por el mayor crecimiento de la pastura al avanzar el período de evaluación, ya que la temperatura fue en aumento y consecuentemente la vida media foliar disminuyó, como fue mencionado anteriormente. Además las plantas con el transcurso de los pastoreos ingresaron a la etapa reproductiva, alargando sus entrenudos y generando en consecuencia un mayor sombreado sobre los esteros inferiores de la pastura, provocando de esta manera la muerte anticipada de hojas maduras y su rápida descomposición, como indica Carámbula (2002).

Los restos secos se componían principalmente de hojas senescentes de gramíneas, ya que las gramíneas representaban una proporción muy alta (80% al inicio) de la pastura. Esto explica la asimetría que se aprecia en la evolución de ambas fracciones. Es de destacar la variación creciente de esta fracción en el tratamiento de 9,5 % de P.V. hasta el último pastoreo, lo que estaría indicando que fue el único en el cual la expresión de una alta selectividad se mantuvo hasta finalizar el experimento.

Las leguminosas, a diferencia de las gramíneas, tienden a aumentar su proporción a medida que suceden los pastoreos, salvo en el tratamiento de 7,0% de asignación. El aumento ocurre principalmente con bajas asignaciones de forraje, siendo muy leve en el tratamiento de 9,5%. Esto sucede debido a que con bajas asignaciones, el rebrote del trébol blanco se ve favorecido frente al del raigrás, por hacer un uso eficiente de la luz luego de los pastoreos por su menor IAF crítico, y porque el pastoreo remueve principalmente hojas viejas de trébol blanco y hojas nuevas de raigrás por la morfología de las plantas, lo que concuerda con lo expresado por Gastal et al. (2004).

En cuanto al enmalezamiento, no presentó una proporción relevante con ningún tratamiento en el período evaluado. Esto demuestra que se logró un control efectivo durante la implantación de la pradera y que la cobertura de las especies sembradas impidió que las malezas pudieran competir.

A pesar de la buena producción que presentó la pradera no se logró una adecuada relación entre gramíneas y leguminosas en ningún tratamiento debido a una mala implantación de estas últimas.

4.8 PRODUCCIÓN ANIMAL

Al igual que para las variables de la pastura, tampoco existió diferencias significativas para la suplementación energética, lo cual difiere de lo expresado por Damonte et al. (2004). Esto se pudo deber a que el período de evaluación no abarcó un rango de días invernales muy extenso, a las severas condiciones climáticas y a la buena calidad presentada por el raigrás perenne previo al pastoreo.

Existió un efecto de la asignación de forraje sobre la producción animal individual y por hectárea (Figura No. 13), manifestándose una asociación negativa entre ambas variables.

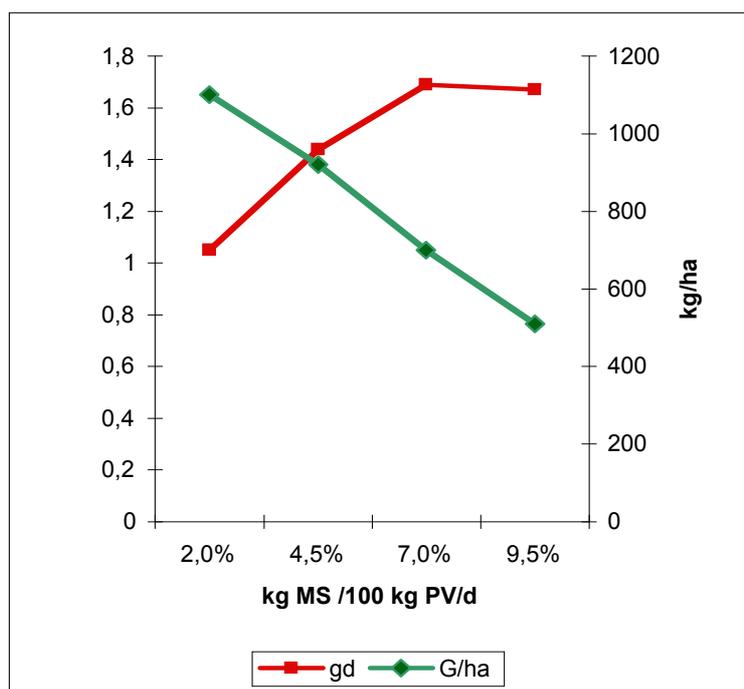


Figura No. 14: Ganancia diaria por animal y ganancia por hectárea según la asignación de forraje.

Al aumentar la asignación de forraje se registró un aumento en la ganancia diaria por animal, alcanzando el máximo con la asignación de 7,0% de P.V., no variando al aumentar la asignación a 9,5% de P.V. La ganancia por hectárea en cambio, aumentó al disminuir la asignación de forraje, este comportamiento observado concuerda con el mencionado por Mott (1960).

Pastoreando al 2% de asignación, se obtuvo la ganancia de peso por hectárea más alta, con buenas ganancias por animal, sin embargo la misma se realizó a un alto costo de la productividad de la pastura, ya que la misma

presentó la menor producción de forraje y la mayor proporción de suelo descubierto (apreciado visualmente), producto del alto pisoteo, al finalizar el experimento, lo que comprometería su productividad futura. Se debe tener en cuenta que este tratamiento fue el que mantuvo por menor tiempo la carga animal ya que los mismos debieron ser retirados entre 20 y 30 días antes que el resto de las asignaciones.

La utilización de asignaciones entre 4,5 y 6,0 % permitirían una adecuada ganancia por animal y por hectárea y un buen comportamiento de la pastura que no pondría en riesgo su persistencia futura.

Los resultados obtenidos coinciden con lo expresado por Cubillos y Mott (1969), quienes manifiestan que a medida que disminuye la presión de pastoreo existe un aumento en el producto animal expresado como ganancia diaria de peso individual. 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. Aumentos sucesivos en la carga provocaron a partir de la asignación de 7,0%, disminuciones en la ganancia individual.

Esto pudo deberse a una mayor proporción de restos secos, vainas y tallos florales en las asignaciones más altas que no permitió una dieta tan balanceada como sí sucedió hasta la asignación de 7,0% del peso vivo.

Producción por hectárea aumentó a medida que se acrecentó la carga. Esto ocurre porque la tasa de incremento en la carga es mayor que la tasa de disminución en la producción por animal. Mott (1960) expresa que luego del mencionado aumento, la producción por hectárea también desciende, a causa del marcado descenso en la producción por animal, pero esto no ocurrió durante el período en que duró el experimento.

Esto último se debió a que las ganancias individuales a bajas asignaciones fueron altas y, aún con la asignación más baja evaluada, la tasa de aumento de la carga fue superior a la disminución de la tasa de ganancia individual.

Los elevados valores de ganancia individual, inclusive en las asignaciones más bajas, pudieron deberse a que el raigrás perenne cultivar Horizon es tetraploide y como tal presenta ciertas características como alto contenido de carbohidratos solubles y proteínas, lo cual define una muy buena calidad de forraje, además de brindarle a la pastura una mayor palatabilidad y por ende mayor consumo, según lo describen Alder (1964), Langer (1981).

Las altas ganancias pueden deberse también a la existencia de crecimiento compensatorio, ya que los animales tuvieron un período de restricción alimenticia previo al comienzo del ensayo.

La mayor producción animal por hectárea al pastorear al 2,0% comparado con 4,5%, siendo que la cantidad de forraje desaparecido es menor, muestra que hubo una mayor eficiencia de conversión de forraje en producto animal al pastorear al 2,0%.

Los tratamientos de mayor asignación fueron los que presentaron mayores alturas de forraje remanente luego del pastoreo, lo que estuvo relacionado con mayores ganancias animales. Como lo expresa Hodgson (1990) en uno de sus trabajos, 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.

5. CONCLUSIONES

El nivel de suplementación energética animal no presentó efectos estadísticamente significativos en ninguna de las variables analizadas. Tampoco hubo interacción entre asignación de forraje y nivel de suplementación.

La cantidad de forraje disponible aumentó 2200 kg/ha, aproximadamente, al variar la asignación de 2% a 7% de PV. El forraje remanente aumentó 1770 kg/ha, aproximadamente, para el mismo incremento de asignación, no registrándose diferencias significativas al pasar de 7% a 9,5% para las variables mencionadas.

La altura de forraje disponible aumenta hasta 4,5% de asignación. En cambio la del remanente aumenta hasta una asignación de 7%. De esta manera se vio una relación positiva entre la altura del forraje y la cantidad de materia seca tanto para disponible como remanente.

La cantidad de forraje desaparecido presentó un comportamiento cuadrático al aumentar la asignación, alcanzando el máximo con 5,7% de asignación. Al pastorear con asignaciones entre 4,5 y 7% se registró la mayor cantidad de forraje consumido, sin presentar diferencias entre dichas asignaciones.

La utilización de forraje disminuyó a medida que aumentó la asignación de forraje, mostrando un comportamiento lineal.

La producción de materia seca y de biomasa verde se incrementan en forma similar al aumentar la asignación de forraje, hasta un máximo cuando la asignación es de 8,0% del P.V., luego del cual decrece. Los mayores incrementos se dan al aumentar la asignación entre 2 y 4,5%. Por cada aumento porcentual de la asignación, al variar la misma entre 2 y 9,5%, la tasa de crecimiento se reduce en 327 kg/ha/1% P.V.

No existieron diferencias significativas en la composición botánica promedio durante el período del ensayo entre las diferentes asignaciones de forraje, salvo en la fracción restos secos.

La fracción gramínea disminuyó en todos los tratamientos con el transcurso de los pastoreos. La disminución fue leve en el tratamiento de 2% y más acentuada en los tratamientos de mayor asignación de forraje.

El componente restos secos tuvo un comportamiento inverso al de las gramíneas.

Las leguminosas tienden a aumentar su proporción en los tratamientos de menor asignación a medida que suceden los pastoreos.

El enmalezamiento no presentó una proporción relevante en ningún tratamiento en el período evaluado.

Con aumentos en la asignación de forraje se registró un aumento en la ganancia diaria por animal, alcanzando el máximo con la asignación de 7% de P.V. La producción animal por hectárea aumentó al disminuir la asignación de forraje, presentando una respuesta lineal.

En el tratamiento de 2% de asignación de forraje se obtuvo la ganancia de peso por hectárea más alta, presentando además buenas ganancias de peso por animal, si bien fueron más bajas que con asignaciones mayores. Sin embargo, se afectó la producción de la pastura en el período evaluado y se puso en riesgo la persistencia de la misma. Fue el tratamiento que presentó mayor porcentaje de utilización pero, junto con el tratamiento de 9,5%, el menor valor de forraje desaparecido. Al finalizar el ensayo, fue el tratamiento con mayor porcentaje de leguminosas, y durante el mismo, tuvo menor proporción de restos secos que los demás tratamientos.

El tratamiento de 4,5% presentó una alta producción animal por hectárea con altas ganancias por animal, sin perjudicar la persistencia y productividad

futura de la pastura. Si bien presenta un elevado porcentaje de utilización y la mayor cantidad de forraje desaparecido junto con el tratamiento de 7%, la producción animal es menor que con 2% de asignación, lo que muestra que hubo una mayor eficiencia de conversión de forraje en producto animal en el tratamiento de 2%.

Los tratamientos de 7 y 9,5% de asignación presentaron la mayor producción de forraje, sin diferencia entre sí. Pero la utilización del mismo y el forraje desaparecido es mayor al pastorear al 7%. La proporción de restos secos y el aumento de la misma a lo largo del ensayo fue mayor con 9,5% de asignación. La ganancia de peso individual no mostró diferencias entre ambos tratamientos, de manera que la producción animal por unidad de superficie fue mayor en el tratamiento de 7%, aunque menor en ambos en comparación a los tratamientos de menor asignación.

Finalmente, se puede decir que al disminuir la asignación de forraje se favorece la utilización del mismo, pero se provoca un descenso en la producción de materia seca y se pone en riesgo la persistencia de la pastura. Por otro lado, aumenta la ganancia de peso animal por hectárea. Al pastorear dentro de un rango de asignaciones medias, entorno a 5% se logran altas producciones animales individuales y por unidad de superficie, manteniendo un adecuado estado de la pastura.

6. RESUMEN

El presente trabajo se llevó a cabo en la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” (Facultad de Agronomía, Universidad de la República; Paysandú, Uruguay), durante el período comprendido entre el 26/7/2006 y el 1/12/2006. Se estudió el efecto de cuatro asignaciones de pastoreo y de la suplementación energética sobre la productividad, utilización y composición botánica de una pradera de *Lolium perene*, *Trifolium repens* y *Lotus corniculatus*. También se evaluó el efecto sobre la ganancia de peso de novillos de raza Holando. El diseño experimental utilizado fue el de bloques completos al azar. Los tratamientos fueron un arreglo factorial de cuatro asignaciones de forraje: 2; 4,5; 7 y 9,5 kg de materia seca ofrecida cada 100 kg de peso vivo por día (kg MS/100 kg PV/día) y de dos niveles de suplementación con grano de sorgo: 0 y 1% del peso vivo. Se utilizaron 72 novillos en crecimiento, de raza Holando, con un peso promedio inicial de 234 kg. Se ajustó la asignación de forraje mediante la técnica de “put and take”. El nivel de suplementación energética animal no presentó efectos estadísticamente significativos en ninguna de las variables analizadas. Tampoco hubo efectos significativos de la interacción entre asignación de forraje y nivel de suplementación. La cantidad de forraje disponible y remanente aumentó al variar la asignación de 2% a 7% de PV, no registrándose diferencias significativas al pasar de 7% a 9,5%. La altura de forraje disponible aumenta hasta 4,5% de asignación. La altura del remanente aumenta hasta una asignación de 7%. La cantidad de forraje desaparecido presentó un comportamiento cuadrático al aumentar la asignación, aumentando hasta alcanzar el máximo con 5,7% de asignación y descendiendo luego del mismo. La utilización de forraje disminuyó a medida que aumentó la asignación. La producción de materia seca y de biomasa verde se incrementan en forma similar al aumentar la asignación de forraje, hasta un máximo cuando la asignación es de 8,0% del P.V., luego del cual decrece. No existieron diferencias significativas en la composición botánica promedio entre las diferentes asignaciones de forraje, salvo en la fracción restos secos. La fracción gramínea disminuyó y la fracción restos secos aumentó en todos los tratamientos con el transcurso de los pastoreos. Las leguminosas tienden a aumentar su proporción en los tratamientos de menor asignación a medida que suceden los pastoreos. El enmalezamiento no presentó una proporción relevante en ningún tratamiento. Con aumentos en la asignación de forraje se registró un aumento en la ganancia diaria por animal, alcanzando el máximo con la asignación de 7% de P.V. pero la producción animal por hectárea aumentó al disminuir la asignación de forraje, presentando una respuesta lineal.

Palabras clave: Asignación de forraje; Intensidad de pastoreo; Suplementación; Producción de pasturas; Utilización de pasturas; Raigrás perenne; Pradera mezcla.

7. SUMMARY

The present study was held in *Estación Experimental "Dr. Mario A. Cassinoni"* (*Facultad de Agronomía, Universidad de la República; Paysandú, Uruguay*), in the period between the 26/7/2006 and the 1/12/2006. The purpose of the study was to evaluate the effect of four different grazing intensities and of supplementation, on the productivity, utilization and botanic composition of a *Lolium perenne*, *Trifolium repens* and *Lotus corniculatus* pasture. The effect on the weight gain of Holando steers was also evaluated. The experimental design used was randomized complete blocks. The treatments were a factorial arrangement of four forage allowances: 2; 4,5; 7 and 9,5 kg of dry matter offered per 100 kg live weight per day (kg DM/100 kg LW * day) and of two levels of supplementation with sorghum grain: 0 y 1% of the live weight. Seventy two young Holstein breed steers were used, with a mean live weight of 234 kg. The forage allowance was adjusted using the "put and take" method. The energetic supplementation level did not show significant effects on none of the studied variables. There were no significant effects of the interaction between forage allowance and supplementation level either. The amount of available and remanent forage increased when the forage allowance increased from 2% to 7% LW, showing no differences when the forage assignment increased from 7% to 9,5% LW. The available forage height increased when the allowance increased up to 4,5%. The remanent forage height increased when the allowance increased up to 7%. The amount of disappeared forage showed a quadratic response while the allowance increased, increasing up to an allowance of 5,7% and decreasing with higher allowances. The forage utilization decreased when the forage allowance increased. The dry matter and green biomass production increased in a similar way when the forage allowance increased up to 8,0%, decreasing with higher forage allowances. There were no significant differences in the botanic composition of the pasture with the different forage allowances, except for the senescent fraction. The grasses fraction decreased and the senescent fraction increased in all the treatments with the succeeding grazings. The legums tend to increase its proportion in the lower forage allowance treatments with the succeeding grazings. The weeds proportion was not relevant in any treatment. While the forage allowance increased up to 7%, the steers daily weight gain increased but the animal production per hectare increased while the forage allowance decreased, with a linear behaviour.

Key words: Forage allowance; Grazing intensity; Supplementation; Pasture production; Pasture utilization; Perennial ryegrass; Grass-legume pasture.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. AGNUSDEI, M.; COLABELLI, M.; MAZZANTI, A.; LAVREVEUX, M. 1998a. Fundamentos para el manejo de pastizales y pasturas cultivadas de la pampa húmeda bonaerense. Argentina. EEA INTA Balcarce. Boletín Técnico no. 147. 16 p.
2. _____.; _____.; _____.; _____. 1998b. El proceso de crecimiento y desarrollo de gramíneas forrajeras como base para el manejo de la defoliación. Argentina. EEA INTA Balcarce. Boletín Técnico no. 148. 21 p.
3. ALLEGRI, M. 1982. Algunas consideraciones sobre la investigación en utilización de pasturas. Miscelánea CIAAB. no. 39: 1-3.
4. ARENS , R.; MINDERHOUD, J. W. 1972. The suitability of perennial ryegrass seed for use in highland areas. *Wirtschaftreigne Futter* 18 (1): 61-76. (Original no consultado; compendiado en *Herbage abstracts*. 43 (10): 2694. 1973).
5. AVENDAÑO, J. C.; BORELL, R.; CUBILLOS, C. 1986. Período de descanso y asignación de forraje en la estructura y la utilización de varias especies de una pradera naturalizada. *Turrialba*. 36 (2): 137-148.
6. AYALA TORALES, A.; ACOSTA, G.; DEREGIBUS, V. A. CABRINI, S. 1995. Efecto de la modalidad de defoliación y de la fertilización fosforada en pasturas integradas por *Lotus corniculatus* L. 1. Características productivas de la leguminosa. In: Congreso argentino de producción animal (19º, 1995, Mar del Plata, Argentina). Resúmenes. s.n.t. *Revista Argentina de Producción Animal*. 15 (1): 77-80.
7. AZANZA, A.; PANISSA, R.; RODRIGUEZ, H. 2004. Evaluación de la fertilización nitrogenada de campo natural bajo pastoreo de vacunos en

período primaveral. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 83 p.

8. BARTHAM, G. T.; BOLTON, G. R.; ELSTON, D. A. 1999. The effects of cutting intensity and neighbour species on plants of *Lolium perenne*, *Poa annua*, *Poa trivialis* and *Trifolium repens*. *Agronomie*. 19 (6): 445-456.
9. BETIN, M. 1975. Perennial ryegrass and its cultivars. *Fourrages* no. 64: 167-172.
10. BRISKE, D. D. 1996. Strategies of plant survival in grazed systems: a functional interpretation. In: Hodgson, J.; Illius, A. W. eds. *The ecology and management of grazing systems*. s.l., UK, CAB International. pp. 37-67.
11. BROUGHAM, R. W. 1956. Effect of intensity of defoliation on regrowth of pasture. *Australian Journal of Agricultural Research*. 7: 377-387.
12. _____. 1958. Interception of light by the foliage of pure and mixed stands of pasture plants. *Australian Journal of Agricultural Research*. 9 (1): 39-53.
13. _____. 1959. The effects of frequency and intensity of grazing on the productivity of pastures of short-rotation rye grass and red and white clover. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 2: 1232-1243.
14. BRYANT, H. T. 1970. Symposium on pasture methods for maximum production in beef cattle; effect of grazing management on animal and area output. *Journal of Animal Science*. 30: 153-158.
15. CAMLIN, M. S. 1982. Competitive ability of cultivar of perennial ryegrass (*Lolium perenne*). *Occasional Symposium of the British Grass Lands*

Society. no. 13: 137-142. (Original no consultado; compendiado en Herbage Abstracts. 52 (8): 3390. 1982).

16. CARÁMBULA, M. 1991. Aspectos relevantes para la producción forrajera. Uruguay. Treinta y Tres, INIA. 46 p. (Serie Técnica no. 19).
17. _____. 2000. Cultivares forrajeros. El primer insumo de una pastura. Uruguay. Treinta y Tres, INIA. s.p. (Boletín de Divulgación no. 71).
18. _____. 2002. Pasturas y forrajes; potenciales y alternativas para producir forraje. Montevideo, Hemisferio Sur. t.1, 357 p.
19. _____. 2004. Pasturas y forrajes; manejo, persistencia y renovación de pasturas. Montevideo, Hemisferio Sur. t.3, 413 p.
20. CAPUTA, S. 1974. Development of the botanical composition of pastures sown as pure stands or as a complex mixture. *Landwirtschaftliche Forschung*. 13 (1/2): 77-89. (Original no consultado; compendiado en Herbage Abstracts. 45 (9): 3412. 1975).
21. CARRILLO, J.; ORBEA, J. R. 1968. Production curves in fertilized perennial ryegrass white clover mixtures. Argentina. EEA INTA Balcarce. Boletín Técnico no. 73. 13 p.
22. CAYLEY, J. W. D.; BIRD, P. R. 1991. Techniques for measuring pastures. s.l., Pastoral Research Institute. Department of Agriculture. s.p.
23. COOK, S. J.; LAZENBY, A.; BLAIR, G. J. 1976. Comparative responses of *Lolium perenne* and *Bothriochloa macra* to temperature, moisture, fertility and defoliation. *Australian Journal of Agricultural Research*. 27 (6): 769-778.

24. CUBILLOS, G. F.; MOTT, G. O. 1969. La influencia de la presión de pastoreo sobre la producción de carne de novillos en praderas de alfalfa y bromo. *Agricultura Técnica*. 29 (4): 178-185.
25. CURLL, M. L.; WILKINS, R. J. 1982. Frequency and severity of defoliation of grass and clover by sheep at different stocking rates. *Grass and Forage Science*. 37: 291-297.
26. CHAPIN, F. S. 1980. The mineral nutrition of wild plants. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 11: 233-260.
27. CHARLES, A. H.; VALENTINE, J. 1979. A comparison of diploid and tetraploid *Lolium perenne* L. sown alone and in mixtures with particular reference to the effect of treading. *Journal of Agricultural Science*. 91 (2): 486-495.
28. CHESTNUTT, D. M. B. 1971. Effects of white clover on the botanical composition of swards of ryegrass, timothy and meadow fescue and mixtures of these three. *Journal of the British Grasslands Society*. 26 (1): 35-40.
29. DONAGHY, D.J.; FULKERSON, W.J. 1998. Priority for allocation of water-soluble carbohydrate reserves during regrowth of *Lolium perenne*. *Grass and Forage Science*. 53: 211-218.
30. DONALD, C. M. 1963. Competition among crop and pasture plants. *Advances in Agronomy*. 15: 1-118.
31. ELGERSMA, A.; NASSIRI, M. SCHLEPERS, H. 1998a. Competition in perennial ryegrass-white clover mixtures under cutting. 1. Dry-matter yield, species composition and nitrogen fixation. *Grass and Forage Science*. 53: 353-366.

32. _____.; _____. 1998b. Competition in perennial ryegrass-white clover mixtures under cutting. 2. Leaf characteristics, light interception and dry-matter production during regrowth. *Grass and Forage Science*. 53: 367-379.
33. FAURIE, O.; SOUSSANA, J. F.; SINOQUET, H. 1996. Radiation interception, partitioning and use in grass-clover mixtures. *Annals of Botany*. 77: 35-45.
34. FISHER, A.; WILMAN, D. 1995. Effect of interval between harvests and spring-applied fertiliser N on the growth of white clover in a mixed sward. *Grass and Forage Science*. 50: 162-171.
35. FORMOSO, F. 1993. Lotus corniculatus. I. Performance forrajera y características agronómicas asociadas. Uruguay. La Estanzuela, INIA. 20 p. (Serie Técnica no. 37).
36. _____. 1996. Bases morfológicas y fisiológicas del manejo de pasturas. In: Risso, D. F.; Berretta, E. J.; Morón, A. eds. Producción y manejo de pasturas. Tacuarembó, INIA. pp. 1-19 (Serie Técnica no. 80).
37. FREER, M. 1981. The control of food intake by grazing animal. In: Morley, F. H. W. ed. Grazing animals. Amsterdam, Elsevier. pp. 105-124.
38. FULKERSON, W. J.; SLACK, K. 1995. Leaf number as a criterion for determining defoliation time for *Lolium perenne*; 2. Effect of defoliation frequency and height. *Grass and Forage Science*. no. 50: 16-20.
39. GARCÍA, J. A. 1996. Variedades de trébol blanco. Uruguay. La Estanzuela, INIA. 13 p. (Serie Técnica no. 70).
40. GARCÍA, M. A.; GONZALEZ, O. A.; QUEHEILLE, F. 2004. Efectos de la fertilización nitrogenada y la intensidad de pastoreo sobre los

componentes de la producción de forraje de *Stipa setigera* en campo natural. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 139 p.

41. GASTAL, F.; LEMAIRE, G.; LESTIENNE, F. 2004. Defoliation, shoot plasticity, sward structure and herbage utilisation. In: Simposio em Ecofisiologia das Pastagens e Ecologia do Pastejo (2^o, 2004, Curitiba). Trabajos presentados. s.n.t. s.p.
42. GRANT, S. A. 1981. Sward components. In: Hodgson, J.; Baker, R. D.; Davies, A.; Laidlaw, A. S.; Leaver, J. D. eds. Sward measurement handbook. Hurley, British Grassland Society. pp. 71-92.
43. GUERRERO, J. N. 1984. Prediction of animal performance on bermudagrass pasture from available forage. *Agronomy journal*. 76: 577-580.
44. HARRIS, W.; THOMAS, V. J. 1973. Composition among pasture plants. 3. Effects of frequency and height of cutting on competition between white clover and two ryegrass cultivars. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 16 (1): 49-58.
45. _____; LAZEMBY, A. 1974. Competitive interaction of grasses with contrasting temperature responses and water stress tolerances. *Australian Journal of Agricultural Research*. 25 (2): 227-246.
46. HEITSCHMIDT, R. K. 1984. Vegetation and cow-calf response to rotational grazing at the Texas experimental ranch. *Journal of Range Management*. 40: 216-223.
47. HODGSON, J. 1990. *Grazing management; science and practice*. s.l., Longman. pp. 6-24.

48. HUTHINGS, M.; DE KROON, H. 1994. Foraging in plants; the role of morphological plasticity in resource acquisition. *Advances in Ecological Research*. 25: 159-238.
49. JAMIESON, W. S.; HODGSON, J. 1979. The effects of variation in sward characteristics upon the ingestive behaviour and herbage intake of calves and lambs under continuous stocking management. *Grass and Forage Science*. 34: 273-282.
50. JOHNS, G. G. 1974. A soil water use relationship for incorporation in model simulation of dryland herbage production. In: International Grassland Congress (12^o, 1974, Moscow, Russia). Proceedings. s.n.t. cap. 2, pp. 659-666.
51. JONES, R. J.; GRIFFITHS, D. J.; WAITE, R. B.; FERGUS, I. F. 1968. The production and persistence of grazed irrigated pasture mixtures in south-eastern Queensland. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*. 31(8): 177-189.
52. KENNETH, C. O.; ROUSE, G. B.; MALECHEK, J. C. 1989. Cattle nutrition and grazing behaviour during short-duration grazing periods on crested wheatgrass range. *Journal of Range Management*. 42 (2): 153-157.
53. KRYSL, L. J.; HESS, B. W. 1993. Influence of supplementation on behaviour of grazing cattle. *Journal of Animal Science*. 71: 2546-2555.
54. LANGER, R. H. M. 1963. Tillering in herbage grasses. *Herbage Abstracts*. 33: 141-8.
55. _____. 1981. *Las pasturas y sus plantas*. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 514 p.

56. LEBORGNE, R. s.f. Antecedentes técnicos y metodología para la presupuestación en establecimientos lecheros. 2a. ed. Montevideo, Hemisferio Sur. 53 p.
57. LEMAIRE, G. 1993. Morfogenetic and structural determinants of plants regrowth after defoliation. In: International Grassland Congress (12^o, 1993, New Zealand). Proceedings. Palmerston North, s.e. pp. 95-104.
58. _____. 1997. The physiology of grass growth under grazing: tissue turnover: In: International Symposium on Animal Production under Grazing (1^o, 1997, Viçosa, Brasil). Resúmenes. s.l., Universidad Federal de Viçosa. pp. 117-144.
59. MARTEN, G. C. 1985. Factors influencing feeding value and effective utilization of forages for animal production. In: International Grassland Congress (15^o, 1985, Kyoto). Proceedings. s.n.t. pp. 89-97.
60. MILNE, J. A.; HODGSON, J.; THOMPSON, R.; SOUTER, W. G.; BARTHURAM, G. T. 1982. The diet ingested by sheep grazing sward differing in white clover and perennial ryegrass content. Grass and Forage Science. 37: 209-218.
61. MINSON, D. J. 1983. Forage quality: assesing the plant-animal complex. In: International Grassland Congress (14^o, 1981, Lexington, Kentucky). Proceedings. Boulder, Colorado, Westview. pp. 23-29.
62. MIÑON, D. P.; CAHUEPE, M. A; LORENZO, M. S.; COLOMBO, J.; BRIZUELA, M. A.; MIQUEL, M. C. 1984. Análisis comparativo de las dietas de dos razas vacunas en un pastizal de la depresión del Salado (Buenos Aires). I. Composición botánica del alimento. Revista Argentina de Producción Animal. 4 (8): 789-801.
63. MITCHLEY, J.; WILLEMS, J. H. 1995. Vertical canopy structure of dutch grasslands in relation to their management. Vegetation. 117: 17-27.

64. MORALES, A.; DE BATTISTA, J.; SANTIÑAQUE, F. 1992. Efecto del manejo de la defoliación sobre la persistencia de mejoramientos de pasturas naturales, efecto de la intensidad de corte. In: Jornada Técnica de la Facultad de Agronomía (5º, 1992, Paysandú, Uruguay). Memorias. Paysandú, Facultad de Agronomía. pp. 19-20.
65. MOTT, G. O. 1960. Grazing pressure and measurements of pasture production. In: International Grassland Congress (8º, 1960, Oxford). Proceedings. s.n.t. pp. 606-611.
66. MUNRO, J. M. M.; DAVIES, D. A. 1973. Potential pasture production in the uplands of Wales. 2. Climatic limitations on production. *Journal of the British Grasslands Society*. 28 (3): 161-169.
67. OLMOS, F. 2004. Factores que afectan la persistencia y productividad de pasturas mejoradas con trébol blanco. Uruguay. Tacuarembó, INIA. 245 p. (Serie Técnica no. 145).
68. PEREIRA, M. 2007. ¿Qué lotus sembrar? Uruguay. Plan Agropecuario. *Revista Plan Agropecuario* 122: 36-38.
69. RIBEIRO, J. A. R.; BARRETO, I. L. 1972. Efeito da altura e freqüência de corte sobre a produção de matéria seca, composição botânica e teor de proteína bruta em uma consorciação de: azevém (*Lolium multiflorum Lam.*), cornichão (*Lotus corniculatus L.*) e trevo branco (*Trifolium repens L.*). In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia (9º, 1972, Viçosa, Brasil). Actas. Viçosa, SBZ. s. p.
70. RISSO, D. F.; ZARZA, A. R. 1981. Producción y utilización de pasturas para engorde. *Miscelánea CIAAB*. no. 28: 7-27.
71. RHODES, I. 1969. The yield, canopy structure and light interception of two ryegrass varieties in mixed culture and monoculture. *Journal of the British Grassland Society*. 24: 123-127.

72. _____. 1970. Competition between herbage grasses. *Herbage Abstracts*. 40 (2): 115-21.
73. SALHU, T. 1989. Influence of grazing pressure on energy cost of grazing by sheep on smooth bromegrass. *Journal of Animal Science*. 67: 2098-2105.
74. STOBBS, T. H. 1973. The effect of plant structure on the intake of tropical pasture. I. Variation in the bite size of grazing cattle. *Australian Journal of Agricultural Research*. 24: 809-819.
75. TEUBER, N.; LAIDLAW, A. S. 1996. Influence of irradiance on branch growth of white clover stolons in rejected areas within grazed swards. *Grass and Forage Science*. 51: 73-80.
76. THOM, E. R.; BRYANT, A. M. 1991. Effects of grazing management on grass tiller density characteristics of a ryegrass-white clover dairy pasture. s.n.t. s.p.
77. TURKINGTON, R. 1983. Leaf and flower demography of *Trifolium repens* L. I. Growth in mixture with grasses. *New Phytologist*. 93: 617-631.
78. _____. 1989. The growth, distribution and neighbour relationships of *Trifolium repens* in a permanent pasture. V. The coevolution of competitors. *Journal of Ecology*. 77: 717-733.
79. VAN SOEST, P. J. 1965. Voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. *Journal of Animal Science*. 24: 834-843.
80. VAZ MARTINS, D.; BIANCHI, J. L. 1982. Relación entre distintos parámetros de la pastura y el comportamiento de animales en pastoreo. Uruguay. *Miscelánea CIAAB*. no. 39: 1-16.

81. VELASCO, M. A.; HERNÁNDEZ, A.; GONZALEZ, V. A. 2005. Rendimiento y valor nutritivo del ballico perenne (*Lolium perenne* L.) en respuesta a la frecuencia de corte. Técnica Pecuaria en México. 43 (2): 247-258.
82. VOISIN, A. 1959. Grass productivity. New York, Physiological Library. 353 p.
83. WHEELER, J. L. 1962. Experimentation in grazing management. Herbage Abstracts 32: 1-7.
84. WOODFIELD, D. R.; CARADUS, J. R. 1996. Factors affecting white clover persistence in New Zealand pastures. Proceeding of the New Zealand Grassland Associations. 58: 229-235.
85. WRIGHT, C. E.; FAULKNER, J. S. 1977. The yield of five early perennial ryegrass cultivars under various clover and nitrogen treatments. Record of Agricultural Research (25): 25-31. (Original no consultado; compendiado en Herbage Abstracts 49 (10): 4011. 1979).
86. YOUNGNER, V. B. 1972. Physiology of defoliation and regrowth. In: Youngner V. B.; Mokell, C. M. eds. The biology and utilization of grasses. New York, Academic Press. pp. 292-304.
87. ZANONIANI, R. A.; DUCAMP, F. 2004. Leguminosas forrajeras del género Lotus en el Uruguay. Cangué. no. 25: 5-11.